

**Performansa Dayalı Tasarım ve Değerlendirme  
Yöntemlerinin Deprem Sonrası Türkiye’de Gözlenen Yapı  
Performansları ile Karşılaştırılarak Geliştirilmesi**

**Proje No: 108M303**

Y.Doç.Dr. Mustafa KUTANİS  
Doç.Dr. Kemal BEYEN  
Y.Doç.Dr. Mustafa Tolga YILMAZ  
Dr. İhsan Engin BAL  
Prof. Dr. H.Polat Gülkan  
Prof. Dr. B. Sadık Bakır

EYLÜL 2011  
SAKARYA

## Önsöz

Deprem mühendisliğinde temel amaç sıfır can kaybı, en az yaralanma ve onarım ve güçlendirme maliyetlerinin kabul edilebilir seviyede olmasıdır. Yeni yapılacak yapılarda bu hedefleri gerçekleştirmek mümkün olsa da, milyonlarca bina içeren bir yapı stoğunda bunu gerçekleştirmek çok zordur. Bu nedenle hızlı değerlendirme yöntemleri geliştirilmiştir (FEMA 310; FEMA 154; ASCE, 2003; GÜLAY v.d., 2008). Bu yöntemlerde amaç, ilgili binaların deprem güvenliği hakkında kesin bir sonuca varmak değil, üzerinde detaylı araştırma yapılması “öncelikli” olan binaları ayıklamak, kısıtlı zaman ve kaynağın bu tip “daha acil önlem gerektiren” binalara yönlendirilmesini sağlamaktır. Kritik binalar hakkında tutarlı karar verebilmek için yapının bilgisayar ortamında modellenerek üç boyutlu zaman tanım alanında doğrusal elastik olmayan yöntemlerle analitik olarak incelenmesi gereklidir.

Yukarıda bahsedilen söz konusu detaylı hesap yönteminde, taşıyıcı sistem elemanlarının tekrarlı yükler altındaki davranışını tanımlayan iç kuvvet-şekil değiştirme bağıntılarının belirlenmesi ve deprem hesabında kullanılacak uygun ivme kayıtlarının seçilmesi gibi sorunlar olduğu, yapısal deprem mühendisliği alanında çalışma yapanların ortak görüşüdür (KUTANİS, 2007). Ayrıca yöntemin kullanılmasının çok zaman alıcı ve karmaşık olması nedeniyle, alternatif yöntem arayışlarına gidilmiştir. Belirli bir performans düzeyini gerçekleştirmek için kaçınılmaz olarak uygulanması gereken elastik ötesi hesap yöntemleri arasında, basitleştirilmiş çözüm olarak sunulan “Doğrusal Olmayan Statik Yöntem”, geleneksel olarak lineer davranışa koşullandırılmış biçimde gelişen mühendislik pratiğince hemen kabul görmüştür (AYDINOĞLU, 2003).

2007 yılında yürürlüğe giren Türkiye Deprem Şartnamesi ile, dünyada ilk kez, “mevcut binaların değerlendirilmesi ve güçlendirilmesi” yöntemleri bir şartnamede yer almaya başlamıştır. Türkiye Deprem Şartnamesi'nin 7nci Bölümü'nde yer alan yöntemlerin sınanmadan, kalibre edilmeden, yöntemler üzerinde şüpheler giderilmeden ve yapısal deprem mühendisliği alanında çalışma bilim çevrelerinde ortak bir kanat oluşmadan yönetmeliğe entegre edilmesi, bu çalışmayı motive etmiştir.

Deney ve saha gözlemine dayanmayan teorik hesapların mutlaka kontrol edilmeleri gerektiği fikrinden yola çıkarak, 17 Ağustos 1999 depreminde binaların gösterdiği performans düzeylerinin, yönetmelikte yer alan yer değiştirme esaslı hesap yöntemleri ile hesaplanan performans seviyeleri ile karşılaştırılması, yapılacak her türlü laboratuvar deneyi ile kıyaslanamayacak derecede kıymetli sonuçlar üretmiştir. Kısıtlı bütçe, yetersiz ekipman ve son derece özverili bir ekiple bu konuda bir adım atılmıştır. Ancak daha alınacak çok yol vardır.



# İÇİNDEKİLER

Kapak	1
Önsöz	2
İÇİNDEKİLER	3
ŞEKİLLER LİSTESİ	5
TABLolar LİSTESİ	7
Özet	8
Abstract	8
1 Giriş	9
2 Projenin Amacı	10
3 Yöntem	10
3.1 Doğrusal Elastik Hesap Yöntemi İle Bina Değerlendirmesi	10
3.2 Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemleri İle Bina Değerlendirmesi	11
3.2.1 Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi (AEDYY)	11
3.2.2 Artımsal Mod Birleştirme Yöntemi (ARSA)	11
3.2.3 Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi (ZTAH)	11
4 Geoteknik Çalışmalar	12
4.1 Araştırma Kuyusu ve Numuneler	12
4.2 Süspansiyon PS-Hızı Logu	14
4.3 Devirli Basit Kesme Deneyleri	15
4.4 Saha Tepki Analizleri	22
4.4.1 Saha Tepki modeli	22
4.4.2 Analizde kullanılan kuvvetli yer hareketi kayıtları	23
4.4.3 Kocaeli Depremi'nde Adapazarı merkezinde tahmin edilen yer hareketi	24
4.5 Sonuç	29
5 Sonlu Eleman Modellerinin Yapı Tanılama Çalışmaları ile Kalibrasyonu	30
6 Yapısal Analiz ve Değerlendirme	33
6.1 İncelenen Binaların Genel Özellikleri	33
6.1.1 Altınışık Sitesi A Blok	34
6.1.2 Aydın Bak Sitesi Blok 1 ve Blok 2	35
6.1.3 Cincioğlu Apartmanı	36
6.1.4 Dayal İnşaat A Blok	37
6.1.5 Durusoy Apartmanı	38
6.1.6 Hisar Apartmanı A Blok	39
6.1.7 Hikmet Şahin Apartmanı	40
6.1.8 Karadere Apartmanı	41
6.1.10 Kardeşler Apartmanı B Blok	43
6.1.11 SSK Hizmet Binası	44
6.1.12 Yan Sokak Binası	45
6.1.13 Ekşioğlu Apartmanı	46
6.2 Analiz ve Değerlendirme Sonuçları	47

7 Tartışma ve Öneriler	61
8. Yararlanılan Kaynaklar	63
9. Ekler	65

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 4.1 Adapazarı'nda örselenmemiş numune elde edilmesi için 71.2 mm iç çapında Shelby tüp kullanılmıştır (ASTM, 2008).....	12
Şekil 4.2 Numune derinlikleri .....	13
Şekil 4.3 Adapazarı Pabuçcular Mahallesi'nde açılan araştırma kuyusunda Vs (KUDO ve diğerleri, 2002, tarafından sunulan değerler ile karşılaştırılmıştır), SPT-N ve PI değerlerinin değişimi .....	13
Şekil 4.4 Süspansiyon PS-hızı logu uygulamasında deney probunun kuyuya indirilmesi.....	14
Şekil 4.5 Adapazarı'nda açılan kuyuda standart penetrasyon deneyi (SPT-N) sonuçları ve süspansiyon PS-hızı yöntemi ile elde edilen S-dalgası hızlarının (Vs) karşılaştırılması .....	15
Şekil 4.6 Çalışmada kullanılan devirli basit kesme deney donanımı.....	15
Şekil 4.7 Devirli basit kesme deney düzeneğinde sürtünme kuvvetlerinin ve membran sertliğinin numunenin gösterdiği (a) kesme modülü ( $G_{sec}$ ), ve (b) sönümlenme oranına ( $\lambda$ ) etkisi .....	17
Şekil 4.8 Devirli basit kesme deneyinde kaydedilen kayma gerilmesi ve kayma birim uzaması arasındaki ilişkinin monotonik basit kesme deneyi ile karşılaştırılması .....	18
Şekil 4.9 Numune derinlikleri ve deneydeki CSR değerleri.....	18
Şekil 4.10 Devirli basit kesme deneyleri ile belirlenen sönümlenme oranlarının ( $\lambda$ )VUCETIC ve Dobry (1991) tarafından önerilen değerlerle karşılaştırılması.....	19
Şekil 4.11 Devirli basit kesme deneyi sonuçlarının monotonik basit kesme deneyi sonuçları ile karşılaştırılması .....	20
Şekil 4.12 Devirli deneyler sonucunda elde edilen $G_{sec}$ değerlerinin $G_{max}$ ile normalize edilerek ISHIBASHI ve Zhang (1993) tarafından önerilen ampirik ilişki ile karşılaştırılması .....	21
Şekil 4.13 Adapazarı ve çevresinin basitleştirilmiş jeolojisi (siyah alanlar kaya, beyaz alanlar alüvyon ve griler yamaç molozunu göstermektedir) ve çalışmada belirtilen etütlerin gerçekleştiği sahalar .....	23
Şekil 4.14 1999 Kocaeli depreminde 5401 no'lu (Sakarya) istasyon kaydı kullanılarak frekans uzayında sert formasyonlar için hesaplanmış yer hareketinin %5 sönümlenme spektrumunun 4101 no'lu (Kocaeli) istasyonu yer hareketi spektrumları ile karşılaştırması .....	24
Şekil 4.15 Analizlerde kullanılan NEHRP (a) B ve (b) C tipi zeminlerde alınan ivme kayıtlarının %5 sönümlenme oranı için hesaplanan tepki spektrumlarının Z1 zemin sınıfı için tasarım spektrumu (kalın siyah çizgi) ile karşılaştırması .....	26
Şekil 4.16 (a) Derin model ve (b) sığ model ile hesaplanan tepki spektrumlarının Z4 tasarım spektrumu (kalın siyah çizgi) ile karşılaştırması .....	27
Şekil 4.17 Alüvyon sahada (a) sığ model (b) derin modele göre %5 sönümlenme spektral ordinatları için amplifikasyon oranları (kesik ve düz çizgilerin açıklaması paragrafta verilmiştir) .....	28
Şekil 6.1 Altınışık Sitesi A Blok kalıp planı ve fotoğrafı .....	34
Şekil 6.2 Aydın Bak Sitesi Blokları kalıp planı ve fotoğrafı.....	35
Şekil 6.3 Cincioğlu Apartmanı kalıp planı ve fotoğrafı .....	36
Şekil 6.4 Dayal İnşaat kalıp planı ve fotoğrafı.....	37
Şekil 6.5 Durusoy Apartmanı kalıp planı ve fotoğrafı.....	38
Şekil 6.6 Hisar Apartmanı A Blok kalıp planı ve fotoğrafı .....	39
Şekil 6.7 Hikmet Şahin Apartmanı kalıp planı ve fotoğrafı.....	40
Şekil 6.8 Karadere Apartmanı kalıp planı ve fotoğrafı .....	41
Şekil 6.9 Karamürsel Ahmet Levent sitesi A ve B Blok kalıp planı ve fotoğrafı.....	42
Şekil 6.10 Kardeşler Apartmanı B Blok kalıp planı ve fotoğrafı.....	43
Şekil 6.11 SSK Sakarya Hizmet binası kalıp planı ve fotoğrafı.....	44
Şekil 6.12 Yan Sokak Apartmanı kalıp planı ve fotoğrafı.....	45
Şekil 6.13 Ekşioğlu Apartmanı kalıp planı ve fotoğrafı.....	46
Şekil 6.14. Ekşioğlu Binası matematik modeline ait görüntü .....	50

Şekil 6.15 Ekşioğlu Binası'na ait tepe yer değiştirmesi – taban kesme kuvveti grafiği (Sakarya kaydı altında).....	50
Şekil 6.16 Cincioğlu Binası matematik modeline ait bir görüntü .....	51
Şekil 6.17 Cincioğlu Binası'na ait yerdeğiştirme – taban kesme kuvveti grafiği (Sakarya kaydı).....	51
Şekil 6.18 .Ekşioğlu Binası Kalıp Planları .....	52
Şekil 6.19 Ekşioğlu Binası'nın Depremden Sonra Genel Görünüşü .....	53
Şekil 6.20 Yapıdan hasar örnekleri.....	54
Şekil 6.21 TDY 2007'ye göre talep yer değiştirmesinin bulunması (üstte) ve Sakarya Kaydı altında yapının tepe yer değiştirmesi – taban kesme kuvveti grafiği.....	55
Şekil 6.22 ATC 55'ye göre talep yer değiştirmesinin bulunması.....	55
Şekil 6.23 Durusoy Binası'nın genel görünümü.....	56
Şekil 6.24 Durusoy Binası dolgu duvarlı durum (solda) ve dolgu duvarı modellemesinde kullanılan yaklaşıma ait çubuk idealleştirmeleri (sağda).....	57
Şekil 6.25 Durusoy Binası en üst katında meydana gelen mekanizma .....	57
Şekil 6.26 Durusoy Binası X Yönü çıplak çerçeve ve dolgu duvarlı çözümler .....	58
Şekil 6.27 Kalibrasyon analizlerinde kullanılan Hikmet Binası'nın genel görünüşü .....	59
Şekil 6.28 Binanın hakim moduna ait mod şekillerinin kalibre edilmemiş ve edilmemiş durumları .....	60
Şekil 6.29 Hikmet Binası'nın serbest titreşim deney sonuçları ile kalibre edilmiş ve edilmemiş modellerinden elde edilen itme analizi sonuçları (yapının kısa aksı boyunca).....	60

## TABLolar LİSTESİ

Tablo 4.1 Projenin 3ncü Dönemi'nde gerçekleştirilen basit kesme deneylerinin zemin tiplerine göre dağılımı.....	17
Tablo 4.2 Saha tepki analizlerinde kullanılan kuvvetli yer hareketi kayıtlarının özellikleri.....	23
Tablo 5.1 Yapı Çevrel Titreşim Ölçümleri .....	30
Tablo 6.1 Kapsamlı bilgi düzeyinde, atalet momentlerinin yönetmeliğe göre azaltılması ile TDY 2007'ye göre yapılan değerlendirme işlemi sonuçları .....	47
Tablo 6.2 Kapsamlı bilgi düzeyinde kalibre edilmiş modellerin TDY 2007'ye göre değerlendirme işlemi sonuçları.....	48
Tablo 6.1 Kapsamlı bilgi düzeyinde, atalet momentlerinin yönetmeliğe göre azaltılması ile TDY 2007'ye göre yapılan değerlendirme işlemi sonuçları .....	47
Tablo 6.2 Kapsamlı bilgi düzeyinde kalibre edilmiş modellerin TDY 2007'ye göre değerlendirme işlemi sonuçları.....	48
Tablo 7.1 Kalibre edilmiş Yan Sokak binası x-doğrultusunda tasarım spektrumu köşe periyoduna bağlı olarak Doğrusal Elastik ve Artımsal Mod Birleştirme Yöntemi ile hesaplanan hedef deplasmanları ve performans düzeyleri.....	48

## Özet

Performansa dayalı tasarım ve değerlendirme yöntemlerinin deprem sonrası gözlenen yapı performansları ile karşılaştırılması amacıyla, Adapazarı'nda ve Gölcük'te 1999 Marmara depremi ile hasar görmüş birçok betonarme yapı incelenmeye alınmıştır. Bu çalışma ile sahadaki yapı performanslarıyla teorik değerlendirme performansının doğrultulması ve yeni kullanılan hesap tekniğinin geliştirilmesi veya düzeltme parametrelerinin gündeme gelmesi amaçlanmıştır.

Adapazarı'nda seçilen binalar 1999 depreminde hasarın yoğunlaştığı alüvyon zeminler üzerindedir. Adapazarı'nda incelenen yapılar üzerindeki sismik talebin gerçekçi şekilde belirlenebilmesi için, merkezi bir bölgede seçilen sahada 118m derinliğinde bir araştırma kuyusu açılmıştır. Kuyudan numuneler alınarak, laboratuvar deneyleriyle zeminlerin endeks özellikleri belirlenmiştir. Bir boyutlu saha tepki analizleri için model geliştirilmesi amacı ile kuyuda süspansiyon PS hızı logu yöntemi ile 73 m derinliğine kadar S-dalgası hızı tecrübe edilmiştir.

Araştırma kapsamındaki binalarda, hasar dağılımı, malzeme çalışması; taşıyıcı sistem çalışması yapılmıştır. Binaların sonlu eleman modelleri oluşturulmuş; Türkiye Deprem Yönetmeliği 2007'nin 7nci Bölümü'nde yer alan doğrusal elastik yöntem ve doğrusal elastik olmayan yöntemlere göre yapı performansları hesaplanmıştır.

Cihazlandırılan binalarda yapılan yapı tanı çalışmalarıyla elde edilen mevcut durumu yansıtan gerçek yapısal dinamik özellikler yapının sonlu eleman modelinin kalibre edilmesinde kullanılmıştır. Yönetmeliğin önerdiği yapı analiz metodlarının sonuçları ve 17 Ağustos 1999 Kocaeli depreminin oluşturduğu hasarlı binanın yapı tanılama tekniği kullanılarak yapılan çalışmalarının sunduğu sonuçların ışığında farklılıklar ve belirsizlikler dikkate alınarak tartışılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Deprem Yönetmeliği, Performansa Göre Değerlendirme, Dinamik Saha Tepkisi, Çevrel Titreşim, Zorlanmış Titreşim, Yapı Tanımlama, Modal Analiz, Statik İtme Analizi, Zaman Tanım Alanında Analiz

## Abstract

A sample of buildings in Adapazarı and Gölcük that are affected by the 1999 Marmara Earthquake is considered for an assessment of performance based design and evaluation methods. This study aims to compare and verify the observed damage state of the structure with the theoretical design and assessment targets thus to propose improving the assessment method and the involved parameters.

The sample from Adapazarı is located on alluvium basin where the most severe damage was observed during the 1999 event. A 118m deep borehole was opened on a central location in town for recovering soil samples and for S-wave velocity measurements. Hence, the S-wave velocity profile down to 73 m of depth was determined by applying the PS-suspension logging method.

Material properties, structural bearing system and damage map of the case study structures have been determined. The case study buildings have been modeled and the structural performances have been determined by employing the linear and nonlinear methods described in the latest Turkish Earthquake Code of 2007.

To test the analysis methods, the buildings were instrumented by a total of eleven three-axial components accelerometers in order to record the ambient vibrations. The most realistic structural dynamic characteristics under present circumstances inferred from structural identification study are used for calibrating the structural parameters in the finite element modeling. Results of the structural analyses of the TDY-2007 and those of the structural identification of the building damaged during the 17 August 1999 Marmara earthquake are discussed, paying special attention to the differences and uncertainties in the methodologies.

**Keywords:** Earthquake Codes, Performance Based Assessment, Dynamic Site Response, Ambient Vibration, Force Vibration, Structural Identification, Modal Analysis, Pushover Analysis, Time History Analysis

## 1 Giriş

Son yirmi yılda, özellikle, 1994 Northridge ve 1995 Kobe depremleri ile ortaya çıkan can ve mal kaybından sonra, tüm dünyada, performans dayalı tasarım ve değerlendirmenin önemi anlaşılmıştır. Bu çalışmaların ilk önemli ürünü, ABD’de, Kaliforniya Yapı Mühendisleri Birliği’nin 1995 yılında yayınlamış olduğu “Vision 2000 Raporu’dur (SEAOC, 1995). Ardından 1996 yılında, Applied Technology Council tarafından, “Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings” (ATC-40, 1996) ve 1997 yılında FEMA-273 ve 2000 yılında FEMA-356 yayınlanmıştır. ATC-40, FEMA-273 ve FEMA-356’da tavsiye edilen yöntemler, yapı dinamik davranışı birinci mod serbest titreşimi ile sınırlıdır. Bilindiği üzere, 6 Mart 2007’de yürürlüğe giren yeni Türkiye Deprem Yönetmeliği’nin ilk 6 Bölümü, önceki deprem yönetmeliklerinde de olduğu gibi, “dayanıma göre tasarım” yaklaşımı benimsenmiştir. Bu nedenle, ilk plastik kesitin oluşumunu takip eden süreçte yapıda değişen dinamik karakteristikler, burada, göz önüne alınamamaktadır. Son Bölüm olan 7nci Bölüm’de ise “şekil değiştirmeye göre değerlendirme” ilkesi esas alınmıştır. Amaç, verilen bir deprem için sünek davranışa ilişkin plastik şekil değiştirme istemleri ile gevrek davranışa ilişkin iç kuvvet istemlerinin hesaplanması ve yönetmelikçe tanımlanmış şekilde değiştirme ve iç kuvvet kapasiteleri ile karşılaştırılarak, kesit ve bina düzeyinde yapısal performans değerlendirmesinin yapılabilmesidir.

Deprem ve yapı mühendisliği, diğer bilim dallarında da olduğu gibi, bilgi kaynaklarında belirsizlikler ihtiva etmektedir. İki türlü belirsizlikten bahsedilebilir: Birincisi, doğal tesadüflük (aleatory) denilen, hiçbir şekilde tahmin edilemeyen, kaotik olaylardır. İkinci tür belirsizlikler ise bilgi eksikliğinden (epistemic) ve yaklaşım hatalarından kaynaklanmaktadır. Yapı mühendisliğinde, bilgi eksikliğinin neden olduğu hatalar, matematik model içine dahil etmede sıkıntıların olduğu konularda, örneğin, kompleks bir taşıyıcı sistemin modellenme güçlüğü, temel mesnetlenme şartları, yapı elemanlarında oluşan gerilme dağılımı, doğrusal elastik olmayan malzeme davranışı ve geometri değişimleri bakımından doğrusal olmayan sistemlerin belirsizlikleri olarak sıralanabilir. Yaklaşım hatalarını ise, bina ve projesi hakkında toplanacak sağlıklı malzeme ve mühendislik parametre değerlerini içinde tutan bilgi derleme safhası, fiziki özelliklerin eksiksiz modellenme safhaları gibi..., sayılabilir ve dikkat edilmesiyle önemli bir güvenilirlikte doğru modele yaklaşılabilir.

20. yüzyılın son çeyreği hem yazılım hem de bilgi-işlem alanında hesaplama teknolojilerinin atılım yaptığı bir dönem olmuştur. İnşaat mühendisliği analiz yazılımları da bu gelişmeleri bünyesine uyarlamış ve sonlu eleman metodunun çözüm algoritmalarıyla geniş uygulama imkanları doğmuştur. Yönetmeliklerde bu yönde hesap yöntemlerini önermişlerdir. Ancak, sonlu eleman metodunda yapılan kabuller, modelleme hataları, yapının malzeme özelliklerindeki belirsizlikler, yapıda servis yükleri altındaki aşınmaların yıllar içinde birikmesiyle veya deprem, patlama gibi ani etkilerle gelişebilen hasar veya mesnet koşullarının değişmesi, sonlu eleman modelinin güvenilirliğini azaltmaktadır. Yeni veya mevcut mühendislik yapılarının nümerik modellerinin oluşturulması, benzer hassaslıkları taşımakla beraber, yeni tasarlanacak bir yapı modeli statik ve dinamik parametrelerinin öngörülen tasarım değerleriyle oluşturulabilir, buna mukabil, mevcut bir yapının nümerik modelinin davranış açısından aslı ile özdeş hale getirilmesi yapısal ölçümlerin ve sonuçlarının nümerik modeller ile sınanarak tam yapısal benzeşimin sağlanması ile mümkündür.

17 Ağustos 1999 Marmara depremi, yapılacak her türlü laboratuvar deneyi ile (sarsma tablası, psödö-dinamik deneyler vb...) kıyaslanamayacak derecede önemli sonuçlar üretmiştir. Depremle ortaya çıkan yapı performans düzeylerinin, şekil değiştirme esaslı tasarım yöntemleri ile hesaplanacak performans düzeylerinin karşılaştırılması, bugüne kadar yapılan bilimsel çalışmalarda ele alınmamıştır. TÜBİTAK tarafından desteklenen bu çalışmaya, “acaba depremden önce yapılar “deplasman esaslı” yöntemlerle bir değerlendirmeye tabi tutulsalardı, yapıların deprem performansları ne ölçüde belirlenebilirdi? “ sorusu sorularak başlanmıştır.

Bu çalışmada, 1999 Marmara depremini geçirmiş ve yapısal anlamda bugüne kadar bu binalara “dokunulmamış” olması temel özelliğini taşıyan hasarsız, az hasarlı veya orta hasarlı binalar arasından, Gölcük’ten ve Adapazarı’ndan seçilen 14 binaya yer verilmiştir.

Yapılan değerlendirme çalışmalarında örnek olarak incelenen binaların hasarına ilişkin teorik bulguların sahada gözlenen hasar durumları ile uyumsuz olduğu bulunmuştur. Bu uyumsuzluklar kimi binalarda az, ancak kimilerinde de kabul edilemeyecek derecede yüksektir.

## 2 Projenin Amacı

Her deprem insanlığı şaşırtır ve yeni bir şeyler öğretir. 17 Ağustos 1999 Marmara depremi de Türkiye için bir dönüm noktası olmuştur. Bu depremden sonra, dünyada ilk kez, mevcut yapıların değerlendirilmesi gayesiyle yer değiştirmeye dayalı hesap yöntemleri hazırlanan yönetmelikte yer verilmiştir. Yönetmelikte sunulan yöntemleri, pratik mühendislik uygulamaları açısından bir kolaylık sağlamış olsa da, tecrübe edilmeden, hiçbir kalibrasyon çalışması yapılmadan, "Şartname" de yer alması tartışmalıdır. Mevcut hasar analiz metotlarının uygunluğu gerçek saha çalışmalarıyla hala tam test edilememiş olması ve ülke gerçeklerini yansıtan pratikte uygulanan imalat teknikleriyle inşaa edilmiş gerçek üç boyutlu gözlenen bir yapının depremde kaydedilmiş değişik performans seviyelerinin (can güvenliği ve göçme öncesi) davranışları nümerik benzeşimle üretecek hesaplama yöntemlerini test eden bir çalışma henüz yapılamamış olması, TÜBİTAK tarafından desteklenen bu çalışmayı motive eden parametreler olmuştur.

## 3 Yöntem

Çalışmada, 17 Ağustos 1999 Marmara depremini geçirmiş, bugüne kadar yapısal anlamda müdahale edilmemiş, statik ve mimari proje paftaları bulunan, mühendislik hizmeti almış binalar belirlenmiştir. İnceleme kapsamına alınan binaların kat maliklerinden, özellikle, hasar rölövesi çıkarılması, malzeme dayanımlarını belirleme çalışmalarının yapılabilmesi, imalatın projeye uygunluğunun belirlenmesi, binaya yerleştirilecek cihazlarla çevrel veya zorlanmış titreşim ölçümlerinin ve yerel mikro titreşim ölçümlerinin alınabilmesi için, gerekli izinler alınmıştır.

Binaların malzeme dayanımları, zemin sınıfları ve bilgi düzeyleri hakkında çalışmalara paralel olarak, incelemeye alınan binaların sonlu eleman modellerinin oluşturulması, yapı analizleri ile rijitlik ve kütle merkezlerinin belirlenmesi gerçekleştirilmiştir. Bu aşamada, mühendislik bürolarının kullandığı veya rahatlıkla ulaşabildiği analiz programları (Probina Orion, SAP2000) kullanılarak binalar, Türkiye Deprem Yönetmeliği 2007'nin 7nci Bölümü'nde verilen doğrusal elastik yöntem ve artımsal eşdeğer/mod birleştirme yöntemleri ile analiz edilmiş, binaların performans seviyeleri hesaplanmıştır.

Yapısal analizlere paralel olarak, 17 Ağustos Marmara depreminin deprem istemini belirlemek amacıyla yapılacak yer tepki analizlerine girdi sağlayabilmek için derin sondaj kuyusu açılmış, numune çekilmiş ve kayma dalgası hız profilinin elde edilmesi amacıyla PS Logging yapılmıştır.

Kurulan sonlu eleman modellerinin kalibrasyonu için, inceleme kapsamındaki binalar cihazlandırılmış, gerekli olan test ölçümleri için bir çevrel titreşim ağı kurulmuş ve kayıtlar alınmıştır. Alınan kayıtların yapı tanı teknikleriyle analiz edilmesiyle, gerçek modal davranış bilgileri ve ilgili modal sönüm değerlerinin yanı sıra mevcut elastik modüllerin bulunması mümkün olmuştur.

Bina üzerinde kaydedilmiş veriler kullanılarak sonlu eleman modelleri, (1) test verisinin kararlaştırılması (veri yönetimi), (2) yapısal tepki kayıtlarının değerlendirilmesi (genel karakteristiği yansıtmayan beklenenin dışında anormal tepki hikayelerinin ayıklanması), (3) izlenecek parametre seçimi, ve (4) kalibrasyon için nümerik yöntemin seçimi aşamaları ile gerçekleştirilmiştir.

Sonlu eleman modelinin gerçeğini bire bir temsil ettiğine ilişkin uyumluluk testlerinden sonra, yeniden sonlu eleman modelleri analiz edilmiştir. Hesaplarda Yönetmelikçe verilen deprem istemleri ile birlikte yer tepki analizlerinden hesaplanan spektrumlar da kullanılmıştır.

### 3.1 Doğrusal Elastik Hesap Yöntemi İle Bina Değerlendirmesi

DBYBHY 2007'de Bölüm 7.5'de tarif edilen doğrusal elastik yöntem, doğrusal olmayan analiz yapmadan da bina değerlendirilmesi yapmayı mümkün kılan bir yaklaşımdır. Bu yöntemde betonarme sünek elemanların hasar düzeylerinin belirlenmesinde kiriş, kolon ve perde elemanlarının ve güçlendirilmiş dolgu duvarı kesitlerinin etki/kapasite oranları (r) olarak ifade edilen sayısal değerler kullanılmaktadır.

Bu yöntemde temel olarak betonarme elemanlar gevrek ve sünek olarak iki gruba ayrılmaktadırlar. Kırılma türü eğilme olan elemanlar sünek, kırılma türü kesme olan elemanlar ise gevrek olarak sınıflandırılmaktadır. Bu yaklaşımda gevreklik ve süneklik ayrımı, elemanın kesme kuvveti kapasitesinin, elemanın eğilme kapasitesine ulaştığında elemenda meydana gelecek olan kesme talebinden daha düşük veya yüksek olmasına bağlı olarak (düşükse gevrek, değilse sünek, gibi...) yapılmaktadır. Hesaplarda kullanılan kesme kuvveti kapasitesi TS500'e göre hesaplanmaktadır. Perde



elemanlarda süneklik sağlanabilmesi için ayrıca bir de boyutlarla alakalı (perde boyunun perde kesit uzunluğunun iki katından daha büyük olması şartı) bir şart koşulmaktadır. Esasen bu tip bir sınıflandırma, kapasite tasarımı kurallarına göre yapılmış bir sınıflandırmadır.

Doğrusal elastik hesap yönteminin temeli, deprem yükleri altında yapılacak elastik analizde deprem yükü azaltma katsayısının 1 olarak alınması, azaltılmış deprem yükleri ve ölü yükler ile hareketli yükler altında meydana gelen normal kuvvet etkisinden kaynaklı kapasite azalmasının toplam kesit taşıma gücünden düşüldükten sonra geriye kalan moment taşıma kapasitesinin moment talebi ile karşılaştırılması şeklindedir.

### **3.2 Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemleri İle Bina Değerlendirmesi**

DBYBHY 2007'de üç farklı doğrusal olmayan hesap yönteminden bahsedilmekte ve bu yöntemlere izin verilmektedir. Bunlar i) Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi, ii) Artımsal Mod Birleştirme Yöntemi, ve iii) Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi'dir. İlk ikisi itme analizi kullanılarak, üçüncüsü ise zaman tanım alanında dinamik hesap yöntemleri ile gerçekleştirilen hesaplamalardır.

#### **3.2.1 Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi (AEDYY)**

AEDYY, itme analizinin ilk versiyonu olan ve analizin yapının 1nci mod şeklini takip eden bir kuvvet takımı ile gerçekleştirildiği itme analizidir. Burada yüklerin birbirleri arasındaki oran analizin sonuna kadar sabit kalmaktadır. Analiz sonucunda elde edilen kapasite eğrisi, spektral ivme-spektral deplasman şeklinde gösterilen tasarım spektrumu ile karşılaştırılır. Yapının periyodunun uzunluk veya kısalığına göre eşit deplasman veya eşit enerji kurallarından birine göre de hedef deplasman tayin edilir.

Yük takımının 1nci mod şeklini takip etmesi yönetime bir basitlik kazandırmakla birlikte, yöntemin birçok açıdan sınırlandırılmasına da neden olmaktadır. Bu yöntemin en büyük açığı, yapı kütesinin 1nci mod katkısının düşük olduğu düzensiz binalarda yöntemin fiziksel geçerliliğinin kalmayıp, bu durumda birden çok modu dikkate alan bir yaklaşım kaçınılmaz olmaktadır.

#### **3.2.2 Artımsal Mod Birleştirme Yöntemi (ARSA)**

ARSA, esasen mod birleştirme yönteminin adım adım ve doğrusal olmayan bir sistemde gerçekleştirilmesidir. Bu yöntemde taşıyıcı sistemin davranışını temsil eden yeter sayıda doğal titreşim mod şekli ile orantılı olacak şekilde monotonik olarak adım adım artırılan ve birbirleri ile uygun biçimde ölçeklendirilen modal yer değiştirmeler veya onlarla uyumlu modal deprem yükleri esas alınarak mod birleştirme yöntemi adım adım uygulanmaktadır.

ARSA Yöntemi'nde ardışık iki plastik kesit oluşumu arasındaki her bir itme adımında "adım adım doğrusal elastik" davranış esas alınır. Modal ölçeklendirme ile monotonik olarak artırılan modal yer değiştirmeler gözönüne alınarak, her adımda mod birleştirme kurallarının uygulandığı bir doğrusal davranış spektrumu analizi gerçekleştirilir. Bu analizin sonuçlarından yararlanılarak, adım sonunda sistemde oluşan plastik kesit belirlenir; yer değiştirme, plastik şekil değiştirme, iç kuvvet artımları ile bunlara ait birikimli değerler hesaplanır.

#### **3.2.3 Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi (ZTAH)**

ZTAH, itme analizinin yeterli olmadığı veya yapının özel bir durum içermesi hallerinde gerçekleştirilecek, zaman alıcı ve karmaşık bir analiz tarzıdır. DBYBHY 2007'de bu tip analizlerin yapılmasına hem yapay ve hem de kaydedilmiş veya benzeştirilmiş deprem kayıtları kullanılmak üzere izin verilmektedir. Seçilen kayıtların yapının 1nci doğal titreşim periyodunun 5 katından veya 15 saniyeden kısa olmaması, sıfır periyoda denk gelen ivme değerinin tasarım spektrumunun en büyük yer ivmesi değerinden daha küçük olmaması, ayrıca %5 sönümlü ortalama spektrumlarının da yapını hakim periyodu  $T_1$ 'e göre  $0.2T_1$  ve  $2T_1$  aralığında tasarım spektrumunun %90'undan daha az olmaması şartları aranmaktadır. Analizlerde 3 yer hareketi kullanılması durumunda sonuçların maksimumları, 7 kayıt kullanılması durumunda ise sonuçların ortalama değerleri alınacaktır.

## 4 Geoteknik Çalışmalar

Proje sözleşmesinde belirtilen çerçeve içindeki dinamik zemin tepkisi ile ilgili çalışmalar özetlenmiştir. Deneysel veriler üzerindeki çalışmaların detayları bursiyerin yüksek lisans tezinde sunulmaktadır (ZEHTAB, 2010). Tüm deneysel ve analiz verileri aşağıdaki şekilde gruplandırılabilir:

- Araştırma kuyusunda süspansiyon PS-logu hızı yöntemi ile S ve P dalgası hızı profillerini veren rapor
- Araştırma kuyusunda karşılaşılan zemin katmanlarının geoteknik sınıflandırmaları
- Devirli basit kesme deneyi sonuçları
- Saha tepki analizi sonucunda Adapazarı şehir merkezi için elde edilen sentetik ivme kayıtları

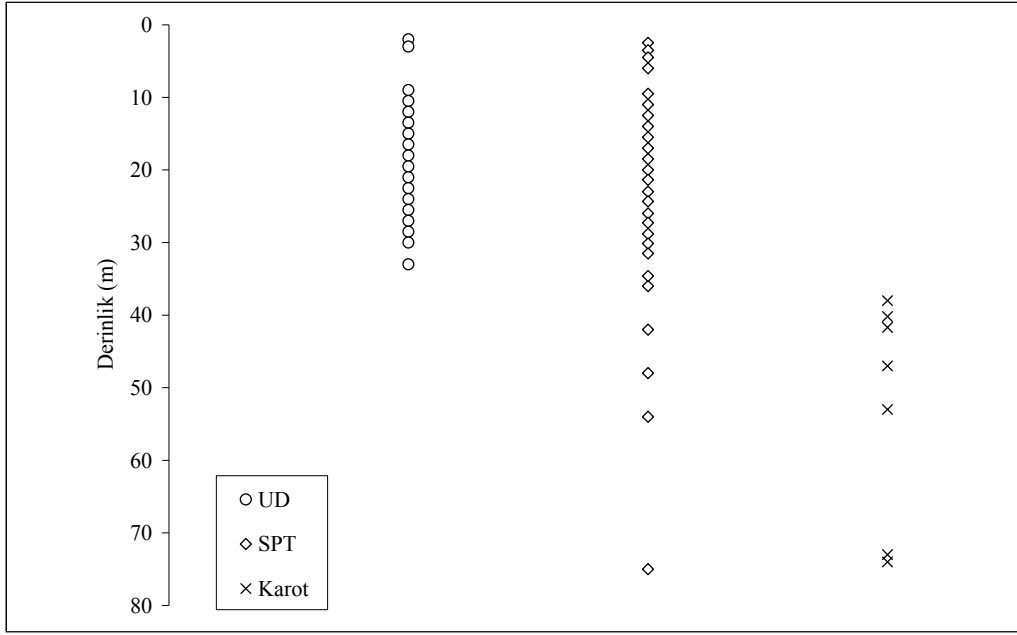
### 4.1 Araştırma Kuyusu ve Numuneler

Adapazarı'nda Pabuçcular Mahallesi'nde yer alan Yeni Cami yakınında, yapı temellerinin belirgin oturmalar yapmadığının gözlemlendiği sahada, arazi sahibinden izin yazısı temin edilerek, bir araştırma kuyusu açılmıştır. Böylece, çok gevşek sığ zeminlerin dinamik zemin-yapı etkileşimi sebebi ile yapı üzerine etkiyen deprem yüklerini önemli oranda değiştirmedikleri zemin koşulları incelenmiştir. Çalışma sahasında yüklenici *Geoteknik* (İstanbul) firmasına ait D 500 tipi sondaj makinesi ile 118 m derinliğinde bir araştırma kuyusu 31.10.2009 ila 11.11.2009 tarihlerinde arasında açılmıştır. Bu kuyunun açılması sırasında, yüklenici firmanın jeoloji mühendisleri yanında proje yürütücüsü Yrd.Doç.Dr. Mustafa Kutanis, araştırmacı Yrd.Doç.Dr. Mustafa Tolga Yılmaz, ve bursiyer Kaveh Hassan Zehtab hazır bulunmuşlardır (Şekil 4.1). Sondaj Log'u EK-1'de verilmektedir.

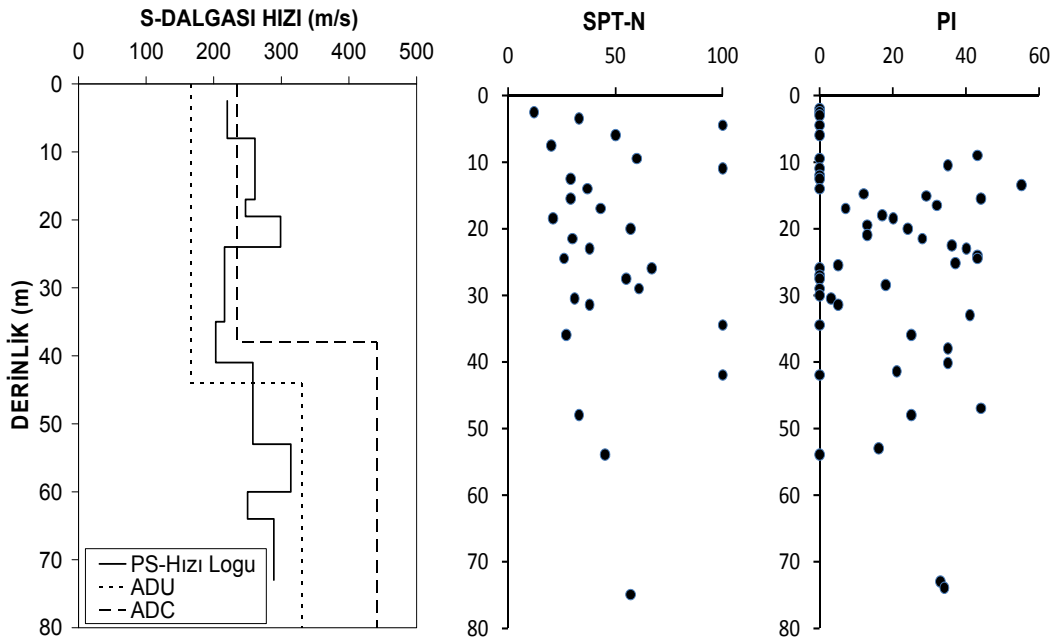


Şekil 4.1 Adapazarı'nda örselenmemiş numune elde edilmesi için 71.2 mm iç çapında Shelby tüp kullanılmıştır (ASTM, 2008)

Sondajlarda, 1.50 m derinlik seviyesinden 25.00 m seviyesine kadar her 1 metrede 1 adet 75 mm çapında örselenmemiş numune (UD) ve 1 adet de örselenmiş numune (SPT) alımı denenmiştir. 25.00 m derinlik seviyesinden sonra numune aralıkları arttırılarak, her iki numune tipi için bu oran her 2 metrede 1 adet olmak üzere azaltılmıştır. 33.50 m seviyesinden itibaren ise sert katmanlara girilmiş olup örselenmemiş numune (UD) alınamamıştır. Bunun yerine karot ve SPT ile örselenmiş numunelerin alımına devam edilerek, zemin tanımlaması için malzeme elde edilmesine çalışılmıştır. Diğer taraftan, 78.00 m derinlik seviyesinde sert çakıllı katmana girilmiş olup, bu derinlik seviyesinden itibaren numune alınamamıştır. Çakıl katmanının sürekliliğini gözlemlemek amacıyla devam edilen sondaj, delginin çok zorlaşması ve karot numune alıcının sıkışması sebebiyle, 118 m derinliğinde sona erdirilmiştir. Son derinlikte halen çakıl içerisinde devam edilmektedir. Sondaj kuyusu ile toplam 18 örselenmemiş numune (UD), ve 7 karot ve 17 SPT ile örselenmiş numune temin edilmiştir. 4 örselenmemiş numune (UD) denemesi ise başarısız olmuştur (Şekil 4.2). Numuneler 13.11.2009 tarihinde Ankara'ya ulaştırılmış, nem odasında uygun şekilde korumaya alınmıştır.



Şekil 4.2 Numune derinlikleri



Şekil 4.3 Adapazarı Pabuçcular Mahallesi'nde açılan araştırma kuyusunda Vs (KUDO ve diğerleri, 2002, tarafından sunulan değerler ile karşılaştırılmıştır), SPT-N ve PI değerlerinin değişimi

Zemin profili incelendiğinde, çoğunlukla siltli ve killi zeminlerin tecrübe edildiği, ancak yer yer kum bantların geçildiği gözlemlenmektedir. 78 m ile 118 m seviyeleri arasında sürekli olarak sıkı çakıllı katmanlar geçilmiştir. 40 m boyunca sıkı katmanların tecrübe edilmesi sonucunda kuyu sonlandırılmıştır. Bu kuyuda karşılaşılan zemin tipleri, Tığçılar Mahallesi'nde açılan DSİ kuyusunda karşılaşılan zemin tipleri ile genel olarak tutarlıdır. Ancak, DSİ kuyusunda 75.6-87 m arasında yer alan ve çakıllı kum olarak tanımlanan katmandan sonra kil katmana girildiği belirtilmiştir. Pabuçcular kuyusunda ise bu seviyelerde çok daha kalın sert çakıllı formasyon tespit edilmiştir. Bu durum BAKIR ve diğerleri (2002) tarafından sunulan çalışmada Adapazarı'nda farklı DSİ kuyularının zemin profillerindeki çakıl katmanın derinlik seviyelerinde gözlemlenen değişkenlik ile açıklanabilir. Diğer bir farklılık ise SPT vuruş sayılarının DSİ kuyu raporunda verilen değerlerden yüksek olduğudur. Bu farklılık kuyu açımı ve SPT uygulamasındaki tutarsızlıktan kaynaklanabileceği gibi, özellikle 1999 depreminde zemin oturmalarının gözlemlenmediği için seçilen kuyu sahasında zeminlerin daha sert

olması ile de açıklanabilir. Tecrübe edilen SPT vuruş sayıları ve numunelerin plastisite indeksleri (PI) Şekil 4.3'de sunulmaktadır.

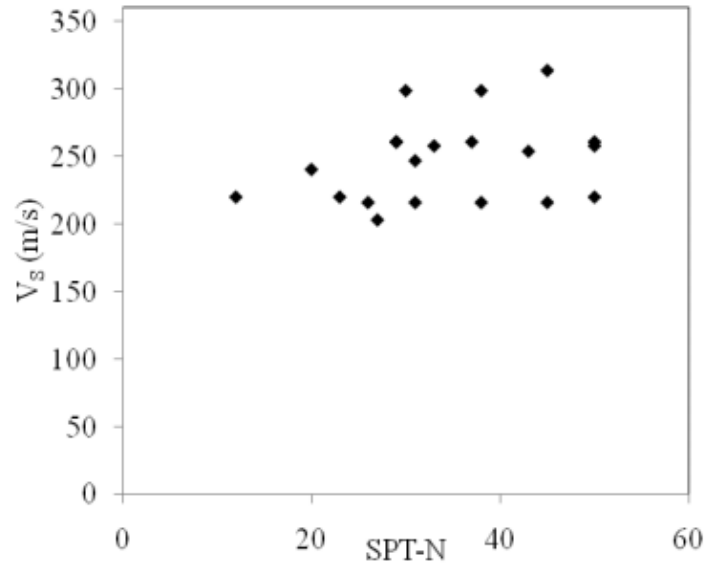
#### 4.2 Süspansiyon PS-Hızı Logu

Açılan araştırma kuyusunun 118 m derinlikte sonlanmasının itibaren, kuyunun süspansiyon PS-hızı logu yöntemi için hazırlanmasına başlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda, 21.11.2009 tarihine kadar 80 m derinliğe PVC mahfaza sürülebilmiş, bundan sonraki seviyelere çakıllı malzemenin kuyu çapını daraltması sebebiyle PVC mahfaza sürülememiştir. Kuyu mühürlendikten sonra PVC ile kuyu çeperi arasındaki enjeksiyon malzemesi için gerekli 2 haftalık bekleme süresinin geçmesi beklenmiştir. 12.12.2009 tarihinde 76 m seviyeye kadar indirilebilen deney probu ile 73 m'den itibaren 3 m derinlik seviyesine kadar süspansiyon PS-hızı logu elde edilmiştir. P ve S dalgası hızı okumaları 3-50 m derinliklerinde 0.5 m aralıkla, 50-73 m derinlik seviyelerinde ise 1 m aralıkla gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.4).



Şekil 4.4 Süspansiyon PS-hızı logu uygulamasında deney probunun kuyuya indirilmesi

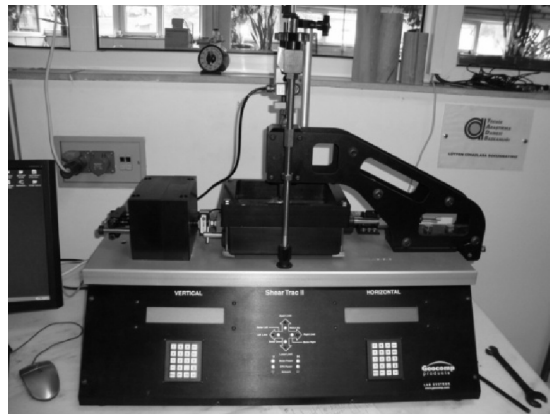
Ölçülen S-dalgası hızları genel olarak 203-314 m/s aralığında değişiklik göstermiştir. Değerler genel olarak KUDO ve diğerleri (2002) tarafından sunulan ADC ve ADU sahalalarının oldukça kaba şekilde belirlenen S-dalgası hızı profiline uygunluk göstermektedir (Şekil 4.3). Bu sahada ölçülen P-dalgası hızları ise 1596-2282 m/s aralığındadır. P-dalgası hızları ile S-dalgası hızları arasındaki oran Poisson oranının 0.49-0.50 aralığında olduğunu göstermektedir. 0.50'e yakın değerler, doygun zeminlere işaret etmektedir. SPT ve S-dalgası hızları ( $V_s$ ) arasında ise bir ilişki gözlemlenmemiştir (Şekil 4.5). Ancak, gerek SPT değerleri, gerek S dalgası hızları sahanın NEHRP'e (BSSC, 2009) göre D sınıfına ait olduğunu göstermektedir ( $N_{30m}=32$ ,  $V_{s30m}=240$  m/s). 2007 Türkiye Deprem Yönetmeliği dikkate alındığında ise SPT-N ve  $V_s$  değerleri bu zeminleri sırasıyla Z2 ve Z4 olarak sınıflandırmaktadır.



Şekil 4.5 Adapazarı'nda açılan kuyuda standart penetrasyon deneyi (SPT-N) sonuçları ve süspansiyon PS-hızı yöntemi ile elde edilen S-dalgası hızlarının ( $V_s$ ) karşılaştırılması

### 4.3 Devirli Basit Kesme Deneyleri

2nci dönemde Karayolları Genel Müdürlüğü Teknik Araştırma Dairesi'ne ait Geocomp firmasının ShearTrac II-DSS tipi basit kesme donanımının devirli basit kesme deney donanımının bu projedeki çalışmalar için hazırlanması ve kalibre edilmesi sağlanmıştır. Bu doğrultuda Laboratuvarda homojenleştirilip konsolide ederek hazırlanan killi silt (plastisite endeksi,  $PI=7$ ) numuneler ile ön devirli deneyler yapılmış, böylece yük kontrolü yazılımının malzeme sertliğine bağlı parametreleri belirlenmiştir. Bu donanım numunenin sabit hacim davranışını yük kontrolü ile sağlayarak numuneyi doymun hale getirmeyi gereksiz kılmakta, kesme (makaslama) kuvvetini alüvyon zeminlerde S-dalgasının ilerleyişi ile de tutarlı olarak yatay yönde uygulamakta ve sadece 2.5 cm yüksekliğinde numuneye ihtiyaç duymaktadır. Bu donanımın kullanımı ile numunelerin devirli yükler altındaki davranışı çok daha çabuk belirlenebilmektedir. Deney numunesinin boyunun kısıtlılığı sebebi ile aynı numune tüpünden üç-eksenli deney donanımına kıyasla daha fazla deney numunesi elde edilebilmektedir. Elde edilen numunelerin bazılarının kohezyonsuz veya düşük kohezyonlu olması sebebi ile de, bu deney donanımının kullanımı ile çok daha pratik ve süratli şekilde sonuçlara ulaşılmaktadır. Şekil 4.6'da kullanılan devirli basit kesme donanımı gösterilmektedir.

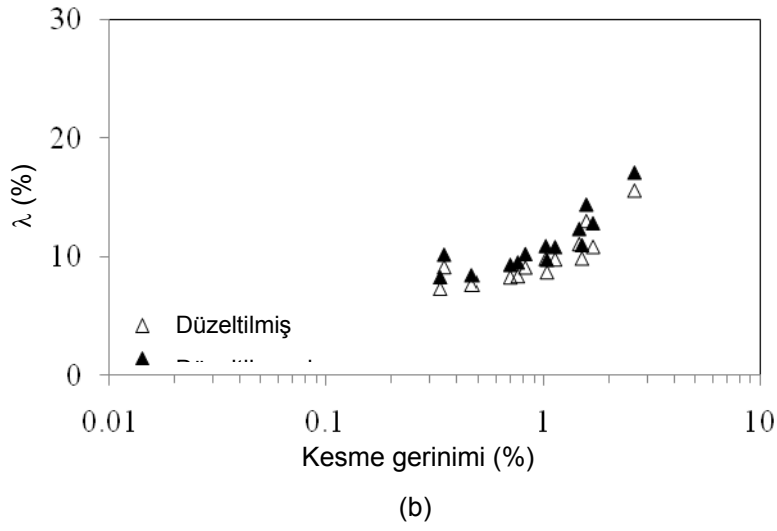
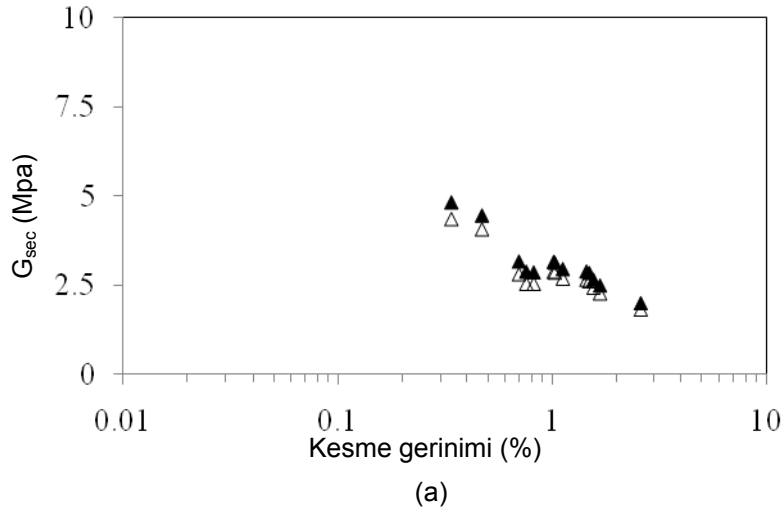


Şekil 4.6 Çalışmada kullanılan devirli basit kesme deney donanımı

Adapazarı numuneleri ile deneylerden önce, deney düzeneğindeki sürtünme kuvvetlerinin belirlenmesi için bir seri çalışma gerçekleştirilmiştir. Bu deneylerde zemin numunesi yerine su dolu lateks kullanılmıştır (ASTM, 2007). 50 ila 250 kPa arasındaki basınç altında ve 1 Hz yük frekansı ile gerçekleştirilen deneylerde yük-deplasman okumalarında sürtünmenin ortaya çıkardığı histeresis

incelenmiştir. Bir nonlinear viskoelastik model kullanarak sürtünme kuvvetlerinin ve membran sertliğinin hesabı için bir model geliştirilmiştir. Sürtünme ve membran sertliğinden kaynaklanan kuvvetlerin devirli basit kesme deneylerinin sonuçlarına etkisi incelendiğinde, tüm numuneler için sekant kayma modülünde ( $G_{sec}$ ) ortalama %2.3 oranında görelî hata olacağı hesaplanmıştır. Sönümlenme oranı için bu rakam %3.2 olarak hesaplanmıştır. Membran sertliği ve sürtünme kuvvetlerinden en yüksek seviyede etkilenen en yumuşak malzeme için düzeltilmiş ve düzeltilmemiş deney sonuçları Şekil 4.7 ile gösterilmektedir. Sonuç olarak, sürtünme kuvvetlerinin ve membran sertliğinin deneyde kaydedilen kuvvet-deplasman hikayesine etkisinin düşük olması sebebi ile hesaplarda bu düzeltmenin gerekli olmadığı sonucuna varılmıştır. Bu aşamadan sonra süratli bir şekilde Adapazarı numuneli üzerindeki deneyler gerçekleştirilmiştir.

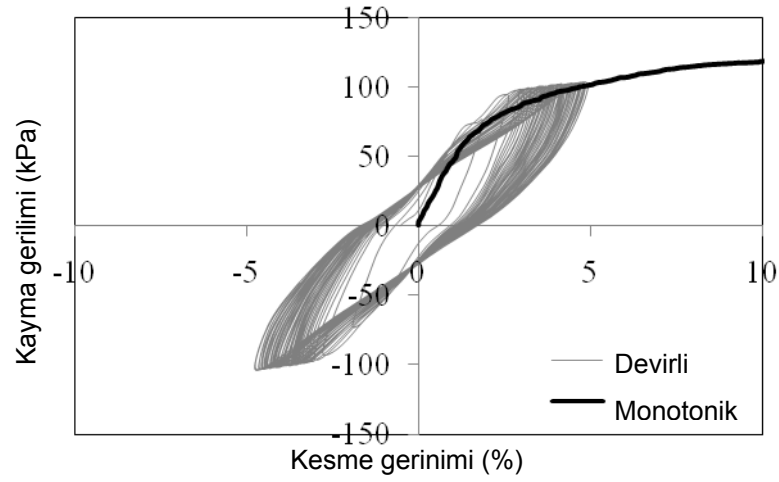
Tablo 4.1 ile gösterildiği üzere, 76 set devirli basit deneyin yanında toplam 7 monotonik basit kesme deneyi gerçekleştirilmiştir (ASTM, 2007). Bu deneylerin sebebi çevrimsel yüklemelerde elde edilen kuvvet-deplasman ilişkisinin monotonik yükleme ilişkisi ile tutarlı olup olmadığını anlamaktır (Şekil 4.8). Karşılaştırmalar aynı tüpten elde edilen zemin numuneleri arasında yapılmıştır. Çevrimsel deney sayısını arttırmak için ISHIHARA (1996) ve ASTM (2003) tarafından önerilen kademeli deney yöntemi kullanılmıştır. Böylece aynı numune üzerinde, küçük devirli yük genliklerinden büyüğüne doğru giderek, birden fazla deney gerçekleştirilmiştir. Her deney aralığında konsolidasyon süresince beklenerek numunenin fazla su basıncını sıfırlaması sağlanmıştır. Alternatifi konsolidasyonun uygulanmayarak fazla su basıncının bir sonraki deneye taşınmasıdır. Ancak, Adapazarı'nda alüvyon çökellerin jeolojik tarihi boyunca farklı depremlerle çevrimsel yüklere maruz kaldığını ve tekrar konsolide olduğunu düşünerek, ve konsolidasyon sonucunda boşluk oranlarındaki değişimin nisbeten küçük olduğu gözlemlenerek, konsolidasyonlu uygulamanın daha doğru olacağı düşünülmüştür. Bunun dışında, numune alımı ve numunenin deney aletine yerleştirilmesinde, özellikle numune üzerindeki gerilmelerin arazi koşullarına göre değişmesi sebebi ile, engellenemez ama göreceli kısıtlı örselenme olmaktadır. Bu sebeple LAMBE ve Whitman (1969) tarafından üç eksenli CU (Consolidated Undrained) deneyleri için önerdiği yöntemle tutarlı olarak, numuneler sahadaki efektif yer basıncının %50 ila %90 üzerinde tekrar konsolide edilmiştir. Bu durum numunenin boşluk oranının sahadakinden farklı olmasına sebep olsa da, sahadaki basınçlar altındaki davranışı deney sonuçları yorumlanarak ortaya çıkartılabilir. Bu kısıtlı basınç artışı ile numuneler normal-konsolide haline getirilmiştir. Adapazarı zeminleri için söz konusu olabilecek düşük seviyedeki aşırı-konsolidasyon oranlarının (OCR-overconsolidation ratio) deneysel olarak belirlenen sönümlenme oranlarına ve numunelerin kayma modülüne belirgin bir etkisi olması beklenmemektedir (OCR'ın etkisi için bkz. KRAMER, 1996). Şekil 4.9 kademeli deneylerde numunelerin maruz kaldığı devirli yükleme oranları (CSR-cyclic stress ratio) aralıklarının numunenin elde edildiği derinliklere göre değişimini göstermektedir. Bu CSR aralıkları literatürde sunulan ve Adapazarı numuneleri üzerinde yapılan deneylerde göz önüne alınan değerlerle tutarlıdır (BRAY ve diğerleri, 2004; YILMAZ ve diğerleri, 2004). Devirli deneylerde kaydedilen gerilme-birim uzama ilişkisinden kesme modülü ve sönümlenme oranının hesabı KRAMER (1996) tarafından formüle edildiği şekilde yapılmıştır.



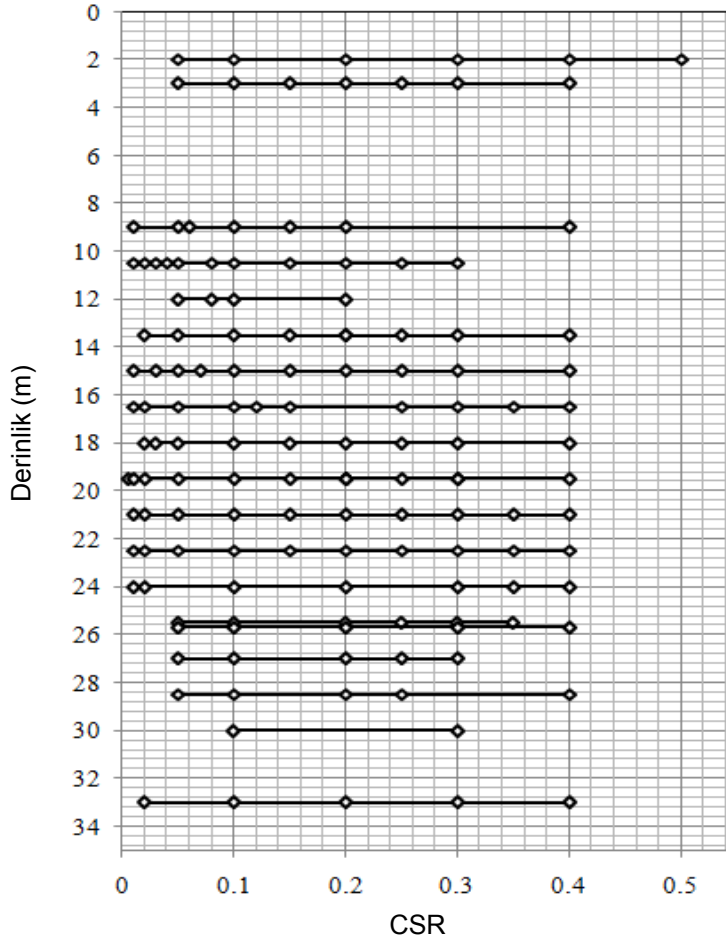
Şekil 4.7 Devirli basit kesme deney düzeneğinde sürtünme kuvvetlerinin ve membran sertliğinin numunenin gösterdiği (a) kesme modülü ( $G_{sec}$ ), ve (b) sönümlenme oranına ( $\lambda$ ) etkisi

Tablo 4.1 Projenin 3ncü Dönemi'nde gerçekleştirilen basit kesme deneylerinin zemin tiplerine göre dağılımı

Zemin Sınıfı	Deney tipi	
	Devirli Basit Kesme	Basit Kesme
CH-Kil	32	4
CI- Kil ve siltli kil	10	-
ML- Kill silt	5	1
ML-silt	17	2
ML-Kumlu silt	7	-
SM-Siltli kum	5	-
TOPLAM	76	7



Şekil 4.8 Devirli basit kesme deneyinde kaydedilen kayma gerilmesi ve kayma birim uzaması arasındaki ilişkinin monotonik basit kesme deneyi ile karşılaştırılması



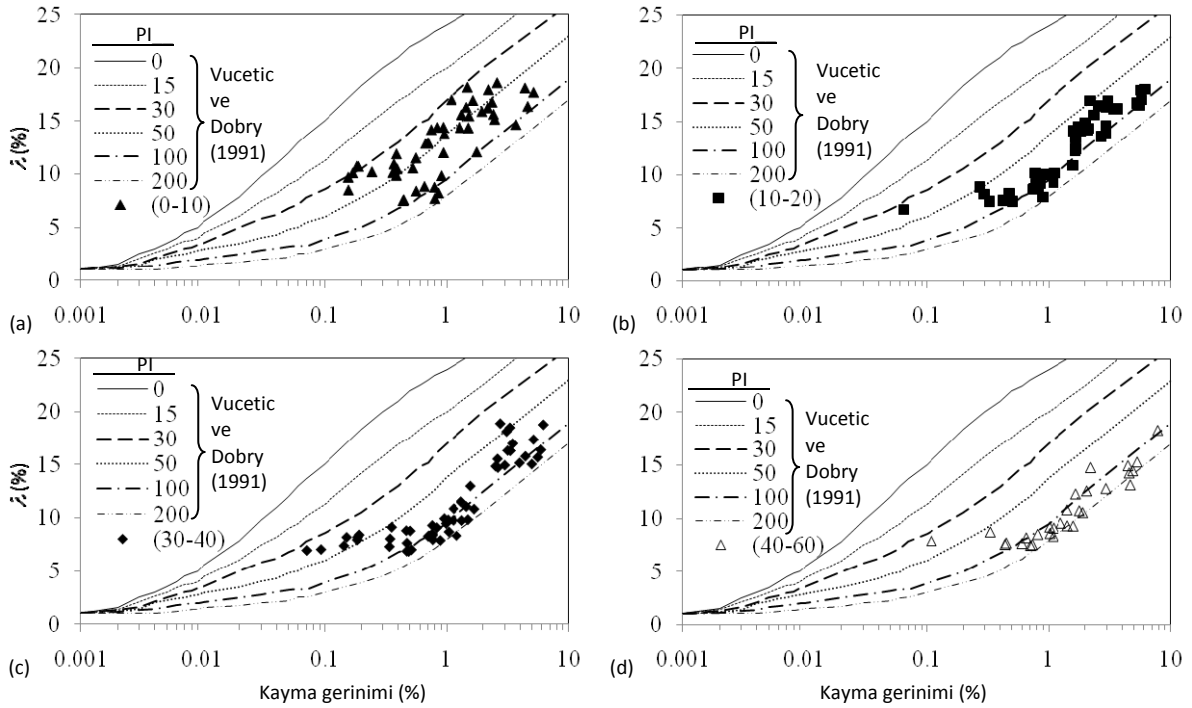
Şekil 4.9 Numune derinlikleri ve deneydeki CSR değerleri

1 Hz frekansında sinus fonksiyonu olarak tanımlanan devirli yük ile gerçekleştirilen deneylerde öncelikle sönümlenme oranları incelenmiştir. Şekil 10'da, hesaplanan sönümlenme oranları VUCETIC ve Dobry (1991) tarafından verilen ve literatürde saha tepki analizi için sıklıkla kullanılan değerler ile karşılaştırılmıştır. Şekil 'te numuneler plastisite endeksine (PI) göre gruplandırılmıştır. Dikkat çekici



sonuç, deney sonuçları dağınıklık gösterse de, her plastisite endeksi için VUCETIC and Dobry (1991) tarafından verilen sönümlenme oranlarına göre daha düşük sönümlenme oranlarının elde edilmiş olmasıdır. Bu çerçevede, Adapazarı numunelerinin  $PI=0-10$  aralığına düşen grubu için elde edilen sönümlenme oranları VUCETIC ve Dobry (1991) tarafından önerilen  $PI=30$  ve  $PI=100$  eğrileri arasında değerler almaktadır. VUCETIC ve Dobry tarafından önerilen  $PI=50$  eğrisi bu grup için ortalama değerleri vermektedir. Benzer şekilde VUCETIC ve Dobry tarafından önerilen  $PI=100$  eğrisi ise Adapazarı numunelerinin  $PI>10$  olanları için sönümlenme oranını yaklaşık olarak vermektedir. Dikkat çekici bir detay da, birim boyca uzaman  $0.1\%$  mertebesinde olduğunda, sönümlenme oranlarında genel eğilimin üzerinde değerler elde edilmekte olduğudur. Literatürdeki benzer çalışmalar göz önüne alındığında ve sonuçlar genellendiğinde Adapazarı numunelerinin devirli basit kesme deneyi ile belirlenen sönümlenme oranlarının literatürde önerilen sönümlenme oranlarından daha düşük olduğu gözlemlenmiştir.

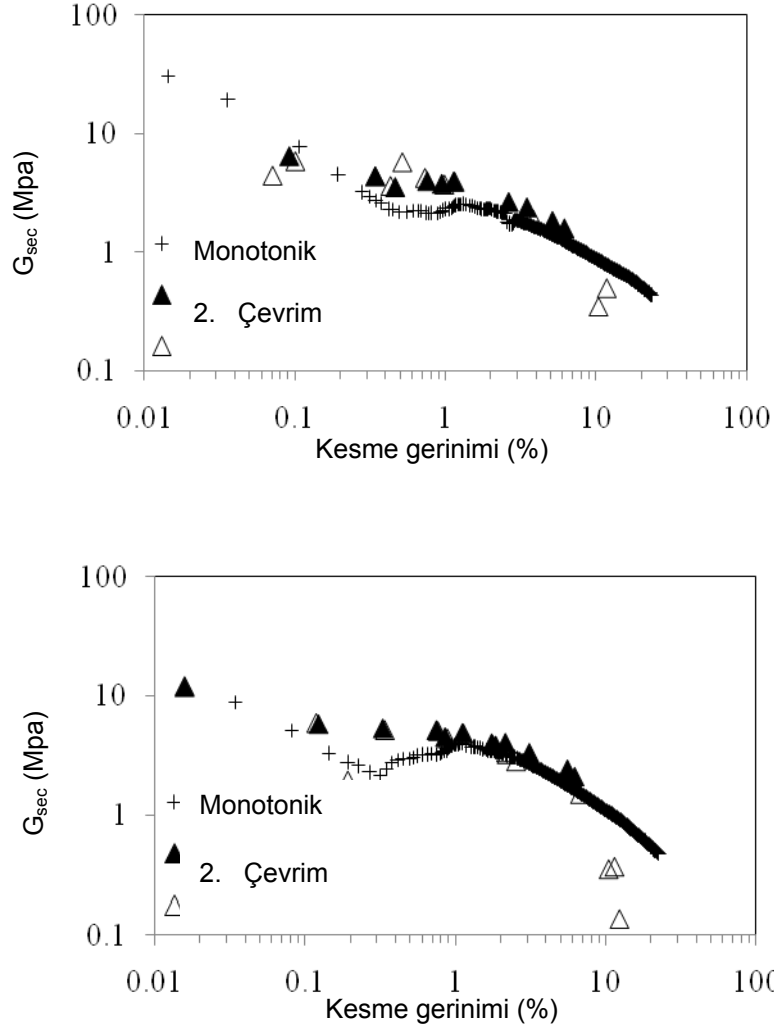
Burada vurgulanması gereken önemli bir konu, literatürde verilen eğrilerin çoğunluğunun laboratuvarda yeniden yapılandırılmış zemin numuneleri veya önemli oranda örselenmiş numuneler ile elde edilmiş olduğudur. Keza, örselenme sorunu bu çalışmada da söz konusu olabilir, ama bu çalışmada kullanılan numuneler doğal numunelerdir. Diğer taraftan, deney aletinin tipi gibi farklılıklar da sonuçların değişkenlik göstermesine sebep olabilir. Bu konudaki detaylı çalışma proje kapsamında olmadığı için ertelenmiştir. Saha tepki analizleri ile ilgili kısımda irdeleneceği gibi, sönümlenme oranlarındaki bu durumun diğer parametrelerdeki belirsizlikle karşılaştırıldığında (ana kayadaki yer hareketi, anakaya derinliği, vs.) önemli olmadığı sonucuna varılmıştır.



Şekil 4.10 Devirli basit kesme deneyleri ile belirlenen sönümlenme oranlarının ( $\lambda$ )VUCETIC ve Dobry (1991) tarafından önerilen değerlerle karşılaştırılması

Laboratuvar çalışmasının ikinci hesaplar kısmında ise kayma modülü ( $G_{sec}$ ) ile kesme gerinimi arasındaki ilişki incelenmiştir. Öncelikle devirli basit kesme deneylerinde kaydedilen gerilim-gerinim ilişkisi basit kesme deneyleri ile çıkarılan gerilim-gerinim ilişkisi ile karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmanın önemi çevrimsel yükleme deneylerindeki daha karmaşık geri-beslemeli yük kontrolünün deneysel sonuçları ne kadar etkilediğinin gözlemlenmesidir. Şekil 4.11 ile gösterildiği üzere iki deney tipinin verdiği kesme gerinimine bağlı  $G_{sec}$  değerleri önemli oranda yakındır. 2nci yük çevrimi ile monotonik yükleme karşılaştırıldığında görülen farklılıklar devirli basit kesme deneyinde

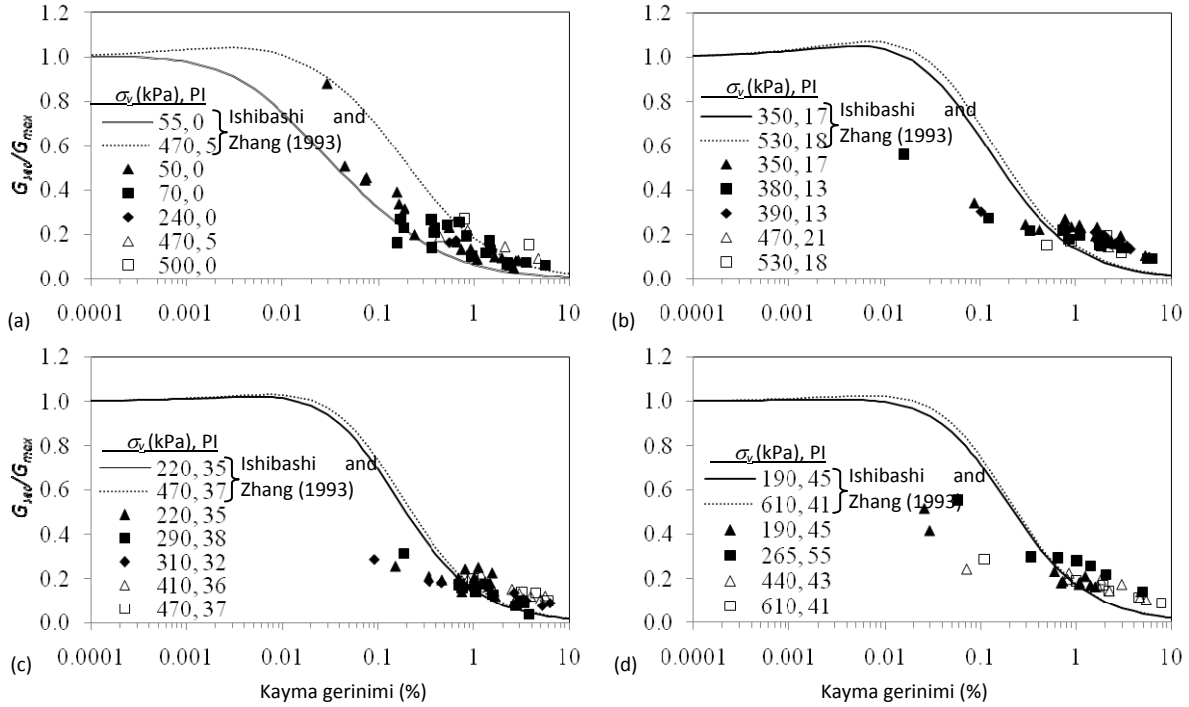
yükleme frekansının (hızının) etkisi ile açıklanabilir: çevrim sayısı arttıkça veya yüklemenin frekansı düştükçe sonuçlar monotonik deneyin değerlerine daha yaklaşmalıdır. Diğer bir etki de monotonik basit kesme deneylerinin düşük gerinimlerde, numune yerleştirilmesi sırasında kapatılmamış boşlukların var olabilmesi sebebiyle, görelî yumuşak malzeme davranışı göstermesidir (LUNNE ve diğerleri, 2006). Kademeli devirli deneylerde ise bu boşluklar önceki kademe ve sonrasında konsolidasyon ile kapatılmaktadır. Nitekim, iki deney arasındaki fark %1 kayma gerinimi seviyelerinde kapanmaktadır. 40ncü yük çevrimi ile monotonik deney sonucu karşılaştırıldığında ise yüksek gerinim seviyelerinde gözlemlenen farklılık su basınçlarının artması sonucu zeminin sertliğinin azalması ile oluşmaktadır.



Şekil 4.11 Devirli basit kesme deneyi sonuçlarının monotonik basit kesme deneyi sonuçları ile karşılaştırılması

Şekil 4.12 ile  $G_{max}$  ile normalize edilmiş  $G_{sec}$  değerlerinin kesme gerinimi ile ilişkisi verilmektedir.  $G_{max}$  çok küçük gerinimde ( $\sim\%10^{-4}$ ) zeminin kayma modülüdür. Şekilde deneysel sonuçlar ISHIBASHI ve Zhang (1993) tarafından önerilen empirik ilişki ile de karşılaştırılmıştır. Laboratuvardaki basit kesme ekipmanları bu derecede küçük gerinimlerin tecrübe edilmesine uygun değildir. Nitekim, bu değerlerin Süspansiyon PS-hızı ile sahada belirlenen S-dalgası hızı ile hesaplanması öngörülmüştür. S-dalgası hızının yaklaşık olarak 250 m/s olarak belirlenmesi sonucunda  $G_{max}$  yaklaşık olarak 110 Mpa çıkmaktadır. Ancak, bu durumda  $G_{sec}/G_{max}$  değerleri literatürde verilen değerlerden aşırı küçük çıkmaktadır. Diğer taraftan S-dalgası hızının 90 m/s olarak alınması durumunda ( $G_{max}\sim 15$  Mpa) Şekil

4.12 ile belirtilen normalize değerler elde edilmiştir. S-dalgası ile ilgili bu konunun sebeplerinin anlaşılması için bir literatür araştırması gerçekleştirilmiştir. Bu doğrultuda, farklılığın sebepleri aşağıda özetlenmektedir. Diğer taraftan önemli bir bulgu,  $G_{sec}$  ve kesme gerinimi arasındaki ilişkinin sadece konsolidasyon basıncına bağlı olmasıdır. Bu ilişkiye plastisite endeksinin (PI) belirgin bir etkisi gözlemlenmiştir. Ayrıca, makül yük çevrimi sayısı altında (<30) hiçbir deneyde su basıncının artması sonucunda  $G_{sec}$  değerinde aşırı düşüş gözlenmemiştir.



Şekil 4.12 Devirli deneyler sonucunda elde edilen  $G_{sec}$  değerlerinin  $G_{max}$  ile normalize edilerek ISHIBASHI ve Zhang (1993) tarafından önerilen ampirik ilişki ile karşılaştırılması

$G_{max}$  değerinde sahada ölçülen S-dalgası hızı ( $V_s$ ) ve laboratuvar sonuçlarının tutarsızlığının birinci olası sebebi süspansiyon PS-hızı yöntemi değerlerinin yapay olarak büyük olmasıdır. Ancak bu değerlerin standard penetrasyon değerlerinin de nispeten yüksek olması ile doğrulandığı söylenebilir (Şekil 4.3). Bu durumda ikinci olası sebep numune alma, numuneyi laboratuvara getirme, numuneyi deneye hazırlama, veya basit kesme aletine yerleştirme aşamalarında numunenin bir ölçüde örselendiğidir. Her ne kadar çok dikkat de edilse numune örselenmesinin kaçınılmaz olabileceği, bunun sonucunda özellikle küçük gerinim seviyelerinde numunenin drenajsız modülünde çok fazla düşüş olabileceği, bu durumun özellikle duyarlı zeminler ve orta sert / sert zeminlerde söz konusu olduğu literatürde belirtilmektedir. Örneğin KURTULUS ve Stokoe II (2008) sahada ölçülen S-dalgası hızının ortalama 250 m/s olduğu malzemeden örselenmemiş numune alınmasına rağmen laboratuvarında rezonant kolonu deneylerinde 148 m/s değerine tekabül eden  $G_{max}$  değerinin tecrübe edildiğini göstermiştir. Duyarlı zeminlerde ve basit kesme deneylerinde bu sorun daha da belirgin olabilir (LUNNE ve diğerleri, 2006). Adapazarı'nda ise zeminlerin duyarlılığına yönelik kapsamlı bir çalışmaya ulaşılamamıştır. Diğer taraftan, çalışma sahasına yakın nispeten bir noktada gerçekleştirilen sismik konik penetrasyon yöntemi (SCPT) ile S-dalgası hızının ölçümünde, bu projede tecrübe edilen derinliklerde, S-dalgası hızı yaklaşık 90 m/s olarak tesbit edilmiştir (PEER çalışması saha J, BRAY ve diğerleri 2011). Diğer taraftan aynı sahada gerçekleştirilen SASW (spectral analysis of surface waves) çalışmasında ise çok daha yüksek S-dalgası hızları tesbit edilmiştir. 11m ve 26 m derinlikleri arasında iki yöntem arasındaki S-dalgası hızı oranı 2 ila 3 arasındadır. Bu farklılık ile ilgili bir açıklamaya ulaşılamamıştır. Ancak burada birinci yöntemin koniğin zemin içinde ilerlemesinin çevresinde kısmi örselenmeye sebep olacağını, SASW yönteminin ise tamamen hasarsız bir deney yöntemi olduğunu belirtmek gereklidir. Diğer bir çalışmada ise, BRAY ve diğerleri (2001) Adapazarı'nda seçilen bir sahada çok sığ zeminlerde gerçekleştirdiği Veyn deneyleri sonucunda zeminlerin duyarlılık oranının 3 ila 4 arasında olduğunu belirtmiştir. Diğer taraftan, numune örselenmesinin etkisinin gerinimler arttıkça azaldığı ve önemsizleştiği literatürde gösterilmiştir. Nitekim

YAMADA ve diğerleri (2008) tarafından yapılan deneysel çalışmada %0.5 üzerindeki kesme gerinimi seviyesinde örselenmiş ve örselenmemiş numunelerin  $G_{sec}$  değerlerinin çakıştığını göstermiştir. Bu doğrultuda, hiperbolik fonksiyonlar kullanılarak çok küçük gerinimde sahadaki S-dalgası hızı ile tutarlı, büyük gerinimlerde ise basit kesme deneyi sonuçları ile tutarlı nonlineer zemin modelleri geliştirilmesi üzerinde çalışılması gereği projenin bir sonucu olarak ortaya çıkmaktadır. Bu konu, Vucetic ve Dobry çalışması gibi örselenmiş veya yeniden yapılandırılmış numuneler üzerinde yapılan deneylerin sonuçlarının arazi koşullarına uygulanmasının doğrulanmamış bir yaklaşım olması sebebi ile de önemlidir (KURTULUS ve Stokoe II, 2008). Yukarıda özetlenen literatürdeki bulgular bu şekilde bir çalışmanın ileride bir araştırma konusu olarak tasarlanmasının önemine işaret etmektedir.

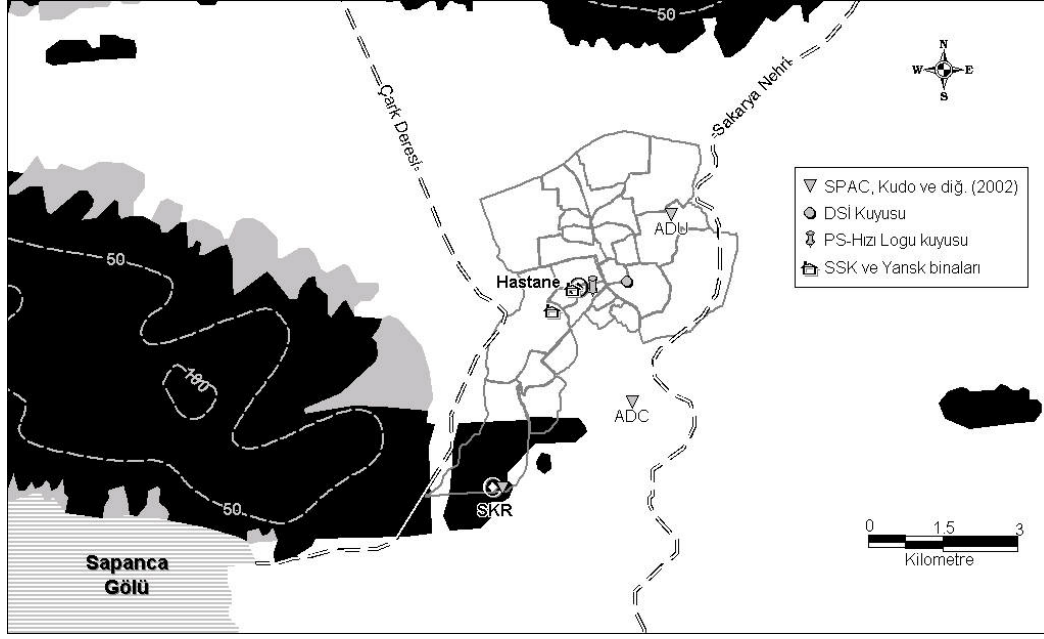
Projenin kapsamı göz önüne alınarak, saha tepki analizinde literatürde çok kullanılan ve VUCETIC ve Dobry (1991) amprik ilişkileri kullanılarak saha tepki analizleri gerçekleştirilmiş ve projenin hedeflenen sürede tamamlanması amaçlanmıştır. Şekil 4.10 ile gösterilen deney sonuçları ve VUCETIC ve Dobry tarafından önerilen amprik ilişkiler arasındaki tutarlılığa bakarak, numunelerin PI değerine karşılık gelen VUCETIC ve Dobry eğrisi (ve PI) analizlerde kullanılmıştır.

#### 4.4 Saha Tepki Analizleri

Saha tepki analizleri sırasıyla modelin geliştirilmesi, ivme kayıtlarının seçilmesi ve hesaplanan yer hareketinin spektral özelliklerinin incelenmesiyle gerçekleştirilmiştir. Hesapla ortaya çıkarılan sentetik ivme kayıtları projenin çıktısı olarak sağlanmıştır. Parametrelerde belirsizlik olması durumunda, muhafazakar olan yaklaşım tercih edilmiştir. Dolayısıyla sentetik ivme kayıtlarının Alüvyon sahada en aşırı olası sismik talebi yansıttığı söylenebilir.

##### 4.4.1 Saha Tepki modeli

Süspansiyon PS hızı yöntemi ile elde edilen S dalgası hızı profili, laboratuvarında belirlenen zemin sınıfları ve literatürden derlenen bilgiler ışığında çalışma sahasının bir boyutlu tepki modeli geliştirilmiştir. Zeminlerin doğrusal elastik olmayan davranışı eşdeğer-doğrusal yöntem ile yaklaşık olarak modellenmiştir (SCHNABEL ve diğerleri, 1972). Bu doğrultuda, VUCETIC ve Dobry (1991) tarafından verilen ve zeminlerin plastisite indeksi (PI), efektif zemin gerilmesi, makaslama birim uzama, sekant makaslama rijitliğindeki azalma ve sönümlenme oranı arasındaki amprik ilişki kullanılmıştır. Amprik ilişki seçiminde zemin katmanlarının PI değeri ile Şekil 4.10'da gösterilen amprik ilişkilerin eşleşmesi göz önüne alınmıştır. Nitekim Vucetic ve Dobry'nin ilişkilerine efektif zemin gerilmelerinin yansıtılmasını sağlayan ISHIBASHI ve Zhang (1993) ilişkileri de analizlerde denenmiş, ama daha düşük spektral genliklere ulaşılmıştır. Zemin katmanlarında PI değerlerinde gözlemlenen değişkenlik sebebiyle, her zemin katmanı için ortalama PI değeri en yakın olduğu 0, 15, 20, 25, 30, ve 40 değerlerine yuvarlanmıştır. Süspansiyon PS hızı logunun tamamlandığı 73 m derinliğin ötesinde ise KUDO ve diğerleri (2002) tarafından önerilen S dalgası hızı profilleri kullanılarak belirlenmiştir. Ancak, modelin alt sınırındaki koşulların belirsizliği sebebiyle iki farklı durum göz önüne alınmıştır. Nitekim Kudo ve diğerlerinin çalışmasında ADC ve ADU sahalarında kabaca 135 m derinliğin altında sırasıyla 242 m ve 281 m kalınlığında ve ortalama S dalgası hızları sırasıyla 728 m/s ve 500 m/s olan katmanlar bildirilmiştir. Birinci modelde, geoteknik etüdün 118 m derinlikte sert çakıllı zeminlerde sonlanması sebebiyle çakıl zeminler yer hareketinin tanımlandığı elastik yarı uzay kabul edilmiştir. Bu doğrultuda, ilk olarak 78 m derinlikte tecrübe edilen sıkı çakıllı zemin, ortalama S dalgası hızı 500 m/s olan elastik yarı uzay kabul edilmiş, NEHRP-C ( $360 \text{ m/s} < Vs_{30} < 760 \text{ m/s}$ ) sınıfı sahalarda elde edilmiş deprem kayıtları yarı uzayın serbest sahadaki yer hareketi olarak tanımlanmıştır (bkz. BSSC, 2009). Tiğcılar Mahallesi'nde gerçekleştirilmiş olan DSI sondajında (Şekil 4.13) 200 m derinlikte kaya formasyonların tecrübe edilememiş olması, ve daha kuzeydeki ADC sahasında S-dalgası hızının 1500 m/s olduğu formasyonların yaklaşık 377 m derinlikte başladığının bildirilmiş olması bu basitleştirmeyi makul göstermektedir. Diğer taraftan, DSI sondajının kaya formasyonlarının hemen üzerinde tamamlandığı ve bu durumun Pabuçcular Mahallesi'ndeki sondaj kuyusu için de geçerli olduğu varsayılarak, sert çakıllı zeminin 200 m derinlikte kaya formasyonlar ile sonlandığı kabulü ile ikinci bir model göz önüne alınmıştır. Bu derinlik BAKIR ve diğerleri (2002) ile BEYEN ve Erdik (2004) tarafından önerilen derinlikler ile tutarlıdır. Bu modelde, S-dalgası hızının 1500 m/s olduğu varsayılan kaya formasyonlar elastik yarı uzay kabul edilmiştir. Yarı uzayın serbest saha koşullarındaki yer hareketi NEHRP-B ( $760 \text{ m/s} < Vs_{30} < 1500 \text{ m/s}$ ) sınıfı sahalarda elde edilen ivme kayıtları ile tanımlanmıştır. Birinci ve ikinci saha modeli sırasıyla "sığ" ve "derin" model olarak adlandırılmıştır.



Şekil 4.13 Adapazarı ve çevresinin basitleştirilmiş jeolojisi (siyah alanlar kaya, beyaz alanlar alüvyon ve griler yamaç molozunu göstermektedir) ve çalışmada belirtilen etütlerin gerçekleştiği sahalar

#### 4.4.2 Analizde kullanılan kuvvetli yer hareketi kayıtları

1999 Kocaeli depreminde sert saha (NEHRP C veya deprem yönetmeliğine göre Z1 saha sınıfında - SANDIKKAYA, 2008) üzerinde yer alan SKR istasyonunda fay doğrultusuna dik KG yönündeki kayıt alınamamıştır. Ayrıca, istasyonun şehir merkezine olan uzaklığı ile Kuzey Anadolu Fayına olan uzaklığı göz önüne alındığında, dinamik analizlerde sınır koşul olarak tanımlanacak yer hareketinde önemli belirsizlikler olduğu görülmektedir. Bu sebeple, Kocaeli depreminin özellikleri ve Adapazarı şehir merkezinin Kuzey Anadolu Fayına uzaklığı dikkate alınarak, bir doğrultu atım fayın kırılması sonucunda elde edilmiş kuvvetli yer hareketi kayıtları analizlerde kullanılmıştır. Bu kayıtlar YENİER ve diğerleri (2010) çalışmasında farklı kaynaklardan derlenerek düzeltilmiş ivme kayıtları arasından seçilmiştir. Her yer hareketi bileşeni için ayrı ayrı gerçekleştirilen saha tepki analizleri sonucunda hesaplanan yer hareketleri %5 sönümlenme oranı için tepki spektrumlarının hesaplanmasında kullanılmıştır. Hesaplanan tepki spektrumlarının orta periyot aralığında (0.5 ila 2.0 s) en yüksek ortalama spektral ivme değerini veren 5 tanesi Deprem Yönetmeliği'nde verilen tasarım spektrumları ile karşılaştırılmıştır. 5 kayıttan biri, aşağıda açıklandığı şekilde, SKR kaydı ile ilişkilidir. Seçilen bu yer hareketleri ile ilgili özet bilgiler Tablo 4.2'de sunulmaktadır.

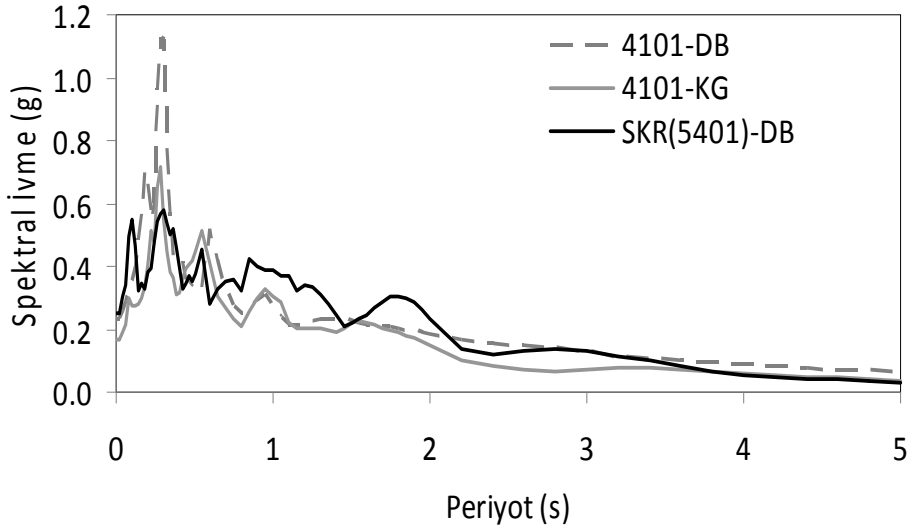
Tablo 4.2 Saha tepki analizlerinde kullanılan kuvvetli yer hareketi kayıtlarının özellikleri

No	Deprem	İstasyon	Mw	R <sub>JB</sub> (km)	Vs30(m/s)	ZS	Kaynak
1	Kocaeli	#4101, Kocaeli	7.6	0.6	826	B	<i>Daphne</i>
2	Kobe	#897	6.9	1.4	1043	B	<i>NGA</i>
3	Kocaeli	#5401, Sakarya	7.6	6.8	412	C	<i>Daphne</i>
4	Manjil	#251, Abbar	7.4	6.3	723	C	<i>NGA</i>
5	Landers	#25, Lucerne	7.3	8.4	685	C	<i>NGA</i>
6	Hector Mine	#1592, Hector	7.1	7.8	685	C	<i>NGA</i>

Mw: Moment magnitudü, R<sub>JB</sub>: JOYNER and Boore (1988) mesafesi, ve ZS: NEHRP Zemin Sınıfı

Tablo 4.2'de No.3 ile Kocaeli depreminde SKR istasyonunda elde edilen kaydın DB bileşenini gösterilmektedir. Daphne veritabanı ([www.daphne.gov.tr](http://www.daphne.gov.tr)) bu yer hareketinin kaydedildiği sahanın

ortalama S dalgası hızını ( $V_{s30}$ ) 412 m/s olarak vermektedir. Dolayısı ile, bu kayıt NEHRP-C sınıfı zemin üzerinde elde edilmiş bir kayıt olarak sığ model ile gerçekleştirilen analizlere dahil edilmiştir. Daphne veritabanı 5401 No'lu istasyonun sığ S dalgası hızı profili ve zemin tanımları ile endeks değerlerini de sunmaktadır. Yaklaşık 760 m/s S dalgası hızına sahip formasyonlar yaklaşık 27 m seviyesinde görünmektedir. Bu bilgiler ışığında ayrıca geliştirilen 1 boyutlu saha tepki modeli ile frekans uzayında bu sert formasyonlar üzerindeki yer hareketini hesaplamak mümkün olmuştur. Şekil 4.14, böylece hesaplanmış serbest kayadaki yer hareketinin tepki spektrumunu aynı depremde 4101 numaralı (Tablo 4.2'de No.1) istasyonda elde edilmiş yer hareketinin iki yatay bileşeninin spektrumları ile karşılaştırmaktadır. Tepki spektrumlarında gözlemlenen tutarlılık, özellikle 4101 numaralı Kocaeli istasyonunda elde edilen kayıtların, derin modelde kullanılmak üzere, 1999 Kocaeli depreminde sert formasyonlar üzerindeki yer hareketini temsil edebileceğini göstermektedir.



Şekil 4.14 1999 Kocaeli depreminde 5401 no'lu (Sakarya) istasyon kaydı kullanılarak frekans uzayında sert formasyonlar için hesaplanmış yer hareketinin %5 sönümlenmiş tepki spektrumunun 4101 no'lu (Kocaeli) istasyonu yer hareketi spektrumları ile karşılaştırması

#### 4.4.3 Kocaeli Depremi'nde Adapazarı merkezinde tahmin edilen yer hareketi

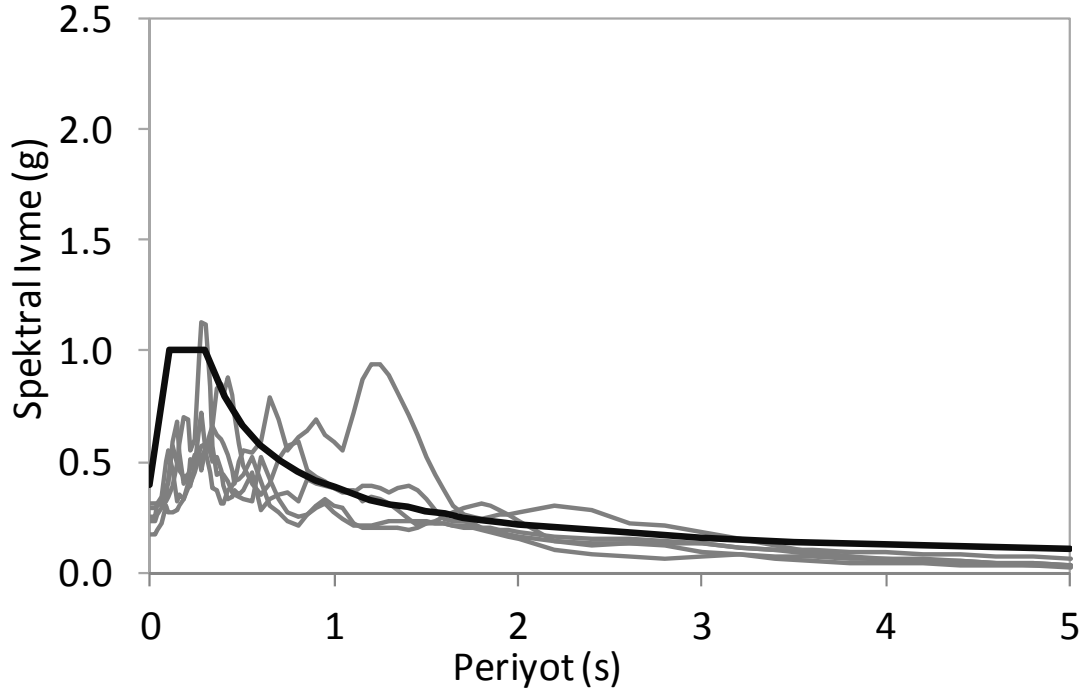
Şekil 4.15 analizlerde yarı uzay sınırın serbest sahası için kabul edilen yer hareketinin tepki spektrumlarını (%5 sönümlenme) deprem yönetmeliğinde verilen Z1 zemin sınıfı tasarım spektrumları ile karşılaştırmaktadır. Spektral ordinatlar çoğunlukla tasarım spektrumu ile orta periyot bandında tutarlıdır. Ancak, yakın sahada alınan bu kayıtların 1 ila 2 saniye aralığında yüksek spektral ordinatlar verebileceği gözükmemektedir. Şekil 4.16 ise saha tepki analizi sonucunda hesaplanan alüvyon sahadaki yer hareketinin tepki spektrumlarını Z4 zemin sınıfı için verilen tasarım spektrumu ile karşılaştırmaktadır. Sonuçlar, 1 saniyeden kısa periyotların spektral ivme değerlerinde belirgin azalmalara sebep olduğunu, diğer taraftan 1-2 s aralığında spektral ordinatların tasarım spektrumunun önemli oranda üzerine çıkabileceğine işaret etmektedir.

Sonuçlar, 1 saniyeden kısa periyotların spektral ivme değerlerinde belirgin azalmalara sebep olduğunu, diğer taraftan 1-3 s aralığında spektral ordinatların Z4 sınıfı sahalarda için verilen tasarım spektrumunun önemli oranda üzerine çıkabileceğine işaret etmektedir. Bu sonuçlar Adapazarı'nda gözlemlenen hasarı açıklamakta kullanılabileceği gibi, analizlerdeki kabullerden dolayı sonuçların muhafazakar olduğu sonucuna da götürülebilir. Nitekim 1 boyutlu saha tepki modeli ile hesaplanan alüvyon sahadaki yer hareketi genlikleri elastik yarı uzay sınırında kabul edilen yer hareketi ile de ilişkilidir. Özetle, Adapazarı şehir merkezinde yer alan zeminlerin spektral amplifikasyonunu doğrulayacak kuvvetli yer hareketi kayıtları 1999 Kocaeli Depremi'nde alınamamış olsa da, bu çalışmadaki saha tepki analizleri 1 ila 3 s periyot bandında önemli amplifikasyonların olabileceğine işaret etmektedir. 1985 Meksika depreminde derin göl çökellerinin Mexico City üzerinde sebep olduğu ağır hasar bu durum ile ilgili bir vaka olarak düşünülebilir. Bu vakada ağır hasarlı bölgeye yakın SCT istasyonunda elde edilen kayıtlarda hakim yer hareketi periyodu 2.1 s olarak hesaplanmış, ve bu

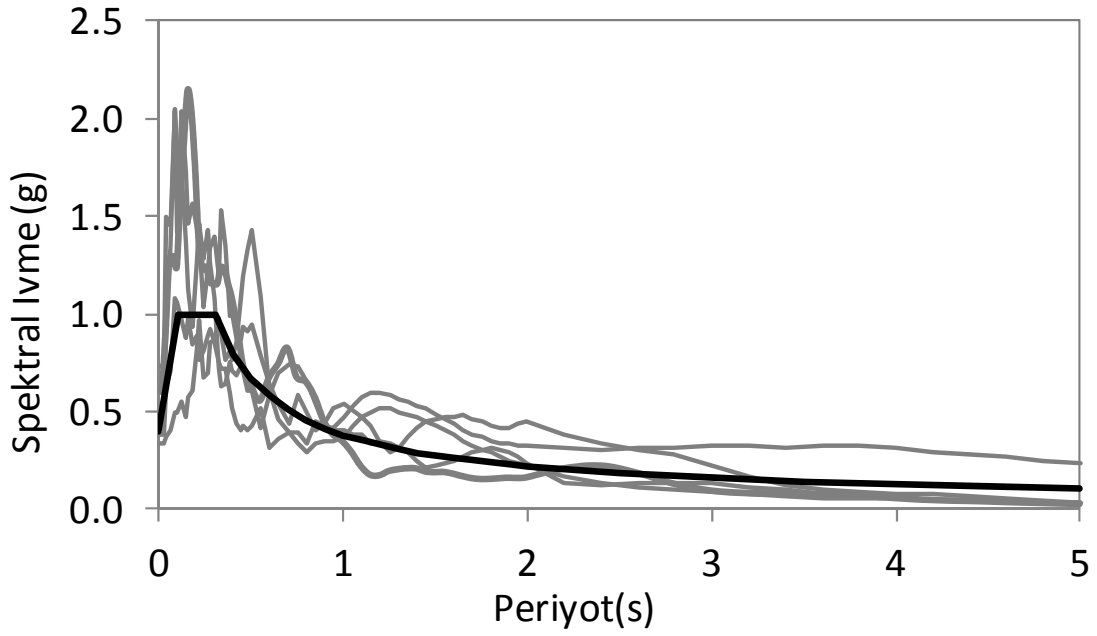
sonuç saha tepki analizleri ile irdelenmiştir (SEED vd, 1988). Dolayısıyla, deprem kaynağının sismolojik özellikleri ile deprem kaynağının konumu dikkate alınarak ve 1 boyutlu modelin sınırları göz önünde bulundurularak, yapıların tasarım ve performans değerlendirmesi için bu çalışmadaki yaklaşım ile alüvyon sahanın sismik ve geoteknik özelliklerini yansıtan sentetik ivme kayıtları üretilebilmektedir.

Şekil 4.17’de sürekli çizgiler Şekil 4.16 ile sunulan spektrumlar için alüvyon ve sert zeminler arasındaki spektral amplifikasyon oranlarını vermektedir. Sığ model için sert zeminler  $V_s=500$  m/s, derin modelde ise  $V_s=1500$  m/s S-dalgası hızı olan katmanlar kabul edilmiştir. Bu sebeple iki modelin amplifikasyon oranları arasında önemli farklılık vardır. Sığ model için elde edilen spektral amplifikasyon oranları NEHRP-C tipi sahalarda elde edilen kayıtlar, ve derin modeldekiler ise NEHRP-B tipi formasyonlarda elde edilen ivme kayıtlar için kullanılabilir. Her iki model de 2 s periyot yakınlarında en yüksek spektral amplifikasyon değerlerini vermektedir.

Bu çalışmada çok sayıda devirli deney yapılmıştır. Elde edilen verilen ne kadar önemli olduğunu incelemek için, Şekil 4.10 ile verilen empirik ilişkilerin dışında, ISHIBASHI ve Zhang (1993) tarafından önerilen empirik ilişkiler analizlerde kullanılmıştır. Bu analiz sonuçları Şekil 4.17’de kesik çizgiler ile gösterilmektedir. Hesaplanan spektral amplifikasyon oranları büyük oranda Şekil 4.10 doğrultusunda gerçekleştirilen analizlerle tutarlıdır. Bu durum, saha tepki analizi sonucu elde edilen sentetik kayıtların spektral özelliklerindeki farklılaşmanın esas olarak sert formasyonlarda tanımlanan yer hareketi ve S-dalgası profilinin genel özellikleri olduğuna işaret etmektedir. Bu bulgular, sert katmanlara kadar gerçekleştirilen S-dalgası hızı profilinin ve zeminlerin temel geoteknik özelliklerinin belirlenmesinin benzer analizler için yeterli olacağına işaret etmektedir. Keza, bölgenin sismolojik özelliklerine dikkat ederek, sert formasyonlar veya anakaya üzerinde oluşabilecek yer hareketinin belirlenmesi çok daha büyük önem taşımaktadır.



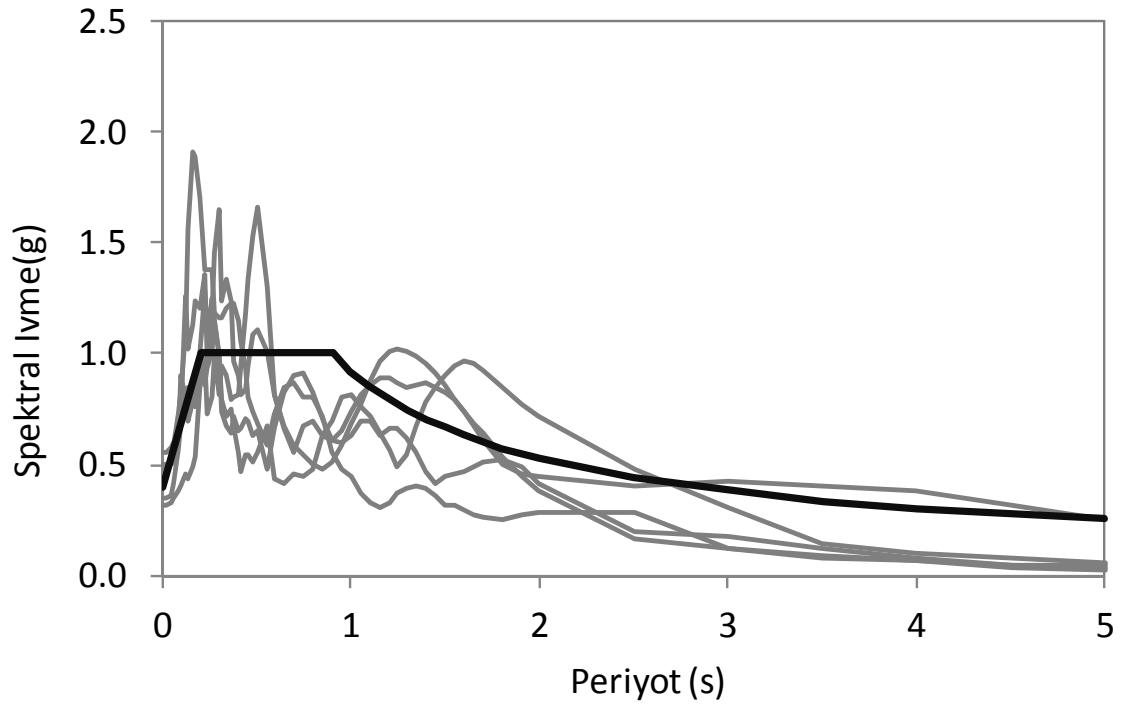
(a)



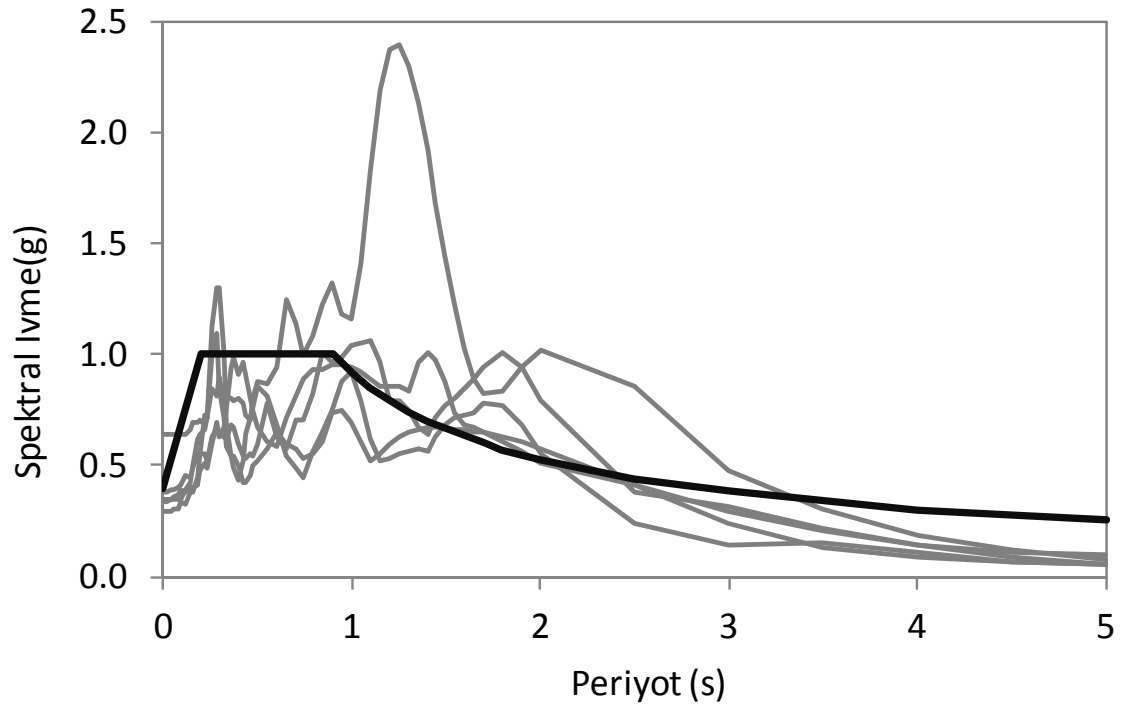
(b)

Şekil 4.15 Analizlerde kullanılan NEHRP (a) B ve (b) C tipi zeminlerde alınan ivme kayıtlarının %5 sönümlenme oranı için hesaplanan tepki spektrumlarının Z1 zemin sınıfı için tasarım spektrumu (kalın siyah çizgi) ile karşılaştırması



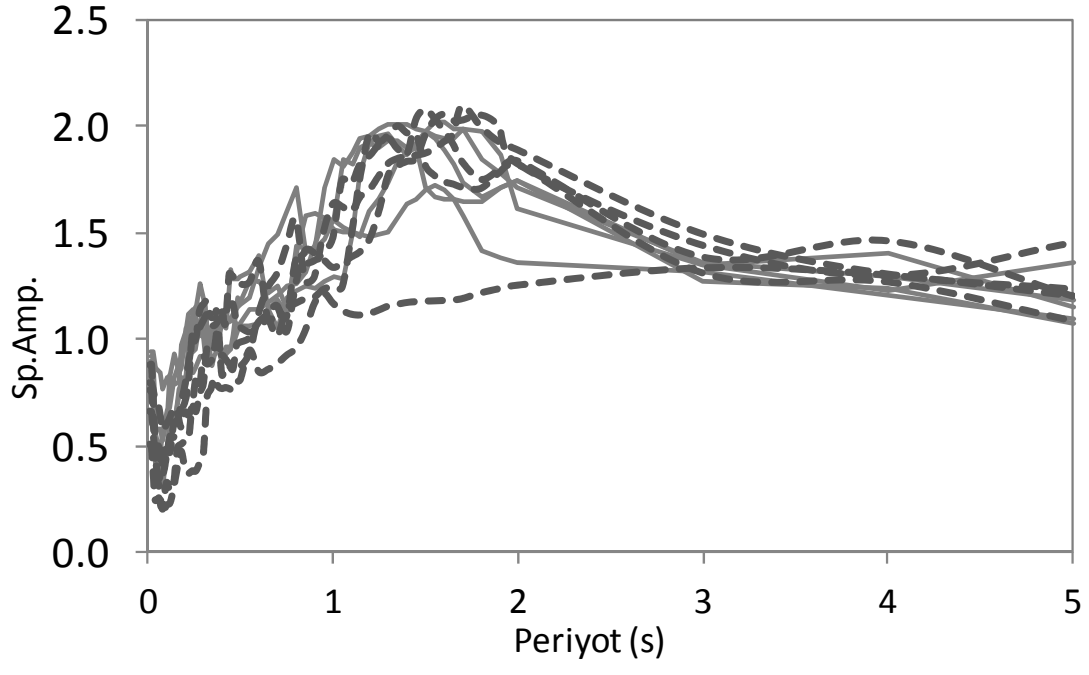


(a)

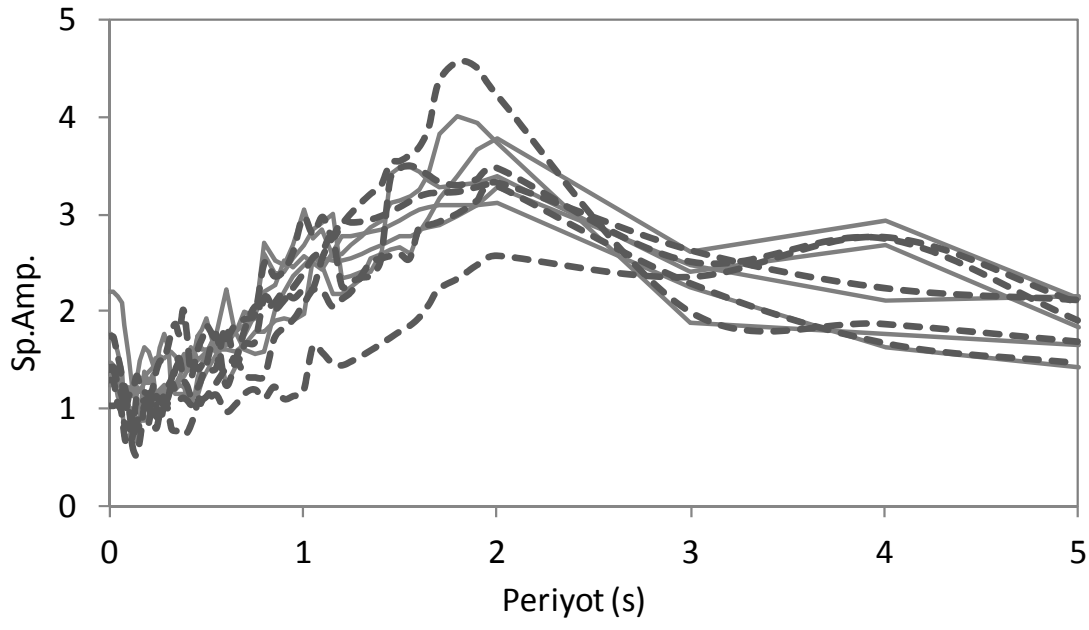


(b)

Şekil 4.16 (a) Derin model ve (b) sığ model ile hesaplanan tepki spektrumlarının Z4 tasarım spektrumu (kalın siyah çizgi) ile karşılaştırması



(a)



(b)

Şekil 4.17 Alüvyon sahada (a) sığ model (b) derin modele göre %5 sönümlenmiş spektral ordinatları için amplifikasyon oranları (kesik ve düz çizgilerin açıklaması paragrafta verilmiştir)

#### 4.5 Sonuç

Geliştirilen 1 boyutlu sığ ve derin saha tepki modelleri ile Adapazarı şehir merkezine özgü sentetik yer hareketleri üretilebilmektedir. Modeller, kabaca 1 ila 3 saniye periyot aralığında yüksek spektral amplifikasyon oranlarına işaret etmektedir. Keza, yapıların tasarım ve performans değerlendirmesi aşamasında, kuvvetli yer hareketi veri tabanlarında benzer özellikler taşıyan alüvyon basenler üzerinde ve benzer sismolojik koşullarda alınan ivme kayıtlarına rastlanamaması durumunda, yapısal analizler için sahaya uygun ivme kayıtları var olmayabilir. Kullanımda olan saha sınıflandırma sistemleri ise genellikle çok sığ tabakaların geoteknik ve jeofizik özelliklerine dayandığından, bu derinlikteki basenlerin dinamik özellikleri için ayırt edici olmayabilir. Nitekim istatistiksel çalışmalara dayanan tasarım spektrumları, sığ seviyelerdeki zemin özelliklerine göre sınıflandırılmış sahalar için beklenen (ortalama) değerleri verebilmektedir. Bu durumda, Adapazarı gibi derin alüvyon çökeller üzerinde yer alan yapıların tasarımından veya performans değerlendirmesinde, saha tepki modelleri geliştirilerek sahaya özgü sentetik yer hareketi kayıtlarının elde edilmesi önemli olmaktadır.

Eşdeğer lineer yöntem kullanılarak gerçekleştirilecek 1 boyutlu saha tepkisi analizlerinde, sert formasyonlar veya anakayaya kadar S-dalgası hızı profilinin belirlenmesi ve karşılaşılan zeminlerin basit (endeks) geoteknik özelliklerinin belirlenmesi bir saha tepki modelinin geliştirilmesi için yeterli olmaktadır. Bu çalışmanın bulguları, saha tepki analizinde sert formasyonlarda kabul edilecek yer hareketi önemli belirsizlikler içermesi sebebiyle, birim makaslama uzamasının kabaca %1 seviyesi ile kısıtlı kaldığı durumlarda zeminlerin dinamik özelliklerinin devirli yükleme deneylerinde belirlenmesinin az önemi olduğuna işaret etmektedir.

Bu proje kapsamında tecrübe edilen alüvyon sahanın kuyu raporu, bu kuyuda gerçekleştirilen sismik ölçümlerin raporu, devirli basit kesme deneyi sonuçları ve 1 boyutlu saha tepki analizi ile elde edilen sentetik kayıtlar proje çıktısı olarak sunulmuştur.

## 5 Sonlu Eleman Modellerinin Yapı Tanılama Çalışmaları ile Kalibrasyonu

Çevrel titreşim ölçümleri inşaat mühendisliği uygulamaları içinde yapısal karakteristik parametreleri (modal periyotlar, modal deformasyon, sönüm ve faz, yani tepki gecikmeleri, özelliklerinin frekans geçmişi içinde değişimlerini) tanılama çalışmalarında önemli verilerdir. Çevrel titreşim ölçümleri hız veya ivme ölçer cihazların önemli yapısal noktalara konumlandırılarak yapısal titreşimlerin belirli zaman periyotlarında kaydedilmeleriyle gerçekleşir. Alınan yapısal titreşim verilerinin ileri sinyal işleme tekniklerine tabi tutulması ve yapı tanılama analizlerinde farklı yöntemlerin benzer sonuçları vermesi, elde edilen karakteristik yapı değerlerinin güvenilir yapı davranış bilgileri olduğunu gösterecektir. Doğru mevcut yapı davranış bilgilerinin yönetmelikte önerilen hasar görülebilirlik analizlerinde kullanılması hasar tahmin/yapı performans yöntemlerinin sonuçlarına etkiyen yapı nümerik model belirsizliklerinin neden olabileceği yanılgıları (sapmaları) minimize ederek yöntemlerin tutarlılık seviyelerini yükseltebileceği öngörülmüştür.

TUBİTAK 108M303 numaralı proje içinde yürütülen yapı test çalışmalarında yer alan betonarme binalardan toplanan verilerin analizi ve çıkan sonuçların değerlendirilmesi temelde, oluşturulmuş olan yapı nümerik modellerinin tutarlılığının yükseltilmesini amaçlar. Sonlu eleman yapı modellerinde var olabilecek belirsizliklerin minimize edilmesi ve model güvenilirliğinin, dolayısıyla yapıyı tam temsil etme gücünün yükseltilmesi için, hasarsız testlerden olan çevrel titreşim ölçümleri yürütülmüştür. Bu amaç doğrultusunda Tablo 5.1'de listelenen yapılar için teknik ekip ve donanımın imkan verdiği çalışma şartlarının yanı sıra yapı sahiplerinin de uygun gördüğü zaman dilimlerine denk düşen tarihlerde çevrel titreşim ölçümleri yapılmıştır.

Tablo 5.1 Yapı Çevrel Titreşim Ölçümleri

Bina Adı	Test Tarihi	Veri Dosya Adresi
Altınışık Sitesi A Blok -Adapazarı	27.10.2010	C:\Buildtest_TUBITAK\dac_files\altinisik_adap_amb_20101027
Aydın Bak Blok 1 – Gölcük Halidere	10.11.2010	C:\Buildtest_TUBITAK\dac_files\aydinbak_blok_1_amb_20101110
Aydın Bak Blok 2 - Gölcük Halidere	17.09.2010	C:\Buildtest_TUBITAK\dac_files\aydinbak_blok_2_amb_20100917
Aydın Bak Blok 3 - Gölcük Halidere	10.11.2010	C:\Buildtest_TUBITAK\dac_files\aydinbak_blok_3_amb_20101110
Aydın Bak Blok 4 – Gölcük Halidere	10.11.2010	C:\Buildtest_TUBITAK\dac_files\aydinbak_blok_4_amb_20101110
Cincioglu Apartmanı – Adapazarı	27.10.2010	C:\Buildtest_TUBITAK\dac_files\cincioglu_adap_amb_20101027
Dayal İnşaat Binası - Adapazarı	24.06.2010	C:\Buildtest_TUBITAK\dac_files\dayalins_amb_20100624
Dayal İnşaat Binası - Adapazarı	21.07.2010	C:\Buildtest_TUBITAK\dac_files\dayalins_amb_20100721
Durusoy Apartmanı - Gölcük	03.11.2010	C:\Buildtest_TUBITAK\dac_files\durusoy_amb_20101103
Hisar Apartmanı A Blok- Gölcük	03.11.2010	C:\Buildtest_TUBITAK\dac_files\hisarapt_amb_20101103
Hikmet Şahin Binası - Adapazarı	03.11.2010	C:\Buildtest_TUBITAK\dac_files\hsahin_amb_20101103
Karadere Apartmanı - Adapazarı	27.10.2010	C:\Buildtest_TUBITAK\dac_files\karadere_adap_amb_20101027
Karamürsel A.Levent A Blok - Gölcük Halidere	05.05.2010	C:\Buildtest_TUBITAK\dac_files\karamursel_a_ambient_20100505
Karamürsel A.Levent B Blok - Gölcük Halidere	10.11.2010	C:\Buildtest_TUBITAK\dac_files\karamursel_b_amb_20101110
Kardeşler apartmanı - Adapazarı	09.11.2010	C:\Buildtest_TUBITAK\dac_files\kardes_adap_amb_20101109
SSK Hizmet Binası - Adapazarı	05.05.2010	C:\Buildtest_TUBITAK\dac_files\sakaryaSSK_amb_20100505
SSK Hizmet Binası - Adapazarı	23.06.2010	C:\Buildtest_TUBITAK\dac_files\sakaryaSSK_amb_20100623
Yan Sokak Binası - Adapazarı	27.10.2010	C:\Buildtest_TUBITAK\dac_files\yansokak_adap_amb_20101027

Yürütülen çevrel titreşim ölçümlerinde yapının genel dinamik davranış özelliklerine en büyük katkıyı vereceği düşünülen kat serbestlikleri göz önüne alınarak kısıtlı sayıdaki cihazlarla her çalışılan yapının plandaki durumuna (rijitlik merkezi, kütle merkezi, yanal rijitlik değerlerine) özgün izleme şebekesi oluşturulmuştur. Binaların tek tek inceleneceği bu raporda her bir binanın şartlarını karşılayacak;

1. Cihaz lokasyonları
  - a. Testte kullanılan cihaz kimliğiyle
  - b. Nümerik modelinde denk düşen hesap noktalarıyla
2. Bileşen yönelimleriyle

İlgili bilgiler sonlu eleman yapı modelinden elde edilen resim üstünde verilmiştir (Ek-2).

Bir sonraki adım yapı tanılama sonuçlarını içeren kısa özet bilgidir. Tanılama teknikleriyle ilgili teorik bilgiler DOEBLING (1996)'da verildiği için burada uygulama ve çalışma amaçları kısaca

açıklanacaktır. Prensipler olarak tanımlama çalışmaları spektral ve parametrik analizlerle yürütülmüş, birbirini tamamlayıcı ve onaylayıcı yapısı da göz önünde bulundurularak, bazı yapılarda uygulanan zorlayıcı harmonik kuvvetler altında görülen yapısal davranışa dahi zaman zaman referans olarak müracaat edilmiştir. Spektral analiz altında yapıların her bir bileşeninin sergilediği karakteristik dinamik davranış Fourier dönüşümüyle frekans tanım alanında izlenmiştir. Yapıya girdi olarak kabul edilebilecek olan kuvvet hikayesi ile, ki bu yapı civarındaki yerel şartları temsil eden serbest yüzey kayıtlarıdır, kat serbestlik dereceleri adedince kaydedilmiş olan tepki hikayeleri arasındaki ilişkiyi verecek transfer fonksiyonları her bir yapı için tahmin edilmiştir. Bu transfer fonksiyonları yapı girdi kuvvetinin enerjik yapısı ve frekans içindeki dağılımına göre yapıya özgün davranış bilgileri içeren ilişki fonksiyonlarıdır. Fourier dönüşümlerinden elde edilen Fourier genlik spektrumlarından daha güçlü ve özellikle karakteristik yapısal davranışa bağlı yapı özelliklerini yansıtan ilişki bilgisini elde ettiğimiz kat (serbestlik derecesi) transfer fonksiyonları sonuçların mukayeseli olarak diğer tekniklerle tutarlılığının sınanması imkanını vermektedir. Bir diğer tanımlama yöntemi olan parametrik yöntem ise spektral analiz sonuçlarıyla mukayeseli kullanılabilir. Parametrik analizler, yapı davranışı ve girdi-çıkışı ilişkileri doğrusal çalışan lineer tek-serbestlik-dereceli-sistem (TSDS) ve bunun sistem mühendisliğinde karşılığı olan tek-giriş-tek-çıkış (TGTÇ) sistemler temel alınarak yapılabilir. Benzer şekilde, yaklaşımın çok serbestlik dereceli sistemlere (ÇSDS) yani çok-girişli-çok-çıkışlı (ÇGÇÇ) (çok noktadan izlenen yapısal tepki kayıtları içinde) yapısal sistemler olarak uyarlanması da mümkündür. ÇGÇÇ sistemler özelliği gereği, üç eksen (bileşen) deprem veya zayıf yer hareketi girdi benzeri çevrel titreşimi yapıya etkitemeyi ve tüm bileşenleriyle yapısal tepkileri yapısal modeller içinde kullanma imkânını vermektedir. Lineer yapısal davranışı aşan yapılar için de aynı yaklaşımı kullanmak mümkündür. O vakit, nonlineer (doğrusal elastik olmayan) davranış sergileyen yapıyı temsil eden aday parametrik yapısal modelin (filtrenin) zamanla değişen parametrik değerleri adaptif metotlar ile tahmin edilmeye çalışılır. Adaptif metod uygulamaları, tekrarlı kullanılan yürüyen pencereleme teknikleriyle parçalanmış verilerin kullanılarak elde edilen transfer fonksiyonlar yardımıyla veya durum-uzay (State-space) ortamında ifade edilen ÇGÇÇ doğrusal olmayan bir yapının girdi-çıkışı veri setlerinin adaptif Kalman süzgeçleriyle modellenmesi imkan dahilindedir (LJUNG, 1999). Zaman-tanım alanında yürütülen parametrik analizlerin frekans tanım alanında yürütülen transfer fonksiyonlarıyla karşılaştırılması, farklı girdi ve çıkışı kayıtlarıyla dahi yakın karakteristik yapısal davranışı vermesi, yöntemlerden bağımsız olarak sadece sonuçlarının test edilmesine ve kalıcı tutarlılığın sağlanmasına yarar. Tutarlılık kalıcıysa, elde edilen transfer fonksiyonlarının fiziki yapıyı tam temsil ettiği kanaati yüksek güvenilirlikte elde edilmiş olacaktır. Çalışmamızda tutarsızlık durumlarında matematik yapı modeli ve model derecesi değiştirilerek zaman tanım alanında tutarlılığın gerçekleşmesi sağlanmıştır. Bu amaçla, anlatılan adımları takip eden programlar Matlab makro yazılım ortamında oluşturulmuştur.

Yapı tanı çalışmaları temel verisini oluşturan yapısal titreşimler çevrel ve zorlama kuvvetleri altında oluşmaktadır. Çevrel titreşim kuvvetlerinin düşük enerjik yapısı rijid ve büyük kütlelerin dinamik özelliklerini açığa çıkaracak davranışı her durumda tetikleyemeyeceği ve yetersiz kalabileceği bilinmektedir. Bu durumlarda çalışılan yapının dinamik zorlama kuvvetleri altında testlerinin yapılmasında fayda vardır. Bu amaçla, bina sahipleri/yetkilileriyle yapılan görüşmelerde uygun görülen ve bina şartları uygun olanlarda yapay deprem olarak nitelendirilebilecek, tek yönden uygulanan değişik genlik ve frekans muhteviyatına sahip harmonik sinüs zorlama kuvvetleri altında testler yürütülmüştür. Yapıların tepkilerinin ve davranış karakteristiklerinin tanımlanması yapıların nümerik model düzeltmelerinin yapılmasında, statik, dinamik ve mukavemet parametrelerinin yapı üzerinden alınan ölçüm analiz sonuçlarına göre güncellenmesiyle model tutarlılığının yükseltilmesi bu çalışmalarda amaçlanmıştır. Çevrel titreşimler gibi lineer girdiler aşılarak lineer ötesine yönelen zorlama kuvvetleri altında statik açıdan kararlı durumda bulunan hasarlı/hasarsız yapısal davranışın karakteristik özellikleri tanımlanmıştır. Üretilen değişik genlik ve farklı hakim tepe frekanslara sahip harmonik sinüs salınımlarının toplam etkisi çalışılan bazı binalar için yeri geldikçe bahse konu bölümün çerçevesinde sonuçları kısa özet formatında verilecektir.

Rapor diziminde yapı sonuçlarının takdiminde üçüncü başlık altında (Ek-2) Sonlu Eleman Metodu (SEM) kullanılarak yürütülen modal analiz sonuçları sunulacaktır. Kullanılan bir paket program (SAP2000 versiyon 14.2.4) yardımıyla hazırlanan nümerik yapı modelleri için gerekli olan geometrik, taşıyıcı eleman kesit, malzeme mukavemet, yük ve donatı teçhizat bilgileri mevcut bina projelerinden ve malzeme test raporlarından alınmıştır. Sonuçları diğerleri gibi tablolaştırılarak mukayese için verilmiş olup model güncelleme denemelerinde ham model olarak kullanılmıştır.

Projede önemi yüksek olan model güncelleme (kalibrasyon) çalışmaları mevcut yapının var olan bütün statik ve dinamik özelliklerini güvenilir temsil gücüyle nümerik modelde yaşatılması, benzeşim (simülasyon) çalışmalarının yanı sıra hasar görülebilirlik analizleri için çok önemlidir. Modelleme sürecinde kullanılan yapı ile ilgili bilgiler ve analiz yönteminin barındırdığı kabul ve yuvarlamaların sunduğu belirsizliklerin giderilmesi için yapılan güncellemenin (kalibrasyonun) analitik sonuçları iyileştirdiğini 1970'lerde başlayan ama 1990'larda çok güçlü olarak kullanılan deneysel modal analiz (DMA) çalışmalarının mekanik ve uzay taşıtlarında uygulanmaya başlanmasıyla önem kazandığını ve gelişimini devam ettirdiğini görüyoruz. 1990'larla başlayan benzeşim (simülasyon) çalışmaları içinde model güncelleme teknolojileri (test cihaz ve düzenekleriyle, analiz metotlarıyla) bir standart araç olarak yer almış ve model tutarlılığının değerlendirilmesi ve geliştirilmesi amacıyla kullanılmıştır. İnşaat mühendisliği içinde bu süreç mevcut mühendislik yapılarının (bina, köprü, viyadük, vs.) analizlerinde (yapı sağlığı izleme, durum tespiti, hasar görülebilirlik çalışmaları içinde) özellikle saha testlerinde önemli uygulama bulmuştur. Son uygulama sahaları olarak hasar tanılama çalışmaları (DOEBLING ve diğerleri, 1998), yapı sağlığı/işletme izleme yada örneğin köprü işletme güvenliği (HEARN, 1998; HAWK ve Small, 1998) uygulamaları örnekler olarak verilebilir. Sonlu eleman yapı modeli güncelleme algoritmaları için Matlab tabanlı geliştirilen bir çok modül yazılımlar deneysel sonuçlarla nümerik sonuçları veri olarak kullanıp, hedef yakınsaklık mertebeleri içinde sonuçlardaki benzerliğe ve ayrışmaya işaret eden kriter değerleri vermektedir.

70'lerde ilk olarak kullanılmaya başlanan referans bilgi modal şekiller olmuştur. Deneysel olarak elde edilen frekans tepki fonksiyonlarından çekilen mod ve mod şekillerinin tutarlılığını değerlendirmek amacıyla, modal tutarlılık kriterleri bir istatistiki korelasyon uygulamasıyla başlamış ve buradan kök bulan mod gerçekleşme kriterinin (modal assurance criteria – MAC) çok farklı türevleri zamanla karşılaşılan problemleri çözmek için önerilmiş ve kullanılmıştır. Burada küçük değer sapması etkilerine veya küçük genlikli verilerdeki değişimlere yöntemin duyarlı olmaması, tek değer ile kalite kontrolünün yetersizliği, tutarsızlığın veya tutarlılığın yapıdaki yerinin belirsizliği, ve benzeri eksiklikler giderilmeye çalışılmıştır. Bu bölümde modal tutarlılık kriteri (modal assurance criteria – MAC) istatistikte kullanılan koherans (coherence) benzeri uyumluluk kriteri doğru kullanıldığı zaman çok güçlü bir tutarlılık indisi olmakla beraber, yersiz ve yanlış kullanıldığı zaman yanlış değerlendirmelere kullanıcıyı götürebilmektedir. Bu çalışmada MAC ve ilave bilgiler veren diğer benzerlerinden bazı kriterler kullanılarak model güncellemesi yürütülecektir. Koordinat tabanlı mod gerçekleşme kriteri (Coordinate Modal Assurance Criterion - COMAC) mukayese edilen vektör çiftinin lineer ilişkisinde az katkı veren (dolayısıyla fark üreten ve benzemeyen – düşük MAC değerine sebep olan) serbestlik derecesini ve ölçümdeki ilgili bileşenini bulmaktadır. Ters mod gerçekleşme kriteri (Inverse Modal Assurance Criterion - IMAC) ise mod şekil vektörleri arasındaki ilişkiyi farklı bir kriter ile ölçmektedir. İstatistiki olarak ilişki gücünü ifade eden diğer önemli kriter değerleri olan (1) Doğal frekans ölçütü göreceli hata değeri  $r_i(x)$  ve (2) Standart sapma değeri  $s(x)$  ile saha test değeri (Deneysel) ile analitik (SEM) değeri arasındaki verilerin ilişki gücü tutarlılığı gösterilmekte olup, buradaki değerlerin sifra yakın olması farkların az dolayısıyla modal SEM modelin mevcudu temsil gücünün yüksek olduğunu gösterecektir (JIMIN, 2000, MAIA, 2000).

Giriş bölümünde kısaca ifade edilen konular çalışılan her bir yapı için ayrı ayrı açıklamalarıyla beraber ilgili başlıklar altında Ek-2 de verilmiştir.

## 6 Yapısal Analiz ve Değerlendirme

### 6.1 İncelenen Binaların Genel Özellikleri

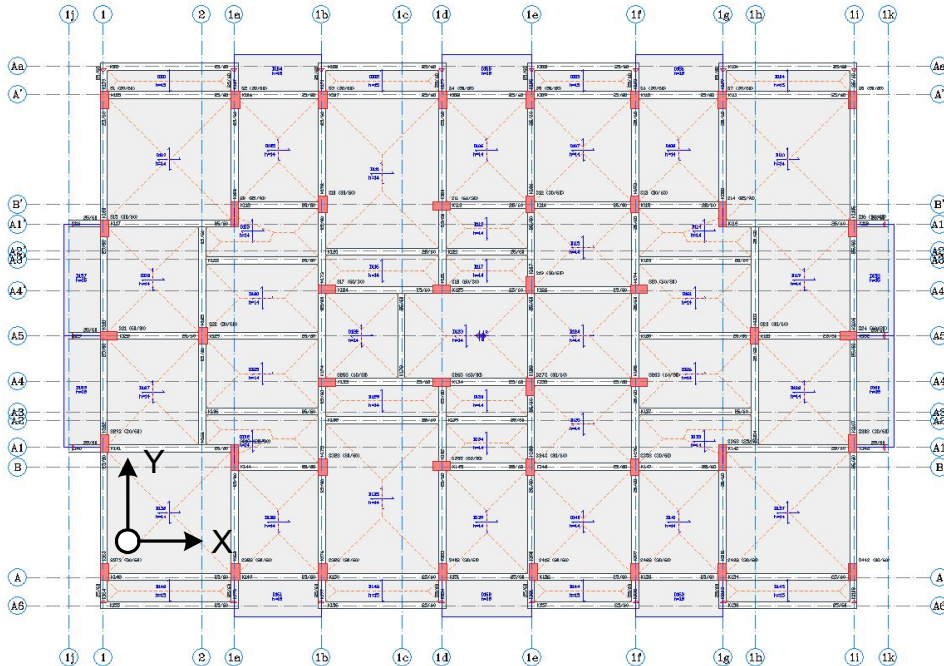
Proje kapsamında, 17 Ağustos 1999 Marmara Depremi'ni geçirmiş, bugüne kadar yapısal anlamda müdahale edilmemiş, statik ve mimari proje paftaları bulunan 13 hasarsız, az hasarlı veya orta hasarlı ve 1 adet ağır hasarlı betonarme karkas bina üzerinde çalışmalar yapılmıştır. İnceleme kapsamına alınan binaların kat maliklerinden, özellikle hasar rölövesi çıkarılması, malzeme dayanımlarını belirleme çalışmalarının yapılabilmesi, imalatın projeye uygunluğunun belirlenmesi, binaya yerleştirilecek cihazlarla çevrel veya zorlanmış titreşim ölçümlerinin ve yerel mikro titreşim ölçümlerinin alınabilmesi için, gerekli izinler alınmıştır. Bu binalar, Kocaeli Gölcük'te bulunan Aydın Bak Sitesi Blok 1 ve Blok 2, Durusoy Apartmanı, Hisar Apartmanı A Blok, Hikmet Şahin Apartmanı, Karamürsel Ahmet Levent Sitesi A Blok ve Sakarya Adapazarı'nda bulunan Altınışik Sitesi A Blok, Cincioğlu Apartmanı, Dayal İnşaat A Blok, Karadere Apartmanı, Kardeşler Apartmanı B Blok, SSK Hizmet Binası, Yan Sokak Binası ve Ekşioğlu Apartmanı'dır.

Bütün binaların ortak özelliği çok iyi mühendislik hizmeti almış olmalarıdır. Kat malikleri arasında oluşan anlaşmazlıkların hukuki süreçleri tamamlanamadığından dolayı binalara onarım ve güçlendirme amacıyla müdahale edilmemiştir.

### 6.1.1 Altınışık Sitesi A Blok

Sakarya Serdivan ark Cad. No 343'te bulunan Altınışık sitesi 6 bloktan oluşmaktadır. Proje kapsamında A Blok incelenmiştir. İncelenen bina, işyeri olarak kullanılan 1 zemin kat ve 4 normal katlardan oluşmaktadır. Bina 1975 deprem yonnetmeliği çerçevesinde projelendirilmiştir. Altınışık sitesinde bütun bloklar 17 Ağustos Marmara Depremi'nde HK (hemen kullanım) performansını gostermişlerdir. Altınışık Sitesi A Blok her iki doğrultuda simetrik, duzenli bir binadır (şekil 6.1).

Altınışık Sitesi A Blok binasında karot numuneleri ile kalibre edilmiş beton çekici okumalarından elde edilen verilere dayanılarak, yapıda tım betonarme elemanların karakteristik beton basınç mukavemetleri 16 MPa alınmıştır. Bina kullanımda olduğundan dolayı elik numunesi alınamamıştır. Bu nedenle elik sınıfı projede ongöruelen S420 eliği kabul edilmiştir. Zemin sınıfı Z3 olarak belirlenmiştir. Binanın çevresinde ve bulunduğu mahalde zemin hareketlerine rastlanmamıştır.



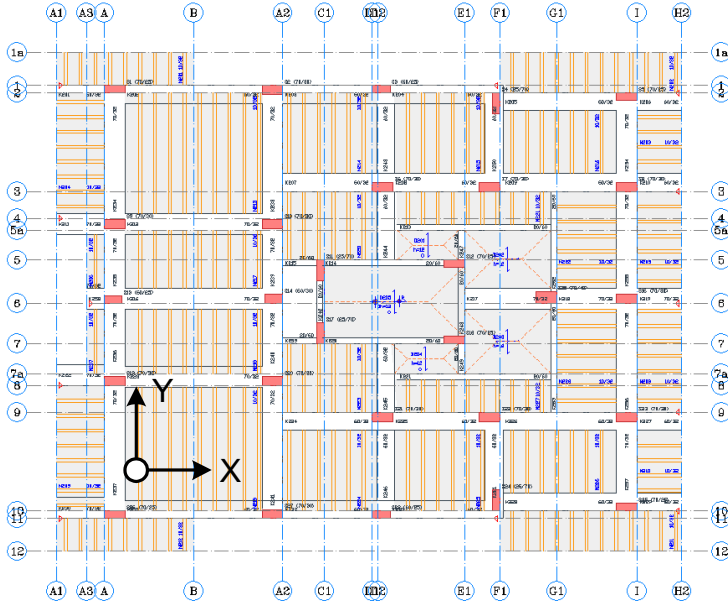
şekil 6.1 Altınışık Sitesi A Blok kalıp planı ve fotoğrafı



## 6.1.2 Aydın Bak Sitesi Blok 1 ve Blok 2

Kocaeli Gölçük Halidere’de bulunan Aydın Bak Blokları 17 Ağustos 1999 Marmara depremine inşaat halinde iken yakalanmışlardır. Zemin+5 normal katlı olarak projelendirilen ve toplam 7 bloktan oluşan Aydın Bak Bloklarından biri temel seviyesinde, biri tek katlı (zemin kat) karkas, bir diğeri iki katlı (zemin+1 normal kat) karkas, 3 blok altı katlı (zemin+5 normal kat) karkas ve 1 blok 5 katlı (zemin+4 normal kat) karkas olarak 17 Ağustos sabahından günümüze kadar hiçbir şekilde müdahale edilmeden gelmişlerdir. Tüm bloklarda döşemeler asmolen döşeme sistemi olarak uygulanmıştır. 3 adet 6 katlı blok ve 1 adet 5 katlı blokta, benzer şekilde, depremde bütün zemin kat kolonların sadece alt uçlarında mafsal oluşması suretiyle hasar almışlardır. Bu nedenle Türkiye Deprem Yönetmeliği’ne göre performans düzeyleri göçme öncesi (GÖ) olarak sınıflandırılmıştır. Tek katlı ve iki katlı yapılarda hasara rastlanmamıştır. 5 ve 6 katlı yapılarda ayrıca döşeme hasarlarına ve merdiven hasarlarına rastlanmıştır. İnceleme kapsamına 1 adet 6 katlı blok (Blok 1) ve 5 katlı blok (Blok 2) alınmıştır. Çevrel titreşimlere ilave olarak Blok 2’de zorlanmış titreşim deneyleri de yapılmıştır. Site 1975 Deprem Yönetmeliği çerçevesinde projelendirilmiştir (Şekil 6.2).

Aydın Bak Sitesi Blok 1 ve Blok 2 binalarından, Türkiye Deprem Yönetmeliği (2007) esaslarına göre, beton karot ve çelik numuneleri alınmış ve laboratuvarında test edilmiştir. Laboratuvar sonuçlarına göre malzeme dayanımları C20 ve S420’yi sağlamışlardır. Zemin sınıfı Z1 olarak belirlenmiştir.

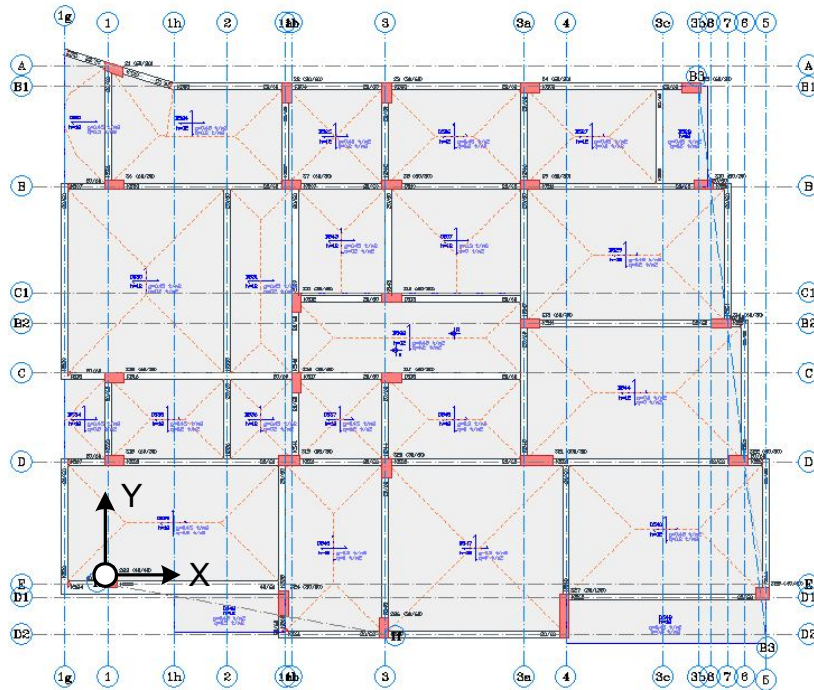


Şekil 6.2 Aydın Bak Sitesi Blokları kalıp planı ve fotoğrafı

### 6.1.3 Cincioğlu Apartmanı

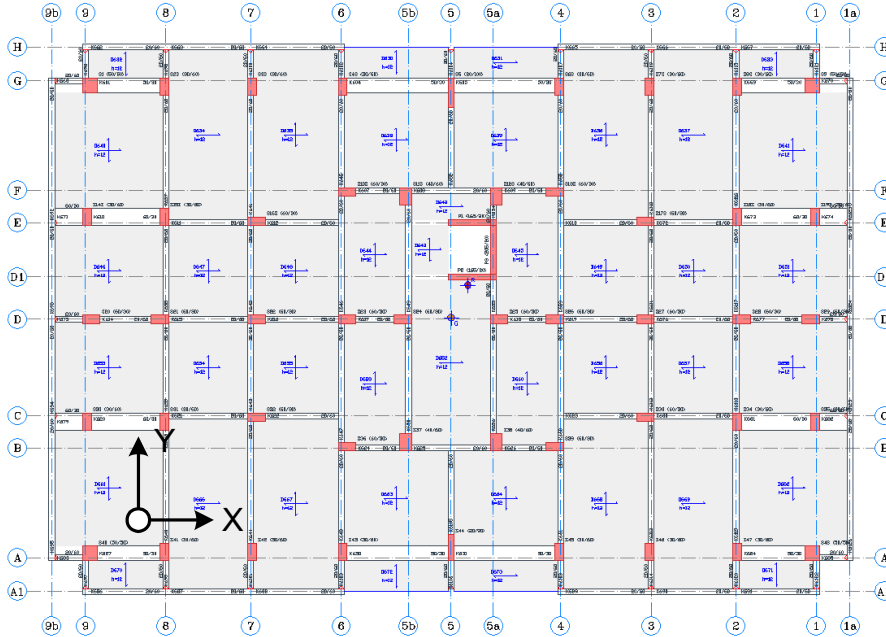
Cincioğlu Apartmanı Sakarya Adapazarı'nda Karaosman Mah. İnönü Cad. Ceylan Sokak'ta bulunan ve deprem esnasında kullanımda olan hasarsız bir yapıdır. Bu yapı gerek planda ve gerekse yüksekliği boyunca düzensiz bir binadır. Yapının iç kısmında yapıyı boydan boya geçen ve düzenli sadece 3 adet çerçeve bulunmaktadır. Deprem sonrası binanın İnönü Caddesi'ne bakan cephesinde duvar çatlakları olduğundan dolayı binaya Sakarya Bayındırlık Müdürlüğü yetkilileri tarafından "orta hasar" raporu verilmiştir. Ancak proje kapsamında yapılan incelemelerde yapı taşıyıcı sisteminde herhangi bir hasara rastlanmamıştır. Çevrel titreşim ölçümleri de bu gözlemi desteklemektedir. Cincioğlu apartmanı 1975 Deprem Yönetmeliği çerçevesinde projelendirilmiştir (Şekil 6.3). Bina performans düzeyi "hemen kullanım" (HK) dır.

Cincioğlu binasında, hak sahiplerinin isteği paralelinde beton karot ve çelik numuneleri alınamamıştır. Bu nedenle çelik sınıfı projede öngörülen S420 çeliği kabul edilmiştir. Beton karot numuneleri ile kalibre edilmiş beton çekici okumalarından elde edilen verilere dayanılarak, yapıda tüm betonarme elemanların karakteristik beton basınç mukavemetleri 16 MPa alınmıştır. Zemin sınıfı Z4 olarak belirlenmiştir. Binanın çevresinde ve bulunduğu mahalde zemin hareketlerine rastlanmamıştır.



Şekil 6.3 Cincioğlu Apartmanı kalıp planı ve fotoğrafı

### 6.1.4 Dayal İnşaat A Blok



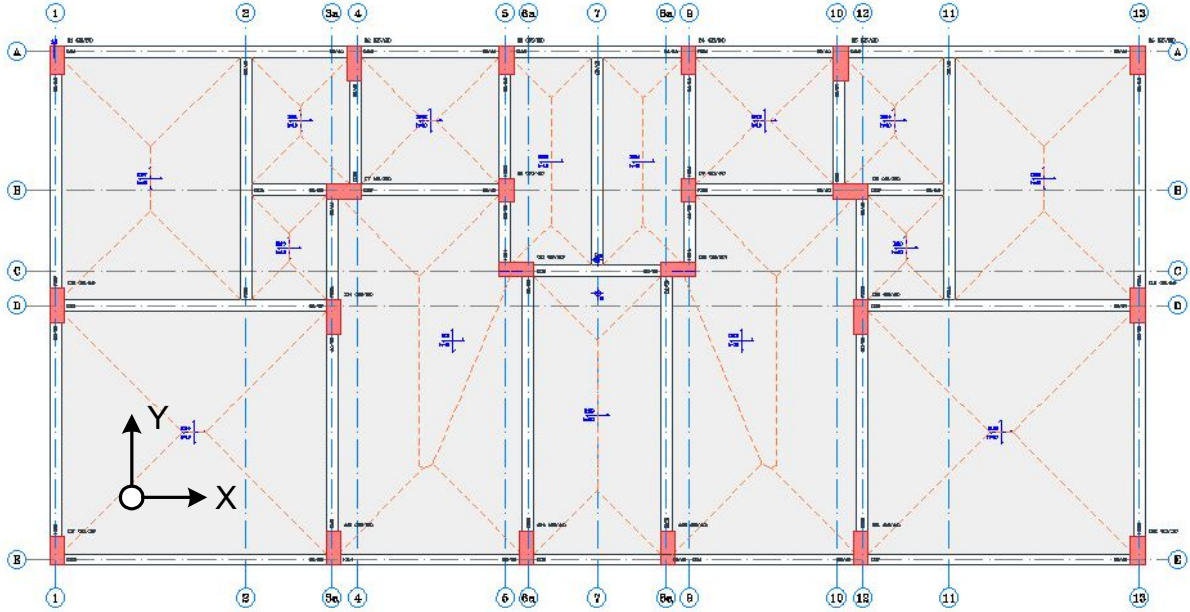
Şekil 6.4 Dayal İnşaat kalıp planı ve fotoğrafı

Sakarya Serdivan İstiklal Mah. Bağlar Cad. Zenbil Sokak No. 5'te bulunan 17 Ağustos Depremi'ni zemin +5 katlı betonarme karkas halinde iken karşılayan Dayal İnşaat A Blok binası, "hemen kullanım" performans düzeyindedir. Binada merdiven hasarları oluşmuştur. Taşıyıcı sistemi hasar alamamıştır. Bina üzerinde çevrel titreşim ölçümlerine ilave olarak iki kez zorlanmış titreşim deneyleri yapılmıştır. 1975 Deprem Yönetmeliği çerçevesinde projelendirilen Dayal binasının kalıp planı Şekil 6.4'te verimiştir.

Dayal binasından, Türkiye Deprem Yönetmeliği (2007) esaslarına göre, beton karot ve çelik numuneleri alınmış ve laboratuvarda test edilmiştir. Laboratuvar sonuçlarına göre malzeme dayanımları C20 ve S420'yi sağlamışlardır. Zemin sınıfı Z2 olarak belirlenmiştir.



### 6.1.5 Durusoy Apartmanı



Şekil 6.5 Durusoy Apartmanı kalıp planı ve fotoğrafı

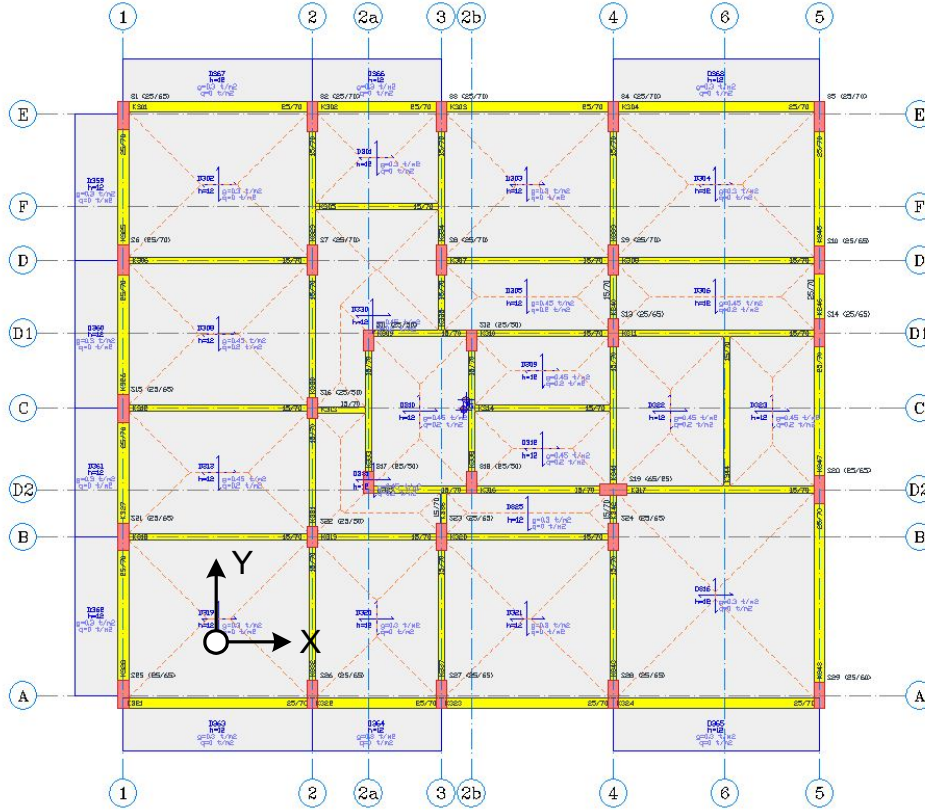
Durusoy binası Kocaeli Gölcük Merkez Mah. Atatürk Bulvarı No. 33'te bulunmaktadır. Durusoy Apartmanı 60'ların ortalarında inşa edilmiş, oldukça düzenli bir yapıdır. Bodrumsuz olarak inşa edilen yapının giriş katı ticari amaçlarla kullanılmaktadır. Yapının dolgu duvarları dolu harman tuğlası ile inşa edilmiştir. Giriş katında dolgu duvarlar düzensiz olarak dağılmıştır ve üst katlara nazaran daha az dolgu duvarı mevcuttur. Yapı 1999 Depremleri'nden hasar almadan çıkmıştır ve bugün halen kullanımdadır. Durusoy binası "hemen kullanım" performans düzeyindedir Yapı tasarımının, 1961 Deprem Yönetmeliği'ne göre yapıldığı sanılmaktadır, çünkü 1968 Yönetmeliği ile getirilen minimum enkesit koşuluna projede uygulanmamıştır. (Şekil 6.5)

Durusoy binasında karot numuneleri ile kalibre edilmiş beton çekici okumalarından elde edilen verilere dayanılarak, yapıda tüm betonarme elemanların karakteristik beton basınç mukavemetleri 14 MPa alınmıştır. Bina kullanımda olduğundan dolayı çelik numunesi alınamamıştır. Bu nedenle çelik sınıfı projede öngörülen S220 çeliği kabul edilmiştir. Zemin sınıfı Z1 olarak belirlenmiştir.

### 6.1.6 Hisar Apartmanı A Blok

1999 Gölçük Depremi'nin merkezine çok yakın, Gölçük'te E5'in alt kısmında kalan ve hasarın yoğunlaştığı bir bölgede (Donanma Caddesi) bulunan Hisar Apartmanı gerek planda ve gerekse yüksekliği boyunca oldukça düzenli inşa edilmiş bir binadır (Şekil 6.6). Aynı binadan yan yana iki blok bulunmaktadır ve ikisinde de hasar meydana gelmemiştir. Binalar bugün de kullanımdadır. 6 katlı binanın giriş katı dükkân olarak kullanılmaktadır ve dolgu duvarları bu katta oldukça kısıtlıdır

Hisar Apartmanı A Blok'ta karot numuneleri ile kalibre edilmiş beton çekici okumalarından elde edilen verilere dayanılarak, yapıda tüm betonarme elemanların karakteristik beton basınç mukavemetleri 14 MPa alınmıştır. Bina kullanımda olduğundan dolayı çelik numunesi alınamamıştır. Bu nedenle çelik sınıfı projede öngörülen S220 çeliği kabul edilmiştir. Zemin sınıfı Z1 olarak belirlenmiştir.

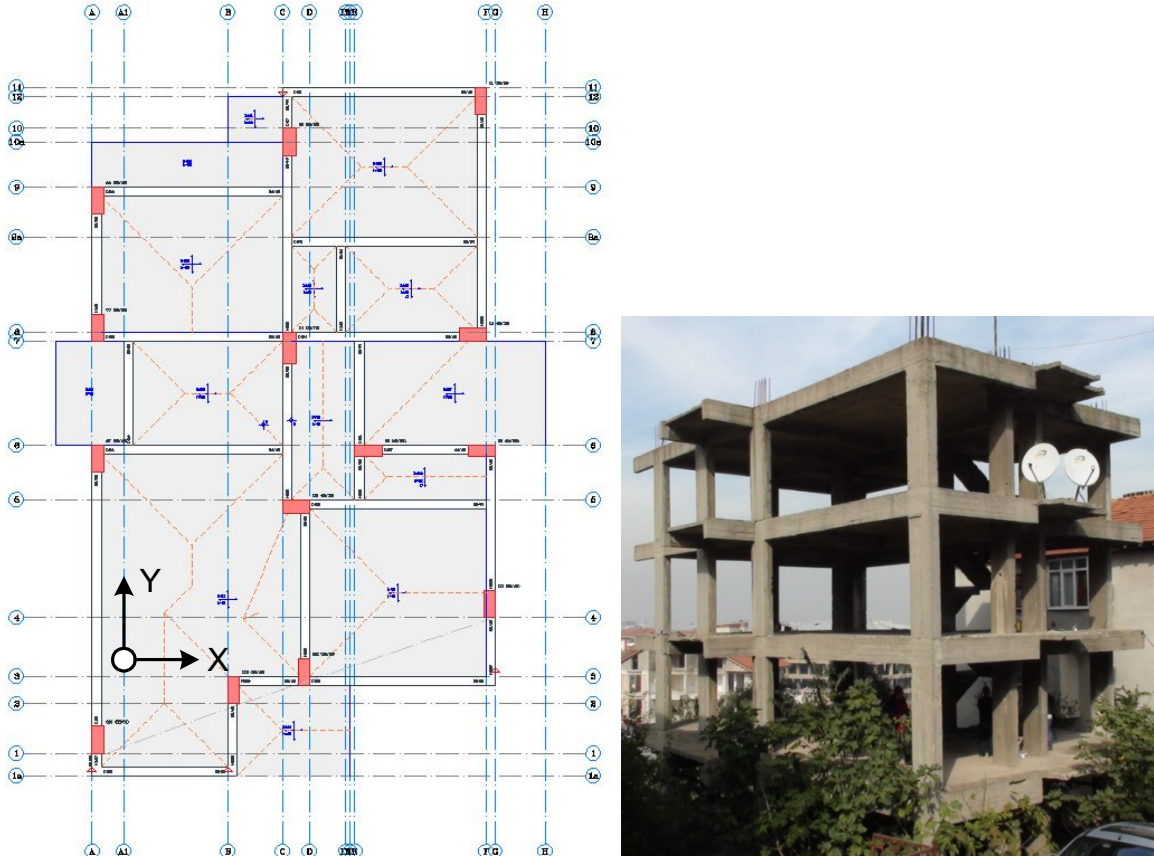


Şekil 6.6 Hisar Apartmanı A Blok kalıp planı ve fotoğrafı

### 6.1.7 Hikmet Şahin Apartmanı

Kocaeli Gölcük Şehitler Mah. Kocatepe Cad. 383ncü Sokakta bulunan Hikmet Şahin apartmanı, eğimli bir arazi üzerine kurulmuş küçük ve nispeten düzenli bir binadır. 1999 Depremleri sırasında yapı inşaat halindedir ve bugün de kullanılmadan halen karkas olarak beklemektedir. Yapıda 1999 Depremleri'nde bir hasar meydana gelmemiştir. Dolayısı ile yapının örnek bir yapı olarak kullanılması oldukça avantajlıdır çünkü gerek kütle ve gerekse dayanım ve rijitlik açısından bir çok bilinmeyen olmadığı bir binadır. Bu özelliklerinden dolayı yapı kalibrasyon çalışmalarında da kullanılan bir yapıdır.

Hikmet Şahin binası, Türkiye Deprem Yönetmeliği (2007) esaslarına göre, beton karot ve çelik numuneleri alınmış ve laboratuvarda test edilmiştir. Laboratuvar sonuçlarına göre malzeme dayanımları C16 ve S420'yi sağlamışlardır. Zemin sınıfı Z1 olarak belirlenmiştir.



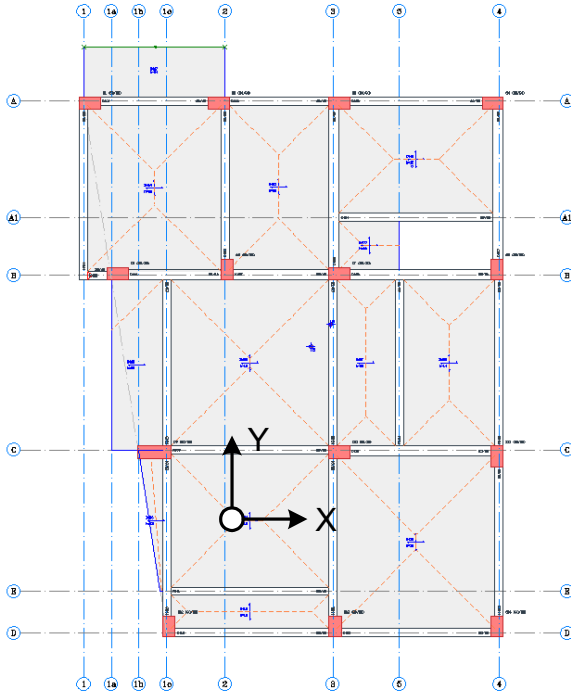
Şekil 6.7 Hikmet Şahin Apartmanı kalıp planı ve fotoğrafı



### 6.1.8 Karadere Apartmanı

Projede Karadere olarak isimlendirilen ve Serdivan İstiklal Mah. Karadere Sok. No. 2'de bulunan binanın giriş katında, Serdivan Belediye meydanına bakan ön kısmında 2 dükkan, arka kısmında ise garaj ve kömürlükler bulunmaktadır. Dükkan+4 normal kattan oluşmaktadır. Bina TS500 ve 1975 Deprem Yönetmeliği esasları çerçevesinde inşa edilmiştir. Binanın inceleme kapsamına alınmasının nedeni, çevresinde benzer özelliklere sahip bulunan mühendislik görmüş binaların, depremde tamamen yıkılmasına rağmen (Haldizoğlu binası gibi), incelenen binanın hiç hasar almamasıdır.

Karadere binası simetrik bir bina olmamasına rağmen bina rijitlik merkezi ile kütle merkezi arasında kısa doğrultuda (x-yönü) %5.54 dış merkezliği (49.88cm) ve uzun doğrultuda (y-yönü) %5.74 dış merkezliği (73.31cm) hesaplanmıştır. Bina temel alanı, 119.6m<sup>2</sup>; toplam alanı 598m<sup>2</sup>'dir. Binada çıkımlar bulunmamakta, sadece A-A aksı üzerinde bir balkonu bulunmaktadır. Zemin sınıfı Z2 olarak belirlenmiştir.

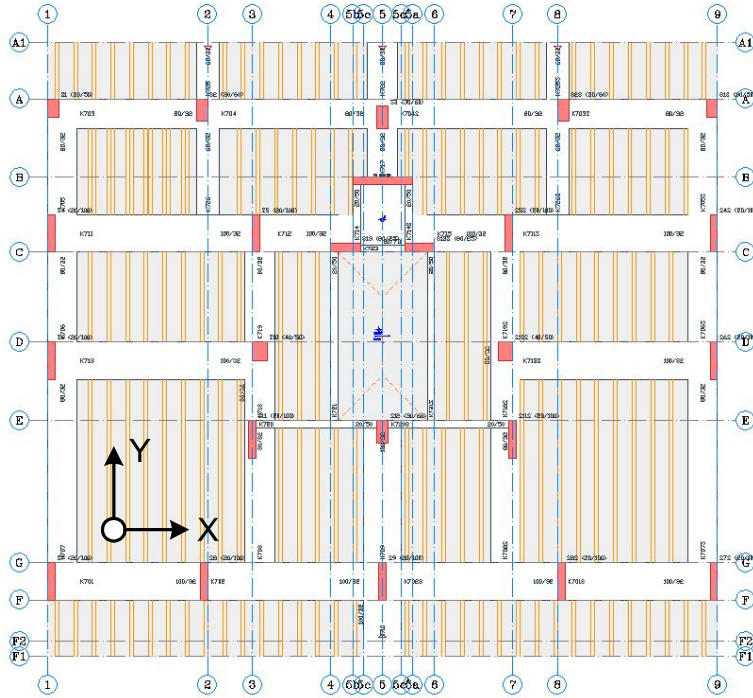


Şekil 6.8 Karadere Apartmanı kalıp planı ve fotoğrafı

### 6.1.9 Karamürsel Ahmet Levent Sitesi A Blok

Proje kapsamında zorlanmış titreşim deneylerinin yapıldığı 4 binadan üçüncüsüdür. Ahmet Levent sitesi Kocaeli Gölcük Halidere’de Karamürsel yolu üzerinde 3 blok olarak inşası planlanmıştır. 17 Ağustos 1999’da A Blok betonarme karkas olarak zemin+6 normal kat tamamlanmış, 6ncı katına duvarların örülmesi amacıyla tuğla malzemesi taşınmıştır. B Blok zemin+6 normal kat olarak inşa edilmiş ve tuğla duvarlar örülmüş durumdaydı. C Blok’ta ise sadece zemin kat döşemesi inşa edilmişti. Ahmet Levent Sitesi Aydın Bak’ta da olduğu gibi asmolen döşeme sistemi kullanılmıştır. A ve B Blok zemin katlarında bulunan bazı kolonların alt uçlarında mafsallaşma belirtileri mevcuttur. Her iki blokta da 160x20cm ebatlarındaki perdelerde çatlaklar oluşmuştur. B Blok’ta bütün tuğla duvarlar hasar almış, devrilmiş veya çatlamıştır. Binanın deprem performans seviyesi “can güvenliği” olarak belirlenmiştir.

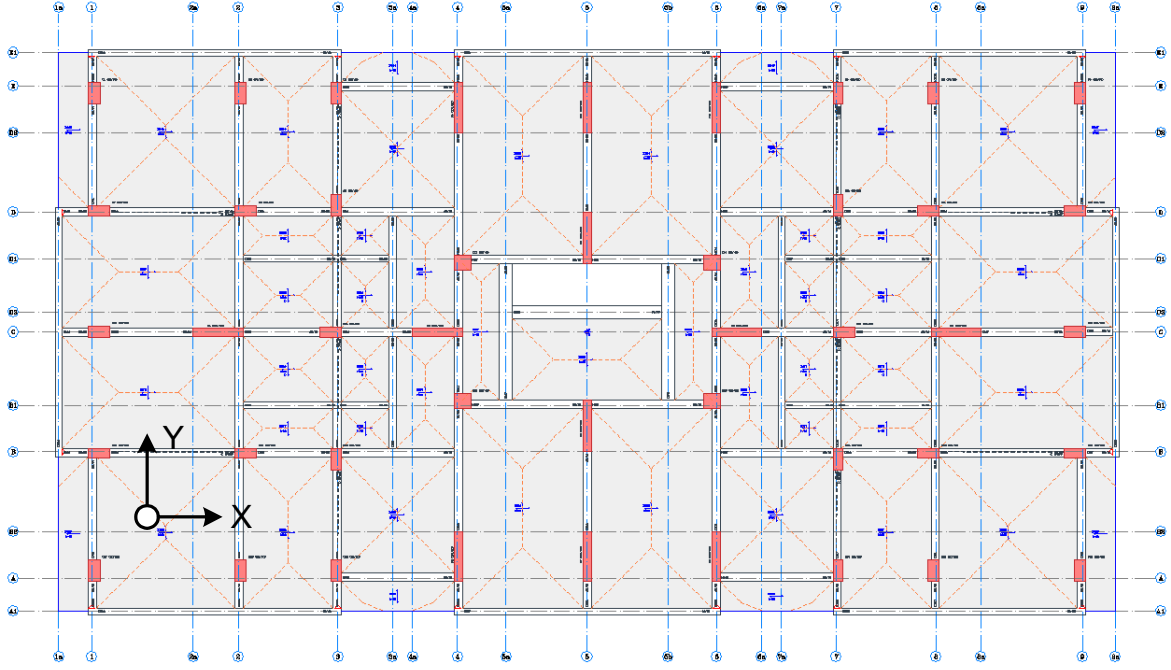
Ahmet Levent sitesi A ve B Blok’tan, Türkiye Deprem Yönetmeliği (2007) esaslarına göre, beton karot ve çelik numuneleri alınmış ve laboratuvarda test edilmiştir. Laboratuvar sonuçlarına göre malzeme dayanımları C20 ve S420’yi sağlamışlardır. Zemin sınıfı Z1 olarak belirlenmiştir.



Şekil 6.9 Karamürsel Ahmet Levent sitesi A ve B Blok kalıp planı ve fotoğrafı



### 6.1.10 Kardeşler Apartmanı B Blok

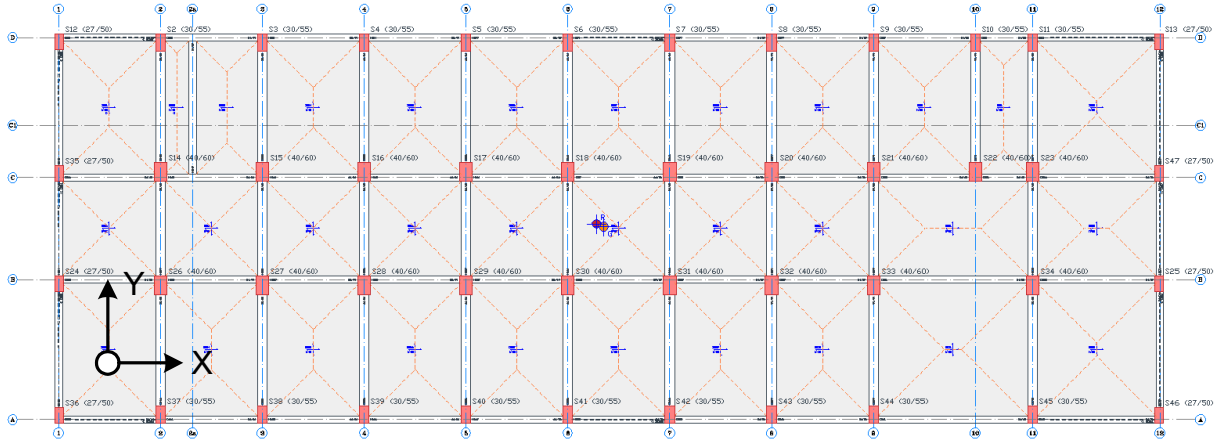


Şekil 6.10 Kardeşler Apartmanı B Blok kalıp planı ve fotoğrafı

Kardeşler Apartmanı incelenen binalar arasında en büyük alana sahip (441m<sup>2</sup>) binadır (Şekil 6.11). İki blok olarak inşa edilmiş ve her iki blok da depremi hasarsız geçirmiştir. Bina kaya zemin üzerinde oturmaktadır. Bina 2000 yılında kullanıma açılmıştır. Serdivan İstiklal Mah. Bağlar Cad. No 67'de bulunan Kardeşler Apartmanı A ve B Blok zemin kat +5 normal kattan oluşmaktadır. Bina planda ve düşeyde her iki doğrultuda simetrik ve düzenli bir binadır. Proje kapsamında B Blok incelenmiştir. Bina 1975 deprem yönetmeliği çerçevesinde projelendirilmiştir (Şekil 6.10).

Kardeşler Apartmanı B Blok binasında karot numuneleri ile kalibre edilmiş beton çekici okumalarından elde edilen verilere dayanılarak, yapıda tüm betonarme elemanların karakteristik beton basınç mukavemetleri 16 MPa alınmıştır. Bina kullanımda olduğundan dolayı çelik numunesi alınamamıştır. Bu nedenle çelik sınıfı projede öngörülen S420 çeliği kabul edilmiştir. Zemin sınıfı Z1 olarak belirlenmiştir.

### 6.1.11 SSK Hizmet Binası



Şekil 6.11 SSK Sakarya Hizmet binası kalıp planı ve fotoğrafı

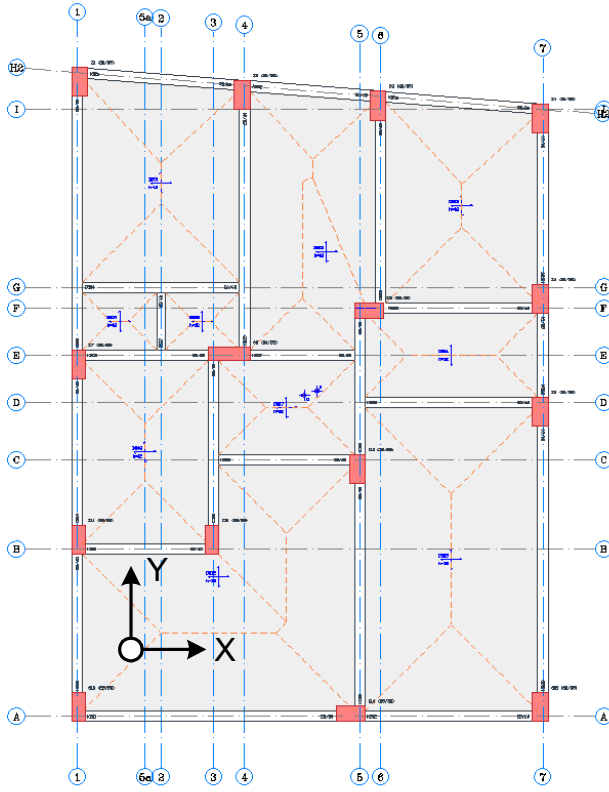
Sakarya eski SSK hizmet binası açılan derin sondaj kuyusuna 800m mesafede bulunması, binanın boş olması, düzgün simetrik olması ve binanın resmi hüviyet taşıması nedeniyle proje kapsamına alınmıştır. Bina Mithatpaşa Mah. Harmanlık Sokak'ta yer almaktadır. Depremde, B ve 6 akslarının kesişiminde yer alan (Şekil 6.11) S30 kolonunun üst ucunda, imalat hatası nedeniyle oluşan boşluğu dolduran sıvanın dökülmesine binaen binaya "orta hasar" verilmiş ve bina boşaltılmıştır. Proje ekibi yaptığı incelemede binanın "hemen kullanım" performans düzeyinde olduğuna karar vermişlerdir. Binada zorlanmış titreşim deneyleri yapılmıştır. Bina, 1968 deprem yönetmeliğine göre, 11/09/1969 tarihinde projelendirilmiştir. 12x35m boyutlarında taban alana sahip, 12m yüksekliğinde, hiçbir düzensizliği bulunmayan, rijitlik ve kütle merkezlerinin çakıştığı ender binalardan biridir.

SSK binasında her kattan karot numuneleri alınmış ve laboratuvarında test edilmiştir. Test sonuçları, projede belirtilen BS160 (C14) ve St-I (S220)'yi sağlamışlardır. Zemin sınıfı Z3 olarak belirlenmiştir. Binanın çevresinde ve bulunduğu mahalde zemin hareketlerine rastlanmamıştır.

### 6.1.12 Yan Sokak Binası

Yan Sokak binası düzenli, küçük ve bodrumsuz, zemin kat+5 normal kat olarak tasarlanmış bir binadır. İlk katı dükkan/depo olarak tanzim edilmiştir. Sakarya merkeze yakın olan (Sakarya, Adapazarı, Yenidoğan Mah. Yan Sokak No.10) binada 1999 Depremleri sırasında hasar oluşmamıştır Yapının üst konut katları dolgu duvarlıdır, ilk giriş katında ise düzensiz ve tek yönde dolgu duvarları mevcuttur. (Şekil 6.12). Yapı kat alanı 109.47 m<sup>2</sup> dir. Yan Sokak binası, proje kapsamında açılan derin kuyu sondajına 300m mesafede olması, yapının bulunduğu alanda sıvılaşma gözlenmemesi, yapı temelinin depremde hareket etmemesi nedeniyle seçilmiştir. Yapı 1975 Deprem Yönetmeliği'ne göre tasarlanmıştır.

Yan Sokak binasında karot numuneleri ile kalibre edilmiş beton çekici okumalarından elde edilen verilere dayanılarak, yapıda tüm betonarme elemanların karakteristik beton basınç mukavemetleri 16 MPa alınmıştır. Bina kullanımda olduğundan dolayı çelik numunesi alınamamıştır. Bu nedenle çelik sınıfı projede öngörülen S420 çeliği kabul edilmiştir. Zemin sınıfı Z3 olarak belirlenmiştir.



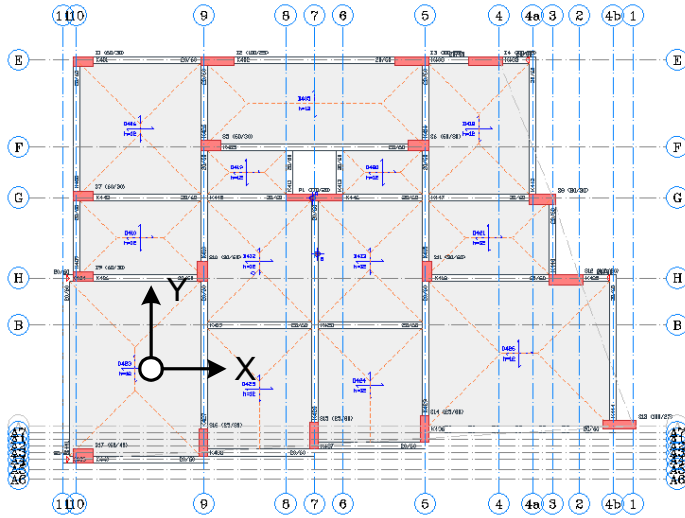
Şekil 6.12 Yan Sokak Apartmanı kalıp planı ve fotoğrafı

### 6.1.13 Ekşioğlu Apartmanı

Ekşioğlu 1999 Depremi'nin simge binalarından birisidir (Şekil 6.12). Sakarya Adapazarı Akıncılar Mah. Adnan Menderes Bulvarı 12 No'lu Sok. No. 1 de bulunan yapı, inşaat halinde iken deprem meydana gelmiş ve ilk katta meydana gelen yumuşak kat nedeni ile ilk kat yaklaşık 45cm kalıcı yer değiştirmeye maruz kalmıştır. Normalde yapının bu kadar büyük bir yatay yer değiştirme nedeni ile göçmesi gerekirken, üst katların halen inşa halinde olması, dolgu duvarlarının ve diğer yük getirici kaplama v.s. gibi işlerin yapılmamış olması nedeni ile bina ayakta kalabilmiştir. Binanın arkasında ayrıca dilatasyon ile ayrılmış ve depo olarak kullanılan bir bölüm de mevcuttur.

Binanın giriş katı yüksek dükkan olarak tasarlanmış, iç akslara bir de asma kat yerleştirilmiştir. Yapıdaki tüm hasar giriş katında toplanmıştır. Bu hasarlar kolonlarda eğilme kaynaklı plastik mafsallı oluşumu, kirişlerde kesme çatlakları oluşumu ve uzun kolonlarda plastik mafsallı ile beraber kolon-kiriş düğüm noktalarının göçmesi şeklindedir.

Ekşioğlu binası depremden sonra makinelerle yıkılmıştır. Binanın kalan bölümlerinden (temel, depo) beton karot ve çelik numuneleri alınmış ve laboratuvarında test edilmiştir. Test sonuçları C20 ve S420'yi sağlamışlardır. Zemin sınıfı Z4 olarak belirlenmiştir. Proje kapsamında açılan derin kuyu sondajına 520m mesafede olan Ekşioğlu binasının çevresinde ve bulunduğu mahalde zemin hareketlerine rastlanmamıştır.



Şekil 6.13 Ekşioğlu Apartmanı kalıp planı ve fotoğrafı

## 6.2 Analiz ve Değerlendirme Sonuçları

Modelleme sürecinde kullanılan yapı geometrisi, yapısal malzeme bilgileri ve analiz içindeki bilinmeyenlerin veya belirsizliklerin giderilmesi için yapılan güncelleme (kalibrasyonun) analitik sonuçları iyileştirdiği bilinen bir gerçektir. 70'lerle başlayan ve 90'larda çok sık olarak kullanılan deneysel modal analiz ile çapraz doğrulatmanın benzeşim (simulasyon) çalışmalarında önem kazandığını ve kalibrasyona yardımcı olduğu bir gerçektir. Bu çalışmada da deneysel veriler kısıtlı cihaz sayısı ile çalışılan binaların mevcut şartları çerçevesinde çalışılmıştır. Yapıların planda büyük ve iki yönlü düzenli mütemadi çerçevelerden oluşmuş az kat özelliğiyle rijid olması çevrel kuvvetler altında geniş frekans band özelliklerini sergiletecek titreşimler içinde özgün dinamik karakteristiğin açığa çıkmasını zorlaştırmıştır. Zorlama kuvvetleri altında yapay harmonik deprem kuvvetleriyle bu tür mevcut yapıların çalışması gerekmektedir. Zorlama kuvvetleri altında hasar doğurabilecek bu tür yapı testleri içinde yaşamın sürdüğü binalarda uygulanma zorluğu vardır. Hasarsız çevrel titreşim ölçümleri ise yapı serbestlik derecesine ve plandaki özelliklerine göre yeterli cihaz ile çalışmasını gerektirmektedir. Ek-2'de yapı tanılama sonuçları verilen yapısal davranış bilgileri kullanılarak güncellenen yapıların bir öncesine göre daha fazla mevcut yapıyı temsil ettiklerini değişen hasar görülebilirlik analiz sonuçlarından anlayabiliyoruz. Deprem riskinin yüksek olduğu çok büyük mevcut yapı stoğu olan Türkiye'nin yönetmeliklerinde hasarsız yapı testlerini ve yapı tanılama çalışmalarını inşaat mühendisliği uygulaması olarak önermesi tutarlı ve doğru nümerik modellerin mevcudu temsil etmesini sağlayacaktır.

Ek-3'te "Bina Performanslarının Doğrusal Elastik Hesap Yöntemi ve Doğrusal Elastik Olmayan Hesap Yöntemleri ile Belirlenmesi" başlığı ile verilen analiz ve değerlendirme sonuçları Tablo 6.1 ve Tablo 6.2 de özetlenmiştir.

Tablo 6.1'de analiz işlemleri TDY 2007'ye göre mühendislik bürolarında, ticari bilgisayar programları kullanılarak yapılacak değerlendirme işlemlerinin sonuçları verilmektedir. Bu değerlendirmede doğrusal elastik yöntem kullanıldığında 4 bina (%30), doğrusal olmayan artımsal mod birleştirme yöntemi kullanıldığında ise 2 binada (%10) gözlenen performans düzeyleri örtüşmüştür.

Tablo 6.1 Kapsamlı bilgi düzeyinde, atalet momentlerinin yönetmeliğe göre azaltılması ile TDY 2007'ye göre yapılan değerlendirme işlemi sonuçları

Bina Adı	=	Duvar	Zemin Sınıfı	Gözlenen Performans	Doğrusal Elastik Yöntem		Artımsal Mod Birleştirme		Artımsal Mod Birleştirme	
					X-Yönü	Y-Yönü	X-Yönü (m)	Y-Yönü (m)	X-Yönü	Y-Yönü
Cincioğlu	54	Var	Z4	HK	GÖ	Göçme	0.1168	0.1032	CG	CG
Yansokak	54	Var	Z3	HK	CG	CG	0.1394	0.1056	CG	HK
SSK	54	Var	Z3	HK	Göçme	Göçme	0.111	0.0757	HK	HK
Dayal	54	Yok	Z2	HK	CG	Göçme	0.0439	0.0439	?	Göçme
Karadere	54	Var	Z2	HK	CG	CG	0.0508	0.0925	Göçme	Göçme
Kardeşler	54	Var	Z1	HK	CG	CG	0.0944	0.0842	Göçme	HK
Altınışik	54	Var	Z3	HK	CG	CG	0.1139	0.0815	HK	CG
Ahmet levent	41	Yok	Z1	CG	CG	CG	0.0917	0.0917	HK	HK
Aydin Bak 1	41	Yok	Z1	CG	HK	CG	0.0782	0.0722	HK	HK
Aydin Bak 2	41	Yok	Z1	CG	HK	CG	0.0619	0.0582	HK	HK
Durusoy	41	Var	Z1	HK	Göçme	Göçme	0.0774	0.072	CG	HK
Hikmet	41	Yok	Z1	HK	CG	CG	0.0068	0.0477	HK	CG
Hisar	41	Var	Z1	HK	Göçme	CG	0.1311	0.0737	Göçme	HK
Ekşioğlu	54	Yok	Z4	GÖ	CG	Göçme	0.0516	0.107	HK	Göçme

Tablo 6.2 Kapsamlı bilgi düzeyinde kalibre edilmiş modellerin TDY 2007'ye göre değerlendirme işlemi sonuçları

Bina Adı	İl	Duvar	Zemin Sınıfı	Gözlenen Performans	Doğrusal Elastik Yöntem		Artımsal Mod Birleştirme		Artımsal Mod Birleştirme	
					X-Yönü	Y-Yönü	X-Yönü (m)	Y-Yönü (m)	X-Yönü	Y-Yönü
Cincioğlu	54	Var	Z4	HK	CG	CG	0.0769	0.0916	CG	GÖÇME
Yansokak	54	Var	Z3	HK	CG	CG	0.0929	0.0693	HK	HK
SSK	54	Var	Z3	HK	CG	CG	0.0374	0.0297	HK	HK
Dayal	54	Yok	Z2	HK	GÖ	GÖ	0.0512	0.033	?	HK
Karadere	54	Var	Z2	HK	GÖÇME	GÖÇME	0.0312	0.0122	CG	HK
Kardeşler	54	Var	Z1	HK	G.Ö.	G.Ö.	0.0249	0.0222	HK	HK
Altınışık	54	Var	Z3	HK	CG	CG	0.0773	0.0505	HK	HK
Ahmet levent	41	Yok	Z1	CG	G.Ö.	CG	0.0882	0.0697	CG	CG
Aydin Bak 1	41	Yok	Z1	CG	CG	CG	0.0505	0.0562	HK	HK
Aydin Bak 2	41	Yok	Z1	CG	HK	CG	0.0431	0.0526	HK	HK
Durusoy	41	Var	Z1	HK	GÖÇME	GÖÇME	0.0139	0.0263	HK	HK
Hikmet	41	Yok	Z1	HK	CG	CG	0.0061	0.0336	HK	HK
Hisar	41	Var	Z1	HK	GÖÇME	GÖÇME	0.0552	0.0273	HK	HK

Tablo 6.2 ise, cihazlandırılan binalardan elde edilen verilerle sonlu eleman modelleri güncellenen binaların değerlendirme işlemlerinin sonuçları verilmektedir. Bu değerlendirmede doğrusal elastik yöntem kullanıldığında 4 bina (%30), doğrusal olmayan artımsal mod birleştirme yöntemi kullanıldığında ise 10 binada (%80) gözlenen performans düzeyleri örtüşmüştür.

Projede inceleme kapsamına alınan 14 binanın 4'ü (Yan Sokak, SSK, Cincioğlu ve Ekşioğlu) Adapazarı'nda Alüvyon zemin üzerinde bulunmaktadır. 10 bina ise sert zemin veya kaya zemin üzerinde yer almaktadır. Sert zeminlerde talep spektrumu, güncellenen deprem veritabanı ve azalım ilişkilerine bağlı olarak hesaplanabilmektedir. Ancak alüvyon zeminlerde talep spektrumunu belirlenmesi ile ilgili çalışmalar her zaman birtakım belirsizlikler ihtiva edecektir.

Binaların performanslarının belirlenmesinde belirleyici faktörlerden biri olan spektral yer değiştirme oranı (TDY, 2007 sf. 140)  $C_R$ , binanın rijitliğine ve köşe periyoduna ( $T_B$ ) bağlı olarak değişmektedir. Tablo 7.1'de, sonlu eleman modeli güncellenen (kalibre edilen) Yan Sokak binasının hedef deplasmanları ve performans düzeyleri, farklı köşe periyotları için hesaplanmıştır. Geoteknik çalışmalar kısmında yapılan saha tepki analizleri, Adapazarı'nda 1 ila 3s periyot bandında önemli büyütmelerin olabileceğine işaret etmektedir.

Tablo 7.1 Kalibre edilmiş Yan Sokak binası x-doğrultusunda tasarım spektrumu köşe periyoduna bağlı olarak Doğrusal Elastik ve Artımsal Mod Birleştirme Yöntemi ile hesaplanan hedef deplasmanları ve performans düzeyleri

Köşe periyodu, $T_B$ (s)	0.6	1	1.1	1.2	1.5	2
Hedef deplasman (m)	0.0929	0.1346	0.1447	0.1742	0.1839	0.2313
Performans, ARSA	HK	HK	HK	GÖÇME	GÖÇME	GÖÇME
Performans	CG	CG	CG	CG	CG	CG

Tablo 7.1'e göre üst yapının sonlu eleman modeli bire bir gerçek yapının davranışı ile örtüşecek biçimde kalibre edilmiş olsa dahi, alüvyon zeminlerde, talep spektrumuna bağlı olarak yapı performansı hemen kullanım ile göçme arasında değişebilmektedir. Bu çalışmada, zemin sınıfı olarak Z3 belirlenmiş ve "hemen kullanım" bina performansı buna göre hesaplanmıştır. Ancak bu sonuç tesadüfidir. Çünkü 17 Ağustos 1999 'da binanın nasıl bir deprem istemine maruz kaldığını kestirmek çok zordur. Öte yandan Doğrusal Elastik Yöntem'de talep spektrumunda köşe periyodunun değişmesi, hesaplanan performans düzeyini etkilememektedir.

### 6.3 Doğrusal Olmayan Yapısal Analizler Hakkında Genel Bilgi

Doğrusal olmayan analizlerde SeismoStruct programı kullanılmıştır. Bu program, Seismosoft ([www.seismosoft.com](http://www.seismosoft.com)) firması tarafından geliştirilen ve internet üzerinden ücretsiz olarak dağıtılan akademik bir programdır. Programı kullananlar, kullanıcılar için oluşturulan forum vasıtasıyla programı oluşturanlara sorular sorarak problemlerini çözebilmekte ve deneyimlerini paylaşabilmektedir. Program plastisitenin eleman boyunca yayılı olduğu kabulüne göre çalışmaktadır. Ayrıca program kapsamında geometrik nonlineerite de dikkate alınabilmektedir. Program ile özdeğer analizi, statik yük analizi, itme analizi, deplasman kontrollü adaptif itme analizi ve zaman tanım alanında analizler yapmak mümkündür.

Yayıllı plastisite ile çalışan programlarda iki grup eleman tipi mevcuttur. Birinci grup deplasman tabanlı, ikinci grup ise kuvvet tabanlı elemanlardır. İlk grupta deformasyonların, yani eğriliklerin eleman boyunca lineer değiştiği kabul edilir. Kuvvet tabanlı elemanlarda ise momentin eleman boyunca lineer değiştiği kabul edilir. Elemanlarda deformasyonlar esasen lineer olmadığı ve uçlarda yığıldığı için, deplasman tabanlı elemanların kullanılması durumunda her bir elemanın yeter sayıda ve boyda küçük alt elemanlara bölünmesi zorunluluğu vardır. Ayrıca mevcut çalışmalar, global olarak objektif sonuçlar verebilen deplasman tabanlı elemanların, kesit bazında (eğrilikler, birim şekil değiştirmeler) objektif sonuçlar veremediğini göstermiştir (Calabrese, 2009). Bu yüzden SeismoStruct programı içerisinde de bulunan FB (force-based) elemanların kullanılmasına karar verilmiştir.

Bu çalışma kapsamında, DBYBHY-2007'de tavsiye edildiği şekilde 1nci moda bağlı itme analizi kullanılmış, zaman tanım alanında hesap ile karşılaştırma gerektiren ancak yapının çok düzensiz olduğu ve birden fazla modun dikkate alınmasını gerektiren durumlarda ise deplasman kontrollü adaptif itme analizi uygulanmıştır (Pinho and Antoniou, 2004).

#### 6.3.1 İncelenen Yapıların Zaman Tanım Alanında Hesapları (ZTAH) ve Yönetmelik Yöntemlerine Dair Saptamalar

Bu bölümde, incelenen yapılardan seçilen bir kısmı üzerinde yapılan zaman tanım alanında hesap ve analizlerin sonuçları irdelenmiştir. Yapıların hemen hepsinde, binanın tam olarak maruz kaldığı deprem hareketi bilinmemekle birlikte, eldeki en yakın kayıt kullanılmıştır. Çalışmanın bu kısmının amacı tam olarak bu yapıların maruz kaldıkları deprem hareketini belirlemek ve bundan kaynaklı hasar (varsa) tahmini yapmak değil, onun yerine yaklaşık olarak bu yapıların depremdeki davranışları üzerinden itme analizi ve zaman tanım alanında analiz karşılaştırması yapmaktır.

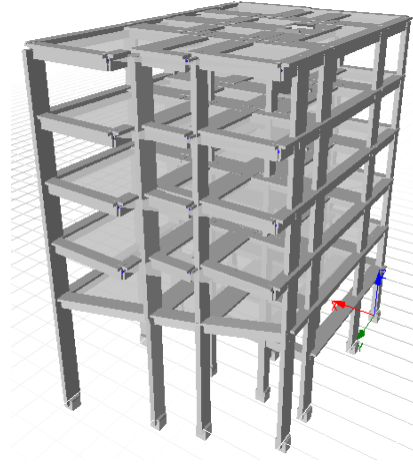
Sakarya'da bulunan yapılar için Sakarya kaydı kullanılmıştır. Bu kaydın maalesef sadece tek bir bileşeni eldedir (aletin dik yöndeki kayıtçısının çalışmaması nedeni ile) ancak zaten elde edilen bileşen de faya olan pozisyonundan dolayı önemli olan bileşendir. Gölcük ve çevresindeki yapılar için de, bu yapılara 2.5km uzaklıktaki ve elde bulunan en yakın kayıt olan YPT kaydı kullanılmıştır.

ZTAH uygulanırken ortaya çıkan konulardan biri de eldeki deprem kayıtlarının yapılara hangi yönde uygulanacağı konusudur. Bu çalışma kapsamında izlenen yol, YPT kaydının iki bileşenini yapının mevcut konumundaki aksalarına dik gelecek şekilde trigonometrik olarak döndürerek uygulamak, Sakarya kaydı uygulanan yapılarda ise eldeki tek bileşeni yapının her iki doğrultusuna ayrı ayrı uygulamak şeklinde olmuştur.



- **Ekşioğlu Binası**

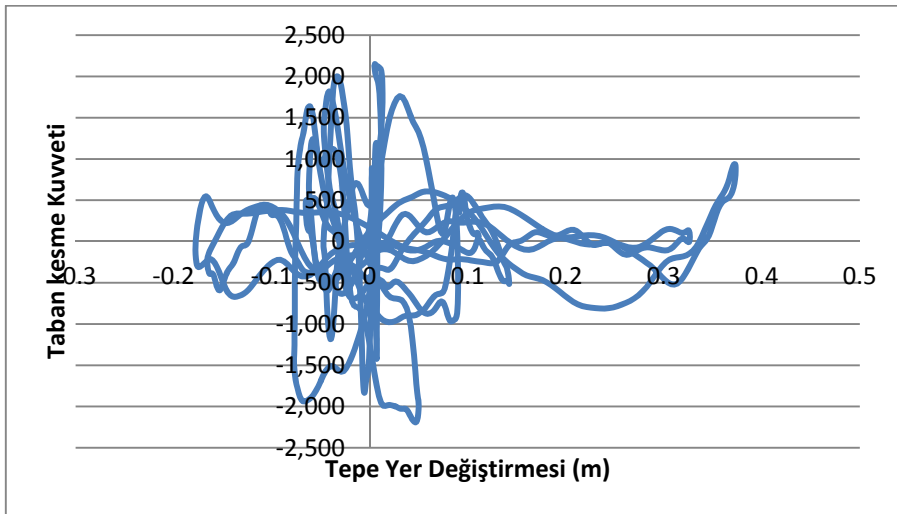
Yapının 3 boyutlu modeli kurularak (Şekil 6.14) ZTAH ile yapının Sakarya kaydına vereceği tepki analiz edilmiştir. Bu binaya ait Y yönü Sakarya kaydı altında yapının göçme durumuna ulaşması nedeni ile sonuçlar burada sergilenememektedir. Gerçekte yapının X yönü (yukarıdaki şekilde kırmızı aks) asıl depremin Sakarya kaydının doğrultusuna maruz kalmış olduğundan ve Y yönü büyük bir deprem hareketine maruz kalmadığından, elde edilen sonuçların geçerli olduğu söylenebilir.



Şekil 6.14. Ekşioğlu Binası matematik modeline ait görüntü

Şekil 6.15'te verilen grafik neticesinde, yapının özellikle bir yönde ciddi hasar aldığı ve o yönde kalıcı deformasyonlara maruz kaldığı anlaşılmaktadır. Bu bulgular depremden sonra yapıda gözlenen bulgulara (tüm belirsizliklere ve bilinmeyenlere rağmen) yakın olmakla birlikte, aynı yakınsamayı, aşağıda da açıklandığı gibi, itme analizine bağlı yöntemler ile elde etmek mümkün olmamıştır.

Ekşioğlu Binasından tecrübe edilen bir diğer durum da, kolon-kiriş birleşim noktalarındaki davranışın ve bu bölgedeki donatı ankraj boyunun önemidir. Mevcut standart modelleme yöntemleri içerisinde, ayrıca Yönetmelik'te verilen modelleme kriter ve tavsiyelerinde de, aslında karmaşık olan bu konu için, bir öneri veya yönlendirme yoktur. Ancak Ekşioğlu Binası'nın hasar durumu gözlemlendiğinde (bkz. Şekil 6.19 ve 6.20), özellikle uzun ilk kat kolonlarının kirişlere birleştiği yerlerde donatı sıyrılmaları olduğu ve kolon uçları daha mafsallaşmaya başlayamadan kolon ve kiriş arasındaki moment aktarımının bittiği görülmektedir.

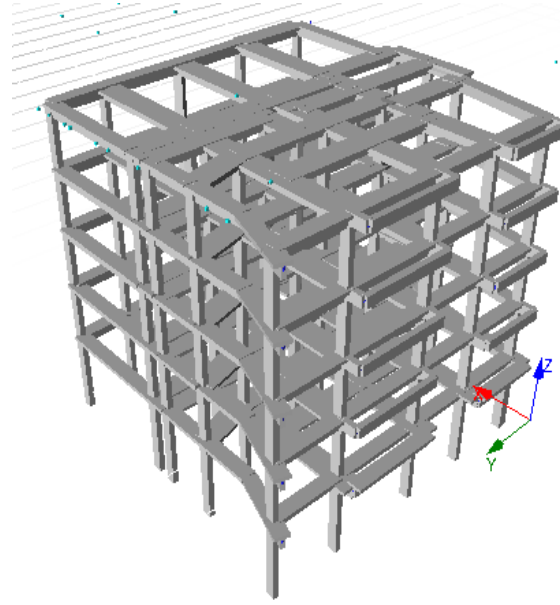


Şekil 6.15 Ekşioğlu Binası'na ait tepe yer değişirgesi – taban kesme kuvveti grafiği (Sakarya kaydı altında)



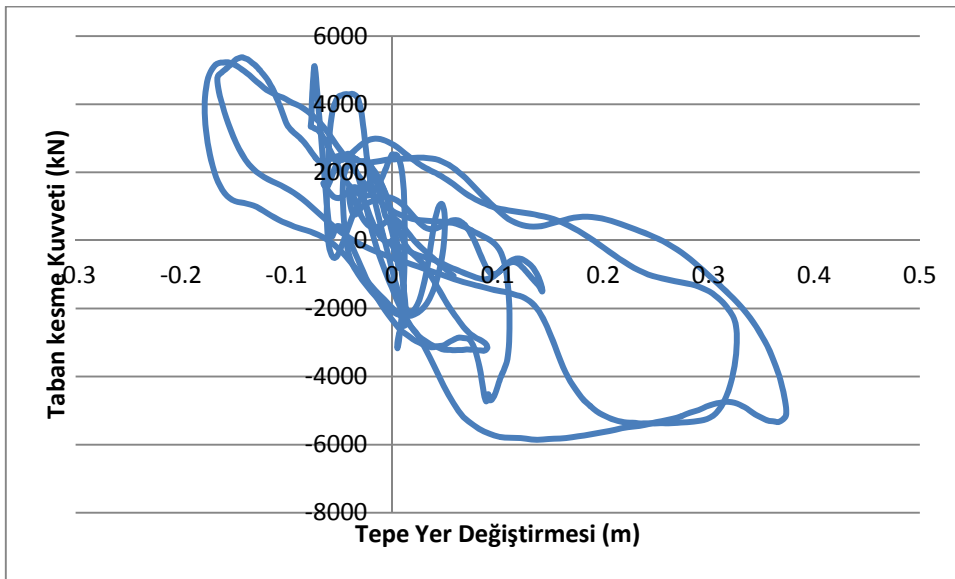
- **Cincioğlu Binası**

Cincioğlu Binası'nın matematik modeli de yine aşağıda Şekil 6.16'da gösterildiği gibi oluşturulmuştur. Yapıda 1.4m kesit boyutuna sahip kolonlar bulunduğundan, bunların olduğu noktalarda kirişlere bağlantı için yüksek rijitliğe sahip fiktif elemanlar kullanılmıştır. Bu elemanlar yapının o bölgedeki davranışını doğru olarak modellemelerine karşın, analiz sırasında (zellikle ZTAH için) zm ve yakınsama hızını oldukça yavaŐlatmaktadır. Şekil 6.16'da görülen yapının 30 saniyelik bir deprem kaydı için tek yöndeki analizi 2 günden fazla sürebilmektedir.



Şekil 6.16 Cincioğlu Binası matematik modeline ait bir görüntü

Cincioğlu Binası'na ait oluşturulan modeller sonucunda aşağıdaki gibi bir çevrimsel grafik elde edilmiştir. Yapının depremin en yüksek ivmeye ulaştığı andan itibaren göçmeye doğru ilerlediği ve depremin sonunda da (Sakarya kaydı kullanılmıştır) matematiksel olarak göçtüğü sonucuna varılmıştır. Ancak burada önemli olan husus, bu yapının oldukça yoğun bir Şekilde dolgu duvarı ile dolu olduğu ve esasen gerçek durumda meydana gelen hasar ile bir karşılaştırma yapabilmek için bu duvarların varlığının da dikkate alınması gerektiğidir.



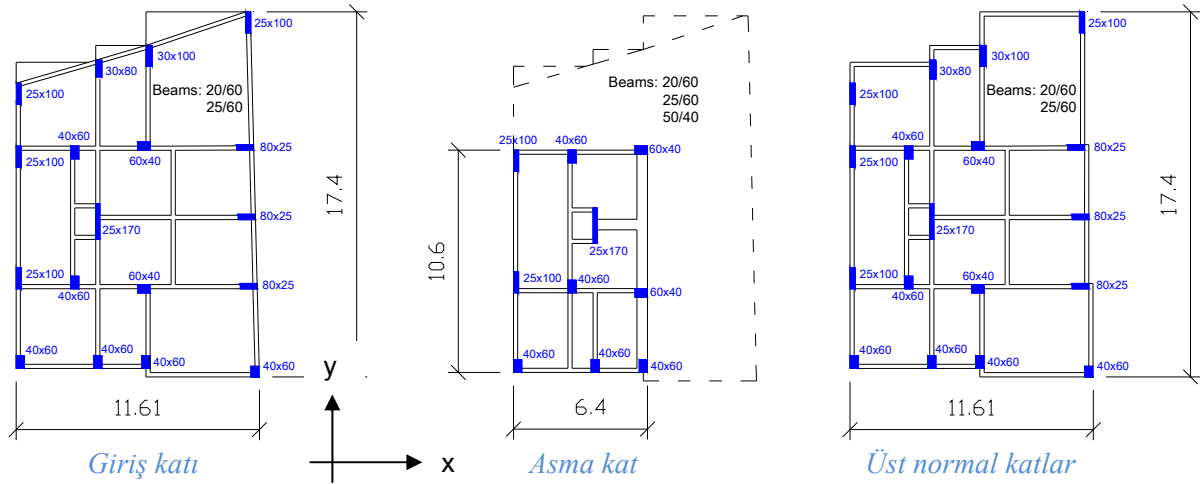
Şekil 6.17 Cincioğlu Binası'na ait yerdeğiştirme – taban kesme kuvveti grafiği (Sakarya kaydı)

Yönetmeliklerde dolgu duvarlarına bağlı bir değerlendirme tavsiye edilmemektedir. Bunun nedeni, dolgu duvarlarının zaten yapıya pozitif bir katkı sunduğu, dolayısı ile ihmal edilmeleri ile güvenli tarafta kalınacağı varsayımdır. Bu varsayım bir çok durumda doğrudur da. Cincioğlu binasını, oldukça karmaşık olması ve çıplak çerçeve modelinin dahi koşabilmek için birkaç güne ihtiyaç duyması nedeni ile, dolgu duvarları ile modellemek ve analiz etmek mümkün olmamıştır. Ancak gerçek depremde bu yapının hasar almadığı düşünülürse, bu rapor kapsamında elde edilen sonuçlarla gerçek durum arasındaki büyük farkın ortaya çıkmasındaki sebeplerden birinin de dolgu duvarlarının varlığı olduğu söylenebilir. Bu konuda, yine bu rapor kapsamında, nispeten daha basit bir yapı üzerinde yapılan analiz ve değerlendirmeler ileride sunulmuştur.

### 6.3.2 Ekşioğlu Binası ve Yönetmelik'teki hedef deplasman tahminine dair düşünceler

Bu bölümde, 1999 Kocaeli Depremi'nin simge binalarından biri olan Ekşioğlu Binası üzerinden, Yönetmelik'te yer alan hedef deplasman tahminine ait birtakım değerlendirmeler yapılarak çeşitli görüşlere yer verilecektir. Ekşioğlu Binası'nın seçilmesindeki amaç, yapının deprem sırasında inşa halinde olmasından dolayı dolgu duvarları bulundurmaması ve dolayısı ile deprem hasar tahminindeki en karmaşık parametrelerden birinin elimine edilmesidir. Ayrıca elde yapının malzeme özelliklerine dair (yapının temelinden alınmış olsa bile) veriler mevcuttur ve depremden sonra çekilen birçok fotoğraf sayesinde de yapıda meydana gelen hasarlar ile yapının kalıcı deplasman seviyesi, yaklaşık olarak da olsa) belirlenebilmektedir.

Ekşioğlu Binası, 5 katlı, ilk katı diğer katlarına oranla daha yüksek ve dükkan katında asma kat bulunduran düzensiz bir yapıdır. 1999Gölcük Depremi sırasında yapının kaba inşaatı tamamlanmış ve dolgu duvarı örülmesi aşamasına geçilmiş idi. Ancak giriş katta bir akstaki ve üst katlardaki bazı yarım duvarlar haricinde binanın dolgu duvarsız olduğu söylenebilir. Binanın planları Şekil 6.18'te, binaya ait fotoğraflar ise Şekil 6.18'te görülebilir. Giriş katın kat yüksekliği 5.75m'dir. Ancak giriş katın bir kısmında, yüksekliği 3.25m olan asma kat mevcuttur. Normal kat yüksekliği ise 2.8m'dir. Yapı Adapazarı'nda bulunmakta idi ancak hali hazırda güvenlik gerekçesi ile yıkılmıştır ve sadece temel betonu yerinde durmaktadır.



Şekil 6.18 .Ekşioğlu Binası Kalıp Planları

Mevcut tasarımlarda sıklaştırma bölgesinde etriye aralığı 9cm olarak gösterilmişse de, depremden sonra hasar alan kolonlarda yapılan incelemelerde bu tasarım detayının göz ardı edildiği görülmektedir. Bu Türkiye'de 1975 Yönetmeliği'ne göre tasarlanıp inşa edilen yapıların çoğunda bu şekildedir.



Şekil 6.19 Ekşioğlu Binası'nın Depremden Sonra Genel Görünüşü

Yapı deprem sonrasında "ağır hasarlı" olarak listelenmiştir. Yapıda hasarlar genel olarak giriş katı ve buna dahil olan asma katta görülmüştür. Çeşitli fotoğraflardan ölçülebildiği kadarı ile, binanın giriş katı üst köşesi (+5.75 kotu), yaklaşık 45cm kadar bir kalıcı deformasyona maruz kalmıştır. Bu değer %8 kadar bir kat arası görelî ötelenemeye denk gelmektedir. Binanın üst katlarının bitmiş ve dolu olması durumunda, bu kadar yüksek bir ötelenme oranı ile, binanın depremde büyük ihtimalle yıkılmış olacağını tahmin etmek güç değildir.

Yapıda gözlenen hasarlar üç kategoride incelenebilir. İlki, sadece eğilme (veya çoğunlukla eğilme) etkisine maruz kalan elamanlarda meydana gelen hasarlardır (bakınız Şekil 6.20, I ve II no'lu hasarlar). İkinci kategoride, eğilme etkisindeki mafsallaşmanın düş cephe düğüm noktalarında meydana geldiği ve düğüm noktası detayının yetersizliğinden kaynaklanan hasarlardır (bkz. Şekil 6.20, IV no'lu hasar). Son hasar tipi ise, kirişlerde açıkça gözükken kesme kuvveti kaynaklı hasarlardır (bkz. Şekil 6.20, II no'lu hasar). Kiriş kesme hasarının kiriş ortasında meydana gelmiş olması, bu bölgede boyuna donatının ve dolayısıyla da kesme kuvveti dayanımının daha az olması olabilir. Yapıda ayrıca local olarak gözlenen döşeme hasarı ve kolon-kiriş birleşim bölgesi hasarları da mevcuttur.

Şekil 6.20'da I ve II no'lu hasarlarda, soldaki kolonun tabanında plastik mafsall oluşumu gözlenirken sağdaki kolonun kolon üst ucunda plastik mafsall görülmüştür. Bunun sebebi, soldaki kolonun üst başına tek kirişe bağlı olması ve bu kolonun momentlerinin üstte tek bir kiriş tarafından karşılanması, buna karşın sağdaki kolonun momentlerinin iki kiriş tarafından karşılanması ve buna bağlı olarak da kolon üst ucunda meydana gelen momentlerin artarak plastikleşmeyi kolon üst başına taşımasıdır. Sağdaki kolonda kolon alt uç momentlerinin kolon üst uç momentlerinden daha az olmasını beklemek yanlış olmaz.



Şekil 6.20 Yapıdan hasar örnekleri

Ekşioğlu Binası'nın matematik modeli Seismostruct (Seismosoft, 2010) programı kullanılarak elde edilmiştir. Kuvvet-tabanlı elemanlar (force-based) kullanılarak oluşturulan modelde itme analizi koşulmuştur. Ancak yapının 1nci modunda X yönü kütle katılım oranı %46'dır ve bu değer Türkiye Deprem Yönetmeliği 2007'nin belirlediği %70 sınırının çok altındadır. y yönünde ise bu yöndeki ilk modda kütle katılımı %50 civarında kalmaktadır. Bu durumda bu yapı üzerinde yapılacak itme analizlerinin birden fazla modu dikkate alması gerekecektir. Bu sebeple bu yapının analizlerinde klasik 1nci mod şekline göre yüklerin dağıtıldığı itme analizi yerine adaptif ve çok modlu DAP yöntemi (Displacement-based Adaptive Pushover, Pinho and Antoniou, 2004) kullanılmıştır. Bu yöntemin üstünlükleri özellikle yük formunun plastikleşme ile değişimini dikkate alabilmesi ve birden fazla modu hesaba katabilmesi şeklinde özetlenebilir.

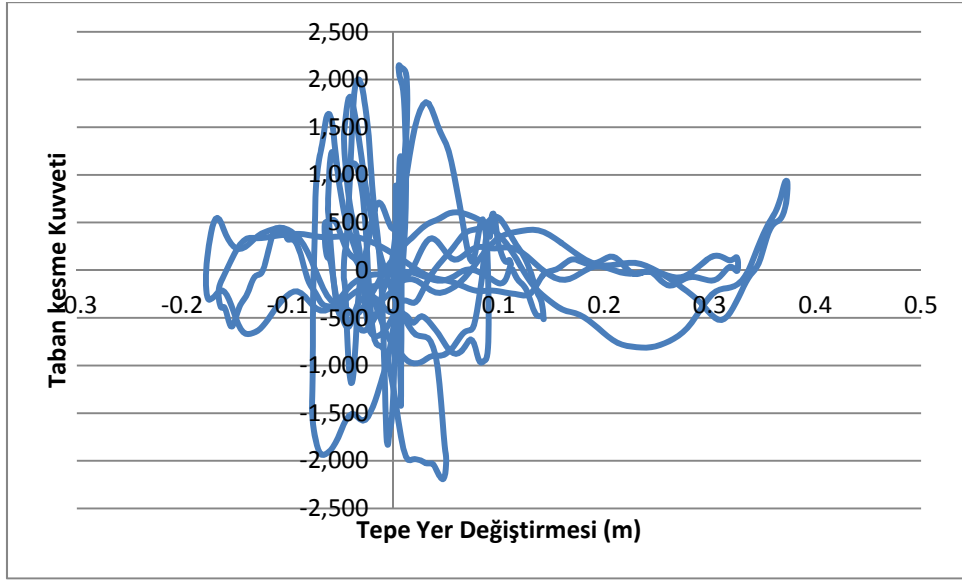
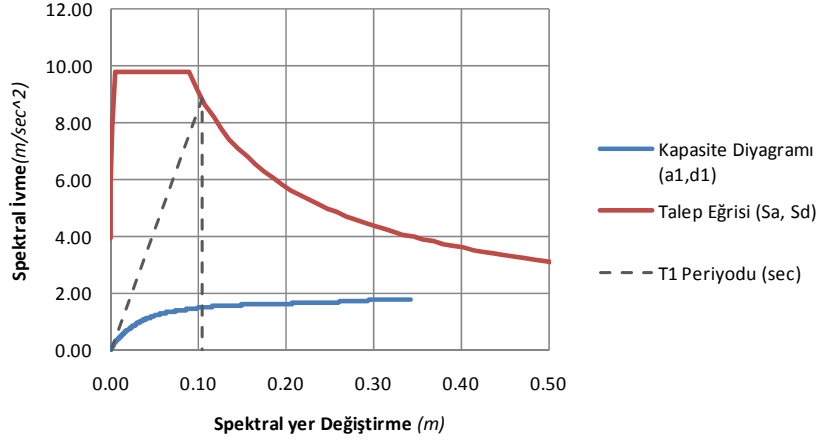
Yapının itme analizini müteakip, hem Türk Deprem Yönetmeliği 2007 (TDY, 2007) ve hem de ATC 55 (ATC, 2005) kapasite spektrumu yöntemlerine göre değerlendirmesi yapılmıştır. ATC 55'de, daha evvel ATC 40'da verilen (ATC, 1996) kapasite spektrumu yönteminin birtakım kusurları (sönüm, periyodun düktilite ile değişimi, spektrum azaltma katsayısı gibi...) giderilerek yöntem yenilenmiştir.

DAP itme analizi binaya x yönünde (bkz. Şekil 1) etkilmiştir. Bunun sebebi, binanın hasar durumunu taklit edebilmek için depremin binayı en çok etkilediği gözlemlenen yönde bir yükleme yaparak bu yöndeki kapasiteyi irdelemektir. İleride yapılacak daha detaylı analizler, örnek binaların 1999 depremlerinde hangi yönde sarsıldığını dikkate alarak gerçekleştirilebilir.

DAP itme analizinden tepe deplasmanı ve taban kesme kuvveti eğrileri elde edilmiştir. Bu eğriler, ordinatları kütle katılım oranları ile ve deplasman değerleri de mod şekli çarpanı ile (bu değerlerin deplasman oranları ve kat kütleleri kullanılarak nasıl hesaplanacağı ilgili yönetmeliklerde verilmiştir) çarpılmaktadır. Böylece klasik tepe deplasmanı – taban kesme kuvveti grafikleri, tek serbestlik dereceli sistemler için üretilen tasarım spektrumları ile karşılaştırılabilecek duruma gelmektedir.

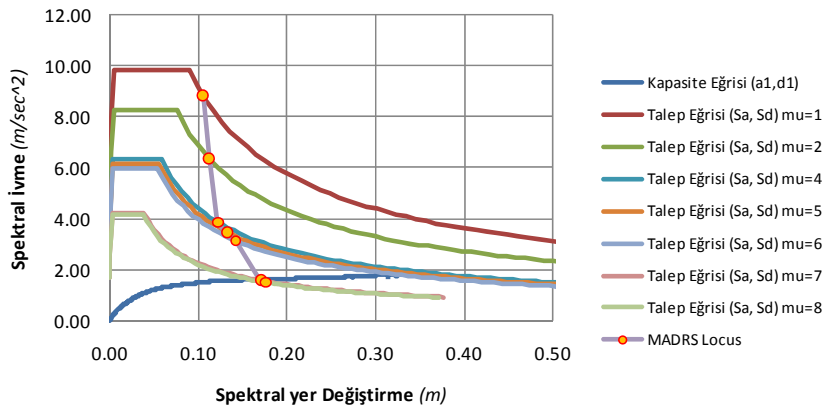
Deprem talebinin değerlendirilmesi için yapılan hesaplamalarda, Türkiye deprem Yönetmeliği 2007'nin 1nci derece deprem bölgesi ve Z3 tipi zemin için verdiği ivme spektrumu kullanılmıştır. Bu spektrum, ADRS (acceleration-displacement response spectrum) formatı denilen, ordinatlarını spektral ivmelerin, x aksını ise spektral yer değiştirmelerin oluşturduğu formata çevrilmiştir. Daha sonra DAP analizlerinden elde edilen ve yukarıda açıklandığı gibi kapasite eğrisi eşdeğer tek serbestlik dereceli sistemin davranışına çevrilen kapasite eğrileri bu spektrumların üzerlerine çizdirilmiştir. TDY 2007'de ve ATC 55'de verilen talep yer değiştirmesinin bulunması ile ilgili yöntemler farklı olduğundan, aynı kapasite eğrisi ve talep spektrumu kullanılmasına rağmen, bu iki farklı yönetmelikten farklı talep deplasman değerleri elde edilmiştir (bkz. Şekil 6.21 ve 6.22). Buna göre, TDY 2007'ye göre 0.13m olarak bulunan tepe deplasmanı talebi, ATC 55'e göre 0.19m olarak bulunmuştur. Ancak yapıya eldeki Sakarya kaydının X yönünde (yapının kalıcı deplasman yaptığı yön) uygulanması durumunda ise en büyük deplasman 40cm civarında çıkmaktadır ki bu da gözlemlenen kalıcı yatay deplasmana oldukça yakındır. Burada mevcut Yönetmelik spektrumu ile ve itme analizi kaynaklı yöntemler ile bulunamayan sonuç, kesinliği tam olarak bilinmeyen tek bir kayıt ile ve ZTAA kullanarak oldukça yakın bir şekilde tahmin edilebilmiştir.

### TDY07'ye Göre Doğrusal Olmayan Deprem Talebi



Şekil 6.21 TDY 2007'ye göre talep yer değiştirmesinin bulunması (üstte) ve Sakarya Kaydı altında yapının tepe yer değiştirmesi – taban kesme kuvveti grafiği

### FEMA440'a Göre Doğrusal Olmayan Talep (MADRS Locus)



Şekil 6.22 ATC 55'ye göre talep yer değiştirmesinin bulunması



Yapıda 1999 Kocaeli Depremi sonrası gözlemlenen yaklaşık 45cm'lik ilk kat deplasmanı (ki sistemin yumuşak-kat mekanizmasından dolayı bu deplasman yaklaşık olarak tepe deplasmanı olarak da kabul edilebilir) ile karşılaştırıldığında, gerek TDY 2007'ye göre bulunan 13cm'lik ve gerekse TC 55'e göre bulunan 18cm'lik tepe deplasmanı değerlerinin gerçekten uzak olduğu görülecektir. Bu yapının tam olarak maruz kaldığı deprem hareketi bilinmemektedir ama bunu bilmek de zaten çok birşey değiştirmez. Burada asıl soru, depremden önce bu binaya gidilip mevcut Yönetmelik şartlarına göre bir risk analizi yapıldığında yapıda beklenen hasarın ne çıkacağıdır.

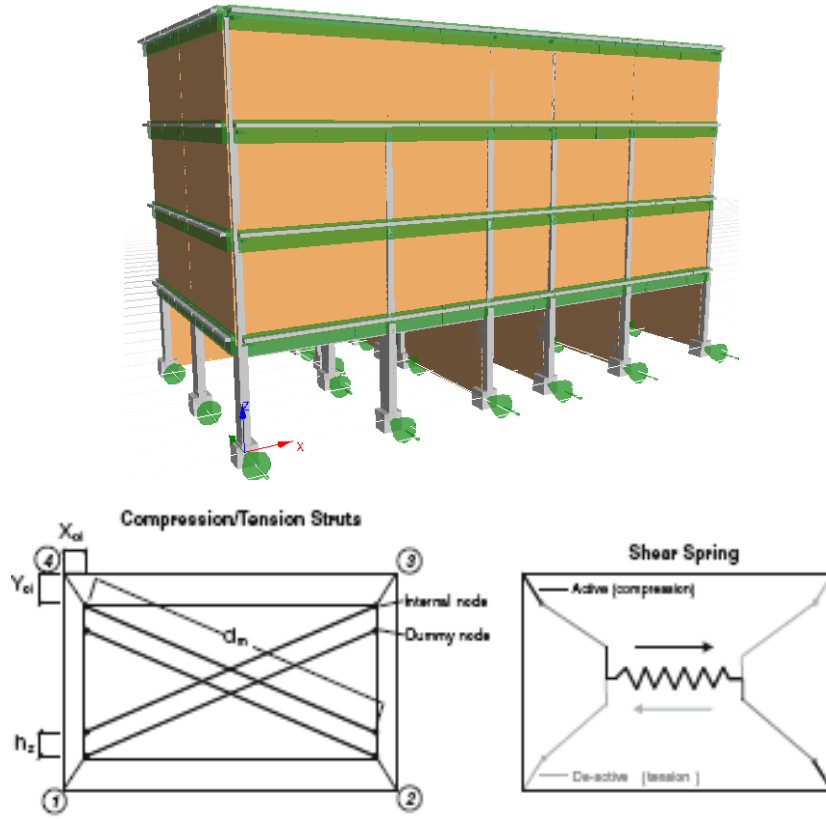
### 6.3.2 Durusoy Binası ve Yönetmelik'te dolgu duvarlarının dikkate alınmasına dair düşünceler

Durusoy Binası Gölcük'te bulunan ve depremi hasarsız atlatan bir yapıdır (Şekil 6.23). Yapım yılı 60'ların ortasına denk gelmektedir. Yapı oldukça düzenlidir ancak giriş katında bulunan dükkanlar nedeni ile dolgu duvarları giriş katında hem azdır ve hem de düzensiz dağılmışlardır (Şekil 6.24).

Yapının tasarımında deprem yüklerinin etkisinin çok az olduğu anlaşılmaktadır. Yapıda kolonlar büyük oranda düşey yük etkisine göre tasarlandığı için giriş kattan üst kata çıkıldığında kolon boyutları hemen küçülmektedir (kesit alanı yaklaşık %30 azalıyor). En üst katta ise kesitler minimuma indirilmektedir (ilk kata oranla kesit alanı %70 civarında azalıyor).

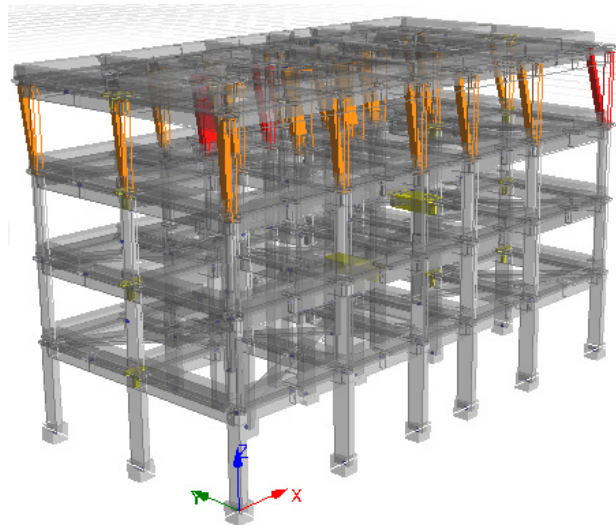


Şekil 6.23 Durusoy Binası'nın genel görünümü



Şekil 6.24 Durusoy Binası dolgu duvarlı durum (solda) ve dolgu duvarı modellemesinde kullanılan yaklaşıma ait çubuk idealleştirmeleri (sağda)

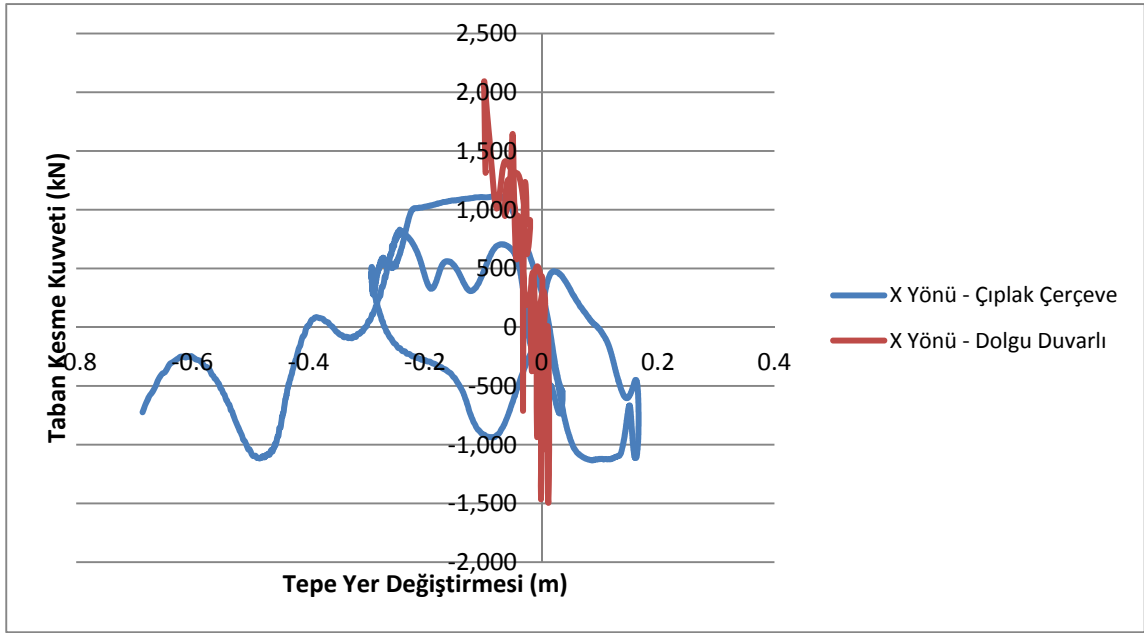
4 katlı bir binada kolon boyutlarının bu denli hızla değişmesi doğal olarak mekanizmayı da etkilemektedir. Bir yönde yapılan 1nci mod itme analizinde mekanizma çok narin kolonların bulunduğu en üst katta meydana gelirken (bkz Şekil 6.25), bir diğer yönde ise giriş katın üstünde mekanizma oluşmaktadır. Ancak beklendiği gibi mekanizmanın giriş katında, yani kat kesme kuvvetlerinin en büyük olduğu katta gerçekleşmemesinin tek açıklaması, kolon boyutlarının aniden azalması ile üst katların talep/kapasite oranlarının yükselmesidir. Bu olay ile başka binalarda da karşılaşılsa da, tabii olduğu yönetmelik ve tasarım esasları açısından olsa gerek, bu durumun en çarpıcı olarak gözlemlendiği bina Durusoy Binası'dır.



Şekil 6.25 Durusoy Binası en üst katında meydana gelen mekanizma

Bu bina üzerinde YPT kaydı (bina akslarına oturacak şekilde döndürülmüştür, yukarıda açıklandığı gibi) kullanılarak yapılan analizlerde karşılaşılan durum Şekil 6.26'da verilmiştir. Buna göre çıplak çerçeve durumunda binanın tepe deplasmanı binayı göçme durumuna götürecektir kadar (yaklaşık 60cm) artmaktadır. Binanın çıplak çerçeve olarak analiz edilmesi durumunda, hem itme ve hem de ZTAA ile bulunacak olan şey, yapının göçmeye ulaştığı ve bu göçmenin de en üst katta meydana geldiğidir. Ancak deprem geçiren bu binada ne hasar gözlenmiştir ve ne de bu hasar en üst kattadır.

Modele bir kez de dolgu duvarları eklenmiştir (Smyrou ve diğerleri, 2010). Eklenen dolgu duvarları, sahada yerinde de gözlemlendiği üzere, dolu harman tuğlasıdır. Bu durumda aynı yapının en büyük yer değiştirmesi 7cm'e kadar düşmekte ve yapıda minimum hasar seviyesi gözlenmektedir. Bunun en büyük sebebi yapıda mekanizmanın en üst kattan giriş katına kayması ve en büyük görece kat ötelenmelerinin giriş katında (bekleneceği gibi) meydana gelmesidir.



Şekil 6.26 Durusoy Binası X Yönü çıplak çerçeve ve dolgu duvarlı çözümler

Elbette Durusoy Binası üzerinden elde edilen bu sonuçların tüm bir Yönetmeliği değiştirecek kadar genel sonuçlar elde etmek için kullanılması imkansızdır. Ancak zaten bu raporun amacı, oldukça yoğun analiz gerektiren ve başlı başına bir çalışma isteyen bu konuda sadece bir parantez açarak konunun tartışılmasını sağlamaktır. Sonuç olarak, dolgu duvarlarının etkileri bazen yapıların davranışı üzerinde beklenenden çok daha fazla etki gösterebilmektedir. Bu durumda Yönetmelik içerisinde bu etkileri de göz önüne alabilecek toptan bir yaklaşım bulunmasında fayda olacaktır.

### 6.3.2 Yapı tanı teknikleri kullanılarak yapılan kalibrasyonun itme analizi ve değerlendirme üzerine etkileri

Bu proje kapsamında yoğun olarak kullanılan yapı tanı teknikleri sayesinde, elastik bölgede (hasar almamış) yapıların modellerinin kalibrasyonu mümkün olmuştur. Aynı kalibrasyon doğrusal olmayan modeller üzerinde de denenmiştir.

Eldeki matematik modelin serbest titreşim deney sonuçları ile kalibre edilebilmesinin iki yolu vardır. Bunlardan biri elemanların başlangıç rijitlikleri ile oynamak (dayanımlarını değiştirmeden), diğeri ise kat kütlelerini değiştirmektir.



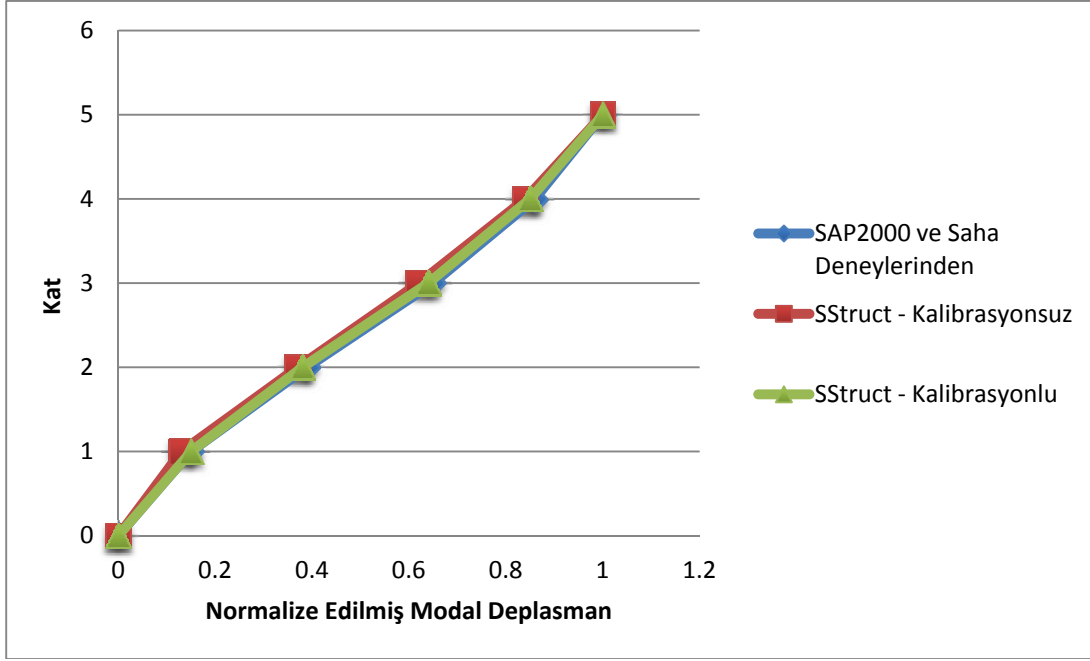
Burada, üzerinde çok daha fazla çalışılması gereken iki konu mevcuttur. Bunlardan biri, yayılı plastisite kullanılarak hazırlanan modellerde, başlangıç rijitliği gibi bir kavram olmamasıdır. Daha doğrusu başlangıç rijitliği diğer yığılı plastisite modellerinde olduğu gibi kullanıcı tarafından girilmez, onun yerine kesitte tarif edilen her bir lifin (fiber) özelliğine ve kesit konfigürasyonuna bağlı olarak program her bir kesitin moment-eğrilik ilişkisini ve dolayısı ile başlangıç rijitliğini her adımda kendi hesaplar. Dolayısı ile, serbest titreşim deneylerinden elde edilen sonuçlar yayılı plastisite kullanılarak kurulan modellerle kalibre edilmek istenirse, başlangıç rijitliği ile oynamak yerine malzeme özellikleri ile oynamak gerekecektir. Bunun kendi içerisinde, programın kullandığı malzeme modelinin özelliklerine bağlı olarak, birtakım sakıncaları mevcuttur.

Bu çalışma kapsamında, diğer komplikasyonları ortadan kaldırmak amacıyla, çıplak çerçeve ve basit bir yapı seçilerek bu tip bir kalibrasyonun ne gibi etkileri olabileceği araştırılmıştır. Bu amaçla, bu projede Hikmet Binası olarak da adlandırılan (Şekil 6.27) ve dolgu duvarsız, hasarsız bina kullanılmıştır.



Şekil 6.27 Kalibrasyon analizlerinde kullanılan Hikmet Binası'nın genel görünüşü

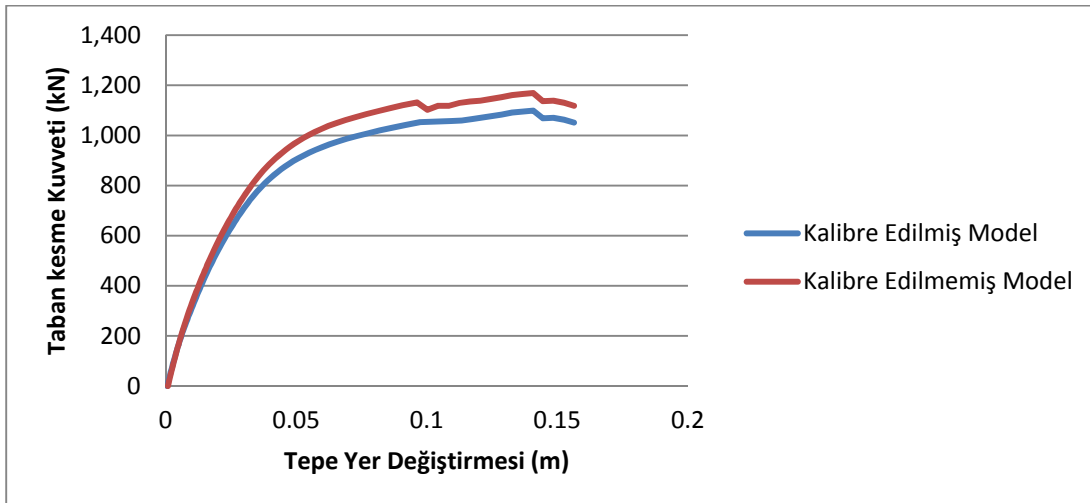
Hikmet binasına ait yapılan SAP2000 analizlerinde ve sahadaki serbest titreşim ölçümlerinde hakim mod X yönünde (yapının kısa aksı boyunca) ve 0.45 saniye civarında çıkmıştır. Seismostruct ile kurulan benzer ve kalibre edilmemiş modelde ise ilk mod 0.51 saniye olarak bulunmuştur. Mod şekilleri ise özellikle orta katlarda %6 oranında sapma göstermektedir (Şekil 6.28). Elbette incelenen yapının düzenli olması sebebiyle bu farklar oldukça azdır.



Şekil 6.28 Binanın hakim moduna ait mod şekillerinin kalibre edilmemiş ve edilmemiş durumları

Saha deney sonuçlarını Seismostruct modeli ile kalibre edebilmek için, modal deplasmanların saha deneylerine nazaran daha az olduğu ilk üç katta beton kalitesi %8 oranında azaltılmış, daha sonra da hakim modlar örtüşene kadar bina kütlesi ile, tüm katlarda homojen olarak oynanmıştır. Bu yaklaşım daha sonraki çalışmalarda daha iyi hale getirilebilir, ancak bir ilk yaklaşım olarak, en azından burada incelenen bina için, işe yaramıştır.

Şekil 6.29'da verilen analiz sonuçları incelendiğinde, kalibre edilmiş ve edilmemiş modellere ait itme analizi grafiklerinde iki grafik arasında %4.5 dayanım farkı oluşmuştur. Yönetmelik şartları gereğince yapılacak bir değerlendirme çalışmasında bu farkın genel değerlendirme sonucu üzerinde yaratacağı değişim sınırlı kalabilir. Ancak oldukça düzenli, hasarsız, dolgu duvarı v.s. gibi belirsizlikleri olmayan küçük bir binada bu kabul edilebilir bir fark olabileceken, daha karmaşık binalarda bu fark artacağı gibi, binanın önem durumuna göre bu aradaki farkın önemi de artabilir. Burada verilen bu küçük araştırma ilerde yazarlar tarafından, bu çalışmada kullanılan diğer tüm örnek binalar kullanılarak, daha da geliştirilecektir.



Şekil 6.29 Hikmet Binası'nın serbest titreşim deney sonuçları ile kalibre edilmiş ve edilmemiş modellerinden elde edilen itme analizi sonuçları (yapının kısa aksı boyunca)

## 7 Tartışma ve Öneriler

Kısa kolon oluşumunda bir binanın kolonlarına çok ciddi hasar verebilen dolgu (tuğla, briket, Ytong) zayıf veya kuvvetli olduklarına bakılmaksızın mevcut bina değerlendirilmesinde muhakkak göz önüne alınmalıdır. Taşıyıcı sistemi, 1960lı yıllarda yürürlükte olan deprem yönetmeliklerine göre tasarlanan Hisar ve Durusoy binalarında dolgu duvarlar modellenmeden analizlerde göçme performansları hesaplanmıştır. Sonlu eleman modelleri güncellenen bu binalarda hesaplanan performanslar 17 Ağustos 1999 Marmara depreminde gösterdiği performanslarla örtüşmüştür.

Türkiye Deprem Şartnamesi 2007'nin 7nci Bölümü'nde binalardan bilgi toplanması ile ilgili yönetmelik maddelerinde verilen koşullar muhakkak binaların sonlu eleman modellerinin kalibre edilmesi şartı getirilmelidir. Binanın durumu ile ilgili kapsayıcı global verilere ancak bu yolla ulaşmak mümkündür. Binadan, beton karot ve çelik numunelerinin alınması, çatlama kesit rijitliği lokal bilgiler vermekte olup yetersizdir.

2007 deprem şartnamesine göre tasarlanan binaların, Şartnamenin 7nci bölümüne göre değerlendirilmesinin yapılması durumunda tutarlı sonuçların elde edilmesi mümkündür. Ancak 1961 veya 1968 veya 1975 deprem yönetmeliklerine göre inşa edilmiş yapılarda TDY 2007 Bölüm 7'den tutarlı veya örtüşen sonuçların çıkması beklenmemelidir.

Özellikle Ekşioğlu Binası üzerinden yapılan değerlendirmelerde, tüm belirsizlikler ve bilinmezlere rağmen, Sakarya kaydı ile yapılan ZTAH, yapıda gözlenen kalıcı yer değiştirmeye (bu yer değiştirme değeri yapının 1999 Marmara Depremi'nde maruz kaldığı en büyük yer değiştirme olarak kabul edilmiştir) oldukça yaklaşmasına rağmen, gerek DBYBHY'07 ve gerekse FEMA 440 yöntemleri ve itme analizleri sonucunda bulunan yer değiştirme istemleri ve hedef deplasman gerçekten oldukça büyük oranda sapmaktadır. Dolayısı ile, en azından gerçek depremlerin sonuçlarını kalibre etmek veya test etmek için, itme analizleri kullanışlı yöntemler değildir. Bu tip bir genelleme sadece tek bir bina üzerinden yapılamazsa da, literatürde bu konuda mevcut bulunan sayısız yayın da dikkate alınmalıdır.

Türkiye'de bulunan yapılarda oldukça yaygın olarak kullanılan dolgu duvarları, modellenmesi ve doğru olarak matematik modelde ve analizlerde temsili zor olduğu için ihmal edilmektedirler. Yönetmelikler de bu yöndedir. Bu şekilde dolgu duvarlarının ihmal edilmesi esasen bu duvarların zaten yapıya pozitif yönde katkı yaptığı ve dolayısı ile ihmal edilmelerinin sadece güvenli tarafta kalan bir sonuç doğuracağı kabulüne dayanmaktadır. Ancak bu proje kapsamında yapılan örnek analizlerde, dolgu duvarının, özellikle ağırlıklı olarak düşey yük altında tasarımı yapılan ve kolon boyutları üst katlara çıktıkça azalan yapılarda, çok büyük bir etkisinin olabileceğini göstermiştir. Öncelikle dolgu duvarlarının varlığı veya yokluğu, bulunan performans seviyesini ciddi biçimde etkilemekte, ayrıca analiz sonucunda bulunan mekanizmayı ve mafsalların oluşum yerlerini de tamamen değiştirmektedir. Her tür binada olmasa bile, belirli şartlar altında (örneğin ilk katta dolgu duvarı bulunmaması veya çok az olması, ilk katın yüksek olması v.s. gibi durumlar) dolgu duvarlarının basit te olsa modelde dikkate alınması Yönetmelik'te tavsiye edilebilir. Mevcut Yönetmelik'in güçlendirme kısmında zaten FRP ile güçlendirilmiş dolgu duvarlarının, ki normal dolgu duvarlarına nazaran daha karmaşık bir sistemdir, modele eklenmesi yönünde tavsiye ve yönlendirmeler vardır.

Bu proje kapsamındaki en önemli bileşenlerden biri yapı tanı tekniklerinin kullanılmasıdır. Bunun bir sonraki adımı yapı tanı tekniklerinden elde edilen sonuçların bilgisayar modellerine yansıtılması yolu ile bu modellerin kalibre edilmesi ve elde edilen sonuçların daha da rafine hale getirilmesidir. Bu konuda elastik modeller üzerinde kalibrasyon çalışmaları yapılmış ve raporun ilgili yerlerinde detaylı olarak açıklanmıştır. Bunlara ilave olarak çok basit, 5 katlı, düzenli, hasarsız ve dolgu duvarları olmayan bir yapı üzerinde yapılan serbest titreşim deneylerinin sonuçları da doğrusal olmayan model ile kalibre edilmiştir. Bu çalışmayla kalibre edilen ve edilmeyen modeller arasındaki farklar konusunda bir fikir sahibi olunmuştur. Bu raporun 6ncı Bölüm'ünde açıklanan ve bu denemeyi yaparken izlenen yol en doğru sonuç veren yol olmamakla birlikte, bu konuya bir girizgah oluşturması ve yazarların bundan sonra yapacağı çalışmalara ışık tutması noktasında yine de önemlidir. Elde edilen sonuçlar, böylesine düzenli ve bilinmezlerin minimize edildiği bir yapıda, kalibre edilmiş ve edilmemiş modeller

arasında dayanım açısında %4 ila %5'lik bir farka işaret etmektedir. Bu fark aslında küçük olmakla birlikte, yapının büyümesi ve karmaşıklaşması durumunda bu farkın çok daha artması beklenmektedir. Ayrıca kimi yapılarda, önem derecesine göre, bu denli bir fark bile önem arz edebilir. Serbest titreşim deneylerinin artık kolaylıkla yapılabilen, pahalı olmayan ve rahat erişilebilen deneyler oldukları düşünüldüğünde, Yönetmelik'te önem katsayısı belirli değerin üzerindeki yapıların değerlendirmesinde serbest titreşim deneyleri önerilebilir ve bu deneyler yapıldığında, kullanılan malzeme dayanım azaltma katsayıları artırılabilir veya bilgi düzeyi seviyesi bir üst düzeye çıkarılabilir.

## 8. Yararlanılan Kaynaklar

ANTONIOU S. and Pinho R. Development and verification of a displacement-based adaptive pushover procedure. *Journal of Earthquake Engineering*, 8(5):643-661(2004).

ASCE, ASCE 31-03: Seismic Evaluation of Existing Buildings, American Society of Civil Engineers, Reston, Virginia, (2003).

ASTM (American Society of Testing Materials), Standard Test Methods for the Determination of the Modulus and Damping Properties of Soils Using the Cyclic Triaxial Apparatus, D3999 – 91, ASTM International, West Conshohocken, PA, (2003). Pp: 13.

ASTM (American Society of Testing Materials), Standard Practice for Thin-Walled Tube Sampling of Soils for Geotechnical Purposes, D1587 – 08, ASTM International, West Conshohocken, PA, (2008).

ASTM (American Society of Testing Materials), Standard Test Method for Consolidated Undrained Direct Simple Shear Testing of Cohesive Soils, D6528 – 07, ASTM International, West Conshohocken, PA, (2007).

ATC-40, Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings, Vol. 1, Applied Technology Council, Redwood City, CA, (1996).

AYDINOĞLU, M.N., An Incremental Response Spectrum Analysis Procedure Based on Inelastic Spectral Deformation for Multi-Mode Seismic Evaluation, *Bulletin of Earthquake Engineering*, Vol. 1, No. 1, (2003). Pp. 3-36.

BAKIR, B.S., Sucuoğlu H., Yılmaz T., An overview of local site effects and the associated building damage in Adapazarı during the 17 August 1999 İzmit earthquake, *Bulletin of Seismological Society of America*, 92, 509-26, (2002).

BEYEN, K., Erdik M., Two-Dimensional Nonlinear Site Response Analysis of Adapazarı Plain and Predictions Inferred From Aftershocks of The Kocaeli Earthquake of 17 August 1999, *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 24, 261-79, (2004).

BRAY, J.D., Önalp A., Durgunoğlu H.T., Stewart J., Ground Failure and Building Performance in Adapazarı, Turkey, <http://peer.berkeley.edu/publications/turkey/adapazari/> (son ulaşım: 20.09.2011).

BRAY, J.D., Sancio R.B., Durgunoglu H.T., Onalp A., Seed R.B., Stewart J.P., Youd T.L., Baturay M.B., Cetin K.O., Christensen C., Karadayilar T., Emrem C., Ground failure in Adapazarı, 15<sup>th</sup> Int. Conference on Soil Mechanics & Geotechnical Engineering, İstanbul, (2001).

BRAY, J.D., Sancio R.B., Riemer M.F., Durgunoglu T., Liquefaction Susceptibility of Fine-Grained Soils, 11<sup>th</sup> Int. Conference on Soil Dynamics and Earthquake Engineering and 3<sup>rd</sup> Int. Conference on Earthquake Geotechnical Engineering, Berkeley-CA, (2004). Pp:655–62.

BSSC (Building Seismic Safety Council), NEHRP – National Earthquake Hazards Reduction Program- Recommended Seismic Provisions for New Buildings and Other Structures (FEMA P-750), 2009 Edition, National Institute of Building Sciences, Washington, D.C, (2009).

CALABRESE, A. (2009). Numerical Issues in Distributed Inelasticity Modelling of RC Frame Elements for Seismic Analysis, MSc Thesis, Rose School, IUSS, Pavia.

DOEBLING, S. W., et al., Damage Identification and Health Monitoring of Structural and Mechanical Systems From Changes in their Vibration Characteristics: A literature Review, Los Alamos National Laboratory report LA-13070-MS, (1996).

DOEBLING, S. W., Farrar, C. R., and Prime, M. B., A Summary Review of Vibration-Based Damage Identification Methods, *The Shock and Vibration Digest*, Vol. 30, No. 2, 199. Pp. 91-105.

DSİ (T.C. Devlet Su İşleri Müdürlüğü), Adapazarı Teverler Binası Sondaj Logu, hazırlayan: Bol E., (2001).

FEMA 154, Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards: A Handbook. 2nd Ed., Federal Emergency Management Agency, Washington, D.C., (2002).

FEMA 273, NEHRP Guidelines for The Seismic Rehabilitation of Buildings. Federal Emergency Management Agency, Washington, D.C., (1997).

FEMA 310, Handbook for the Seismic Evaluation of Buildings – A Prestandard, Prepared by The American Society of Civil Engineers for The Federal Emergency Management Agency, Washington, D.C., (1998).

FEMA 356, Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings, FEMA, Washington, DC. USA, (2000).

GÜLAY, G., BAL, İ. E., TEZCAN, S. S., ve SEVİNÇ S., Binaların Deprem Güvenliği Konusunda Geliştirilen P25 Puanlama Yönteminin Kalibrasyonu ve Pilot Bölge Uygulaması, TÜBİTAK Proje No. 106M278, İstanbul, (2008).

HAWK, H. and E.P. Small, The BRIDGIT Bridge Management System, *Structural Engineering International*, 8(4), (1998). Pp. 309-314. (Pubitemid 128493653)

ISHIBASHI, I., Zhang X., Unified Dynamic Shear Moduli and Damping Ratios of Sand and Clay, *Soils and Foundations*, 33(1), 182-91, (1993).

ISHIHARA, K., *Soil Behavior in Earthquake Geotechnics*, Claredon Press, Oxford, (1996). Pp: 68.

JIMIN, H., Structural Modification, *Phil. Trans. R. Soc. Lond. A* 2001 359, 187-204, doi:10.1098/rsta.2000.0720

JOYNER, W.B., Boore D.M., Measurement, Characterization, and Prediction of Strong Ground Motion. Proceedings of Earthquake Engineering and Structural Dynamics II, GT Dvi/ASCE, Park City, Utah, (1988).

KRAMER, S.L., *Geotechnical Earthquake Engineering*, Prentice-Hall Civil Engineering and Engineering Mechanics Series, Upper Saddle River, New Jersey, (1996).

KUDO, K., Kanno T., Okada H., Özel O., Erdik M., Sasatani T., Sadanori H., Takahashi M., Yoshida K., Site-Specific Issues for Strong Ground Motion During The Kocaeli, Turkey, Earthquake of 17 August 1999, as Inferred from Array Observations of Microtremors and Aftershocks, *Bulletin of The Seismological Society of America*, 92, 448-46, (2002).

KURTULUS, A., Stokoe K.H., In Situ Measurement of Nonlinear Shear Modulus of Silty Soil, *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 134(10), 1531-40, (2008).

KUTANIS, M., Statik İtme Analizi Yöntemlerinin Performanslarının Değerlendirilmesi, Yapısal Onarım ve Güçlendirme Sempozyumu, Pamukkale Üniversitesi, Denizli, (7-8 Aralık 2006).

LAMBE, T.W., Whitman R.V., *Soil Mechanics*, John Wiley, New York, (1969).

LJUNG, L., *System Identification – Theory for The User*, 2nd Ed., Prentice Hall, Upper Saddle River, N.J., (1999).

LUNNE, T., Berre T., Anderson K.H., Strandvik S., Sjurset M., Effects Of Sample Disturbance and Consolidation Procedures on Measured Shear Strength of Soft Marine Norwegian Clays, *Canadian Geotechnical Journal*, 43, 726-50, (2006).

MAIA, M. M., J. M. M. Silva N., *Modal Analysis Identification Techniques*, *Phil. Trans. R. Soc. Lond. A.*, 2001 359, 29-40, doi:10.1098/rsta.2000.0712

PROBİNA Orion, PROTA YAZILIM Bilişim ve Mühendislik, Ankara, (2010).

SANDIKKAYA, M.A., *Türk Ulusal Kuvvetli Yer Hareketi Kayıt İstasyonlarının Zemin Sınıflandırması*,

(Yüksek Lisans Tezi), Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, (2008).

SAP2000, Structural Analysis Program: Computers and Structures Inc. Integrated FiniteElement Analysis and Design of Structures, (CSI) Berkeley, California,. (2007).

SCHNABEL, P.B., Lysmer J., Seed H.B., SHAKE: A., Computer Program for Earthquake Response Analysis of Horizontally Layered Sites, No. EERC 72-12, Earthquake Engineering Research Center, University of California, Berkeley, California, (1972).

SEAOC, (1995). Vision 2000 - Performance Based Seismic Engineering of Buildings, Structural Engineers Association of California, Sacramento, California, USA

SEISMOSTRUCT, Fiber-based FE Software, Seismosoft Inc., Available from URL: www.seismosoft.com, (2007).

SMYROU, E., Blandon, C., Antoniou, S., Pinho, R., and Crisafulli, F. "Implementation and verification of a masonry panel model for nonlinear dynamic analysis of infilled RC frames", Bulletin of Earthquake Engineering, 9(5), 1519-1534.

T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Esaslar, Bölüm 7. Mevcut Binaların Değerlendirilmesi ve Güçlendirilmesi, Ankara, (2007).

VUCETIC, M., Dobry R., Effect of Soil Plasticity on Cyclic Response, *Journal of Geotechnical Engineering*, ASCE, 117(1), 89-107, (1991).

YAMADA, S., Hyodo M., Orense R.P., Dinesh S.V. Hyodo T., Strain-Dependent Dynamic Properties of Remolded Sand-Clay Mixtures, *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, ASCE, 134(7), 972-81, (2008).

YENİER, E., Sandıkkaya M.A., Akkar S., Report on The Fundamental Features of The Extended Strong Motion Databank Prepared for The Share Project. Share Report, (2010).

YILMAZ, M.T., Pekcan O., Bakır B.S., Undrained Cyclic Shear and Deformation Behavior of Silt-Clay Mixtures of Adapazarı, Turkey, *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 24, 497-507, (2004).

ZEHTAB, K.H., *Adapazarı Zeminlerinin Dinamik Özelliklerinin Devirli Direkt Basit Kesme Deneyi ile Değerlendirilmesi*, (Yüksek Lisans Tezi), Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, (2010).

## 9. Ekler

**Ek-1:** Geoteknik Çalışmalar: Adapazarı'nda açılan kuyunun logu

**Ek-2:** Yapı Tanılama Sonuçları

**Ek-3:** Bina Performanslarının Doğrusal Elastik Hesap Yöntemi ve Doğrusal Elastik Olmayan Hesap Yöntemleri ile Belirlenmesi

**EK – 1**

**PROJE NO : 108M303**

**Geoteknik Çalışmalar:**

**Adapazarı'nda açılan kuyunun logu**

EYLÜL 2011  
SAKARYA



**Project Name:** Development of performance based design and evaluation methods by comparison with observed earthquake performance of the structures in Turkey, 108M303 TUBITAK.

**Yer:** Papuccular Mah. Yeni Cami District, Adapazari

**Tarih:** 30 Ekim-21 Kasım, 2009

Sponsored by:  
**TUBITAK**

**Raporu düzenleyen:** Kaveh H. Zehtab

**Operator:** Geoteknik

**Sondaj Yöntemi:** Rotary wash and Core Boring

**Yer altı suyu seviyesi:** 6 m

**SPT Düzenegi:** Rope, pulley and cathead method. AWJ rods.

**Çekiç Tipi:** Donut

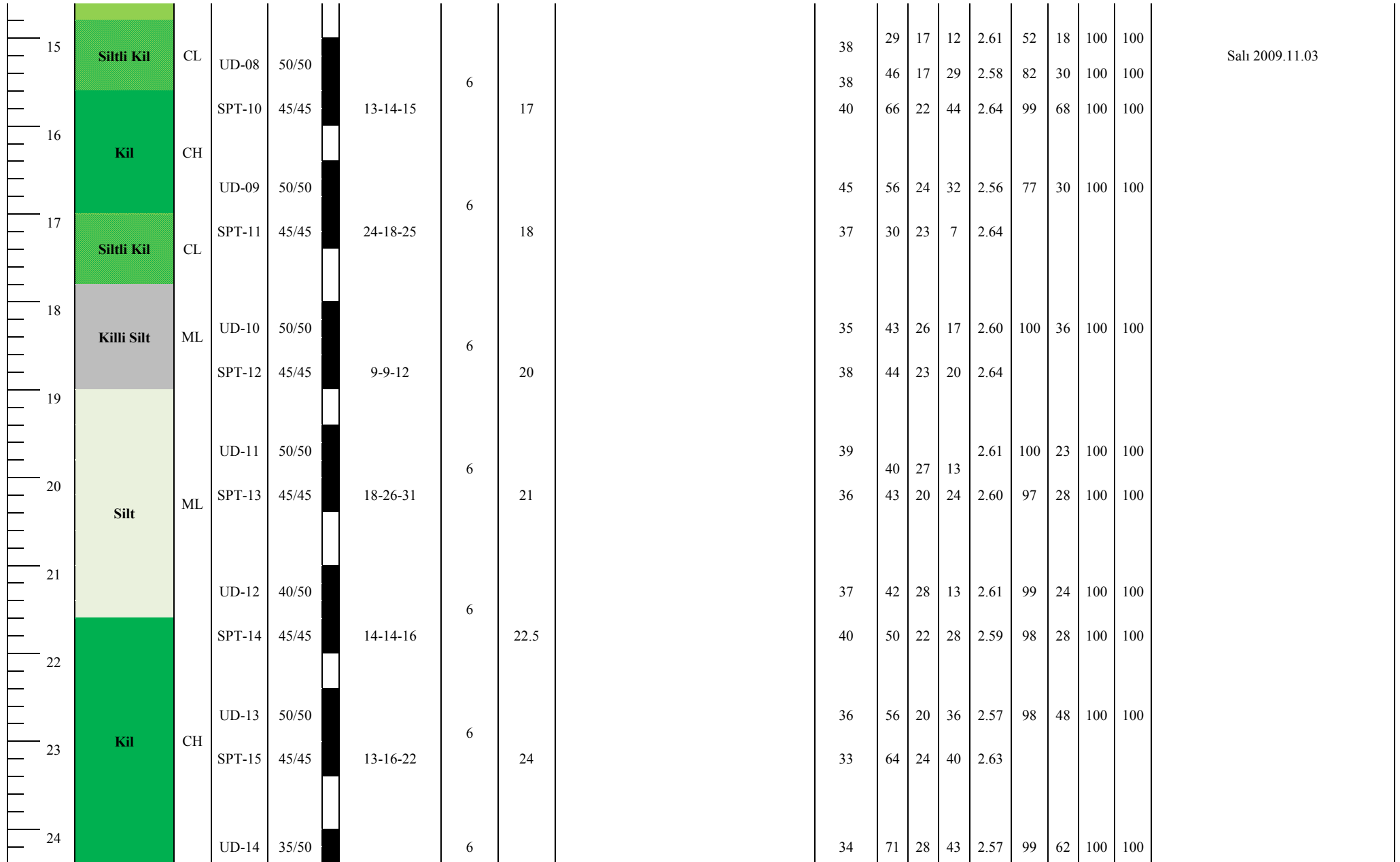
**UD numune alıcısı:** Shelby Tüpü

**Örselenmiş Numune Kazanımı:** Karotiyer; SPT

Derinlik (m)	Litoloji	USGS	Numune tipi ve No.	Numune (cm)/ Maks. (cm)	SPT Darbe/ 15 cm	Muhafaza Derinliği (m)	Mil Uzunluğu (m)	Tanım	su muhtevası (%)	LL	PL	PI	Gs	% ince <75	< 2 mm (%)	D50 (mm)	D10 (mm)	Açıklama		
0	Dolgu																	Pazar 2009.10.31		
1																				
2	Siltli Kum	SM	UD-01	50/50		1.5		gevşek ila orta sıkı kum	31			NP	2.66	33	11	100	100	Pazar 2009.11.01 50 Bar tüpü ittiremedi, numune elle alındı		
	Kumlu Silt	ML	SPT-01	45/45	4-5-7	4			35			NP	2.64	72	13	100	100			
3			UD-02	50/50		1.5				35			NP	2.63	65	8	100		100	
			SPT-02	0/45	10-11-12	1.5	5													
4			Siltli Kum	SM	UD-03 SPT-03	0/50 40/45	16-36-50/12cm	3	5.5	çok sıkı kum	16			NP	2.68	9	4		100	100



EK -1



Salı 2009.11.03

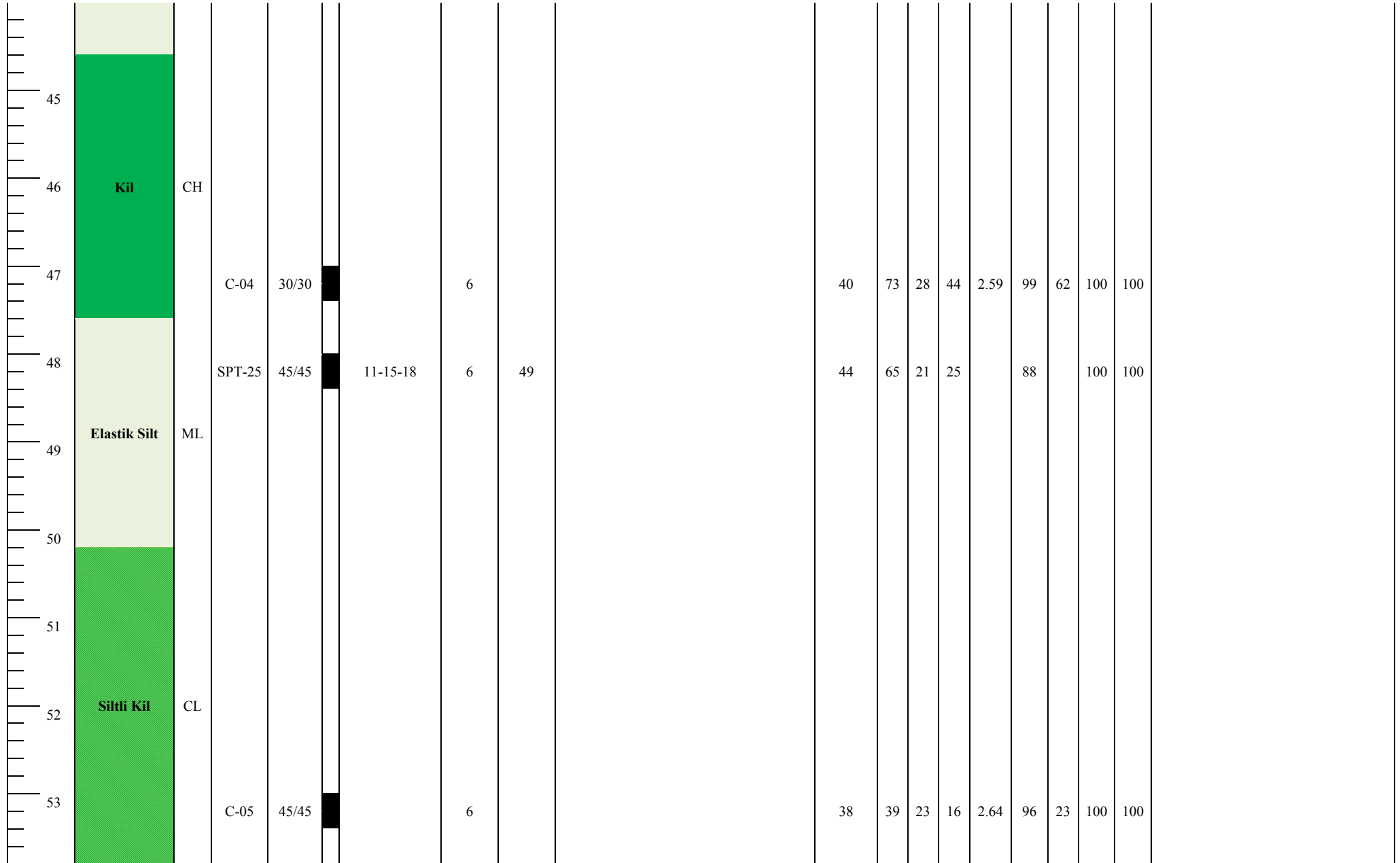
EK -1

25		SPT-16	45/45	9-11-15	25.5	çok sert kil	39	70	27	43	2.62						
		UD-15	50/50		6		35	60	23	37	2.58	100	47	100	100		
26		SPT-17	45/45	19-28-39	27	sert silt	35	33	28	5	2.64	95	17	100	100		
	Silt	ML					28			NP	2.59	76	16	100	100		
27		UD-16	29/50		6		37			NP	2.59	80	13	100	100		
		SPT-18	45/45	21-23-22	29		34			NP	2.65						
28																	
	Siltli Kil	CL	UD-17	30/50	6		31	44	27	18	2.56	93	24	100	100		
29		ML	SPT-19	45/45	30		27			NP	2.63	79	14	100	100		
	Silt	ML		21-35-26													
30		ML	UD-18	15/50	6		35			NP	2.65	76	12	100	100		
	Kumlu Silt	ML															
31		SPT-20	45/45	13-14-17	31.5		37	31	28	3		90		100	100		
32		ML	SPT-21	45/45	33		32	29	24	5		65		100	100		
	Silt	ML		25-19-19													
33		CH	UD-19	36/50	6		41	73	32	41	2.49	99		100	100		
	Kil	CH															
34																	

Çarşamba 2009.11.04



EK -1



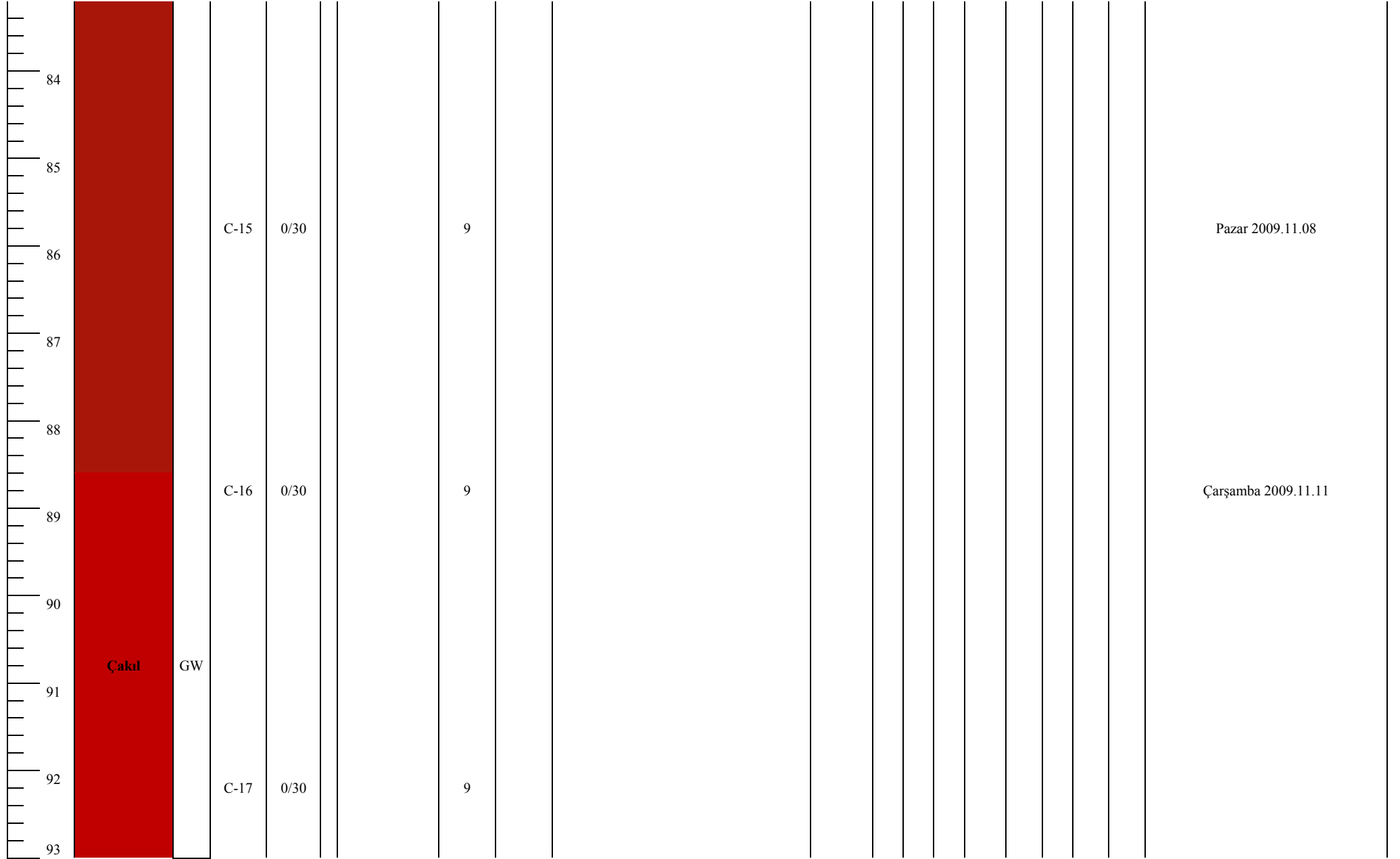








EK -1









**EK – 2**

**PROJE NO : 108M303**

**Yapı Tanılama Sonuçları**

EYLÜL 2011  
SAKARYA

# İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER	2
ŞEKİLLER LİSTESİ	5
TABLolar LİSTESİ	8
1 Altınışik Sitesi A Blok (Altınışik_adap_amb_20101027)	11
1.1 Bina Cihaz Yerleşim ve Yönelim Bilgisi	11
1.2 Yapı Tanılama Sonuçları	12
1.3 Sonlu Eleman Model Güncellenmesi	16
1.4 Modal Analiz Sonuçları	17
1.5 Sonuç	18
2 Aydın Bak Sitesi Blok 1 (Aydinbak_blok_1_amb_20101110)	19
2.1 Bina Cihaz Yerleşim ve Yönelim Bilgisi	19
2.2 Yapı Tanılama Çalışması Sonuçları	20
2.3 Sonlu Eleman Model Güncellenmesi	24
2.4 Modal Analiz Sonuçları	25
2.5 Sonuç	26
3 Aydın Bak Sitesi Blok 2 (Aydinbak_blok_2_amb_20100917)	27
3.1 Bina Cihaz Yerleşim ve Yönelim Bilgisi	27
3.2 Yapı Tanılama Sonuçları	28
3.3 Sonlu Eleman Model Güncellenmesi	32
3.4 Modal Analiz Sonuçları	33
3.5 Sonuç	34
4 Cincioğlu Binası (Cincioglu_adap_amb_20101027)	35
4.1 Bina Cihaz Yerleşim ve Yönelim Bilgisi	35
4.2 Yapı Tanılama Sonuçları	36
4.3 Sonlu Eleman Model Güncellenmesi	40
4.4 Modal Analiz Sonuçları	41
4.5 Sonuç	42
5 Dayal İnşaat A Blok (dayalins_amb_20100624)	43
5.1 Bina Cihaz Yerleşim ve Yönelim Bilgisi	43
5.2 Yapı Tanılama Sonuçları	44
5.3 Sonlu Eleman Model Güncellenmesi	48
5.4 Modal Analiz Sonuçları	49
5.5 Sonuç	50
6 Dayal İnşaat A Blok (dayalins_amb_2010721)	51
6.1 Bina Cihaz Yerleşim ve Yönelim Bilgisi	51
6.2 Yapı Tanılama Sonuçları	52
6.3 Sonlu Eleman Model Güncellenmesi	58
6.4 Modal Analiz Sonuçları	59
6.5 Sonuç	60

7 Durusoy Apartmanı (durusoy_amb_20101103)	61
7.1 Bina Cihaz Yerleşim ve Yönelim Bilgisi	61
7.2 Yapı Tanılama Sonuçları	62
7.3 Sonlu Eleman Model Güncellenmesi	66
7.4 Modal Analiz Sonuçları	67
7.5 Sonuç	67
8 Hisar Apartmanı A Blok (hisarapt_amb_20101103)	68
8.1 Bina Cihaz Yerleşim ve Yönelim Bilgisi	68
8.2 Yapı Tanılama Sonuçları	69
8.3 Sonlu Eleman Model Güncellenmesi	73
8.4 Modal Analiz Sonuçları	74
8.5 Sonuç	75
9 Hikmet Şahin Apartmanı (hsahin_amb_20101103)	76
9.1 Bina Cihaz Yerleşim ve Yönelim Bilgisi	76
9.2 Yapı Tanılama Sonuçları	77
9.3 Sonlu Eleman Model Güncellenmesi	81
9.4 Modal Analiz Sonuçları	82
9.5 Sonuç	83
10 Karadere Apartmanı (karadere_adap_amb_20101027)	84
10.1 Bina Cihaz Yerleşim ve Yönelim Bilgisi	84
10.2 Yapı Tanılama Sonuçları	85
10.4 Sonlu Eleman Model Güncellenmesi	89
10.4 Modal Analiz Sonuçları	90
10.5 Sonuç	91
11 Ahmet Levent Sitesi A Blok (karamursel_a_ambient_20100505)	92
11.1 Bina Cihaz Yerleşim ve Yönelim Bilgisi	92
11.2 Yapı Tanılama Sonuçları	93
11.3 Sonlu Eleman Model Güncellenmesi	99
11.4 Modal Analiz Sonuçları	100
11.5 Sonuç	101
12 Ahmet Levent Sitesi B Blok (karamursel_b_ambient_20101110)	102
12.1 Bina Cihaz Yerleşim ve Yönelim Bilgisi	102
12.2 Yapı Tanılama Sonuçları	104
12.3 Sonlu Eleman Model Güncellenmesi	107
12.4 Modal Analiz Sonuçları	108
12.5 Sonuç	108
13 Kardeşler Apartmanı B Blok (kardes_adap_amb_20101109)	109
13.1 Bina Cihaz Yerleşim ve Yönelim Bilgisi	109
13.2 Yapı Tanılama Sonuçları	110
13.3 Sonlu Eleman Model Güncellenmesi	114
13.4 Modal Analiz Sonuçları	115



13.5 Sonuç	116
14. SSK Hizmet Binası (SakaryaSSK_amb_20100623)	117
14.1 Bina Cihaz Yerleşim ve Yönelim Bilgisi	117
14.2 Yapı Tanılama Sonuçları	118
14.3 Sonlu Eleman Model Güncellenmesi	122
14.4 Modal Analiz Sonuçları	123
14.5 Sonuç	124
15 Yan Sokak Binası (Yansokak_adap_amb_20101027)	125
15.1 Bina Cihaz Yerleşim ve Yönelim Bilgisi	125
15.2 Yapı Tanılama Sonuçları	126
15.3 Sonlu Eleman Model Güncellenmesi	130
15.4 Modal Analiz Sonuçları	131
15.5 Sonuç	132

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1 Cihaz konumlarının ve yönelimlerinin planda görünüşü.....	11
Şekil 1.2 Üç boyutlu sonlu eleman yapı modeli üzerinde kurulan ağ.....	12
Şekil 1.2.1 Altınışık Binası çevrel titreşimlerin neden olduğu 3 bileşende izlenen yapısal titreşimler .....	13
Şekil 1.2.2 Yapısal davranışın x ve y yönündeki frekans muhteviyatı.....	13
Şekil 1.2.3 Yapısal sistemde meydana gelen girdi ve yapısal tepki çıktıları arasındaki ilişkileri veren transfer fonksiyonları, üstte x yönü için altta y yönü için verilmiştir .....	14
Şekil 1.2.4 x ve y bileşenleri için modal tutarlılık oranlarının aday modlara göre dağılımı .....	15
Şekil 1.3.1 Altınışık binasından elde edilen iki veri setine göre mod gerçekleştirme değerleri .....	17
Şekil 2.1 Cihaz konumlarının ve yönelimlerinin planda görünüşü.....	19
Şekil 2.2 Üç boyutlu sonlu eleman yapı modeli üzerinde kurulan ağ.....	20
Şekil 2.2.1 Aydın Bak binası çevrel titreşimlerin neden olduğu üç bileşende izlenen yapısal titreşimler .....	21
Şekil 2.2.2 Yapısal davranışın x ve y yönündeki frekans muhteviyatı.....	21
Şekil 2.2.3 Yapısal sistemde meydana gelen girdi ve yapısal tepki çıktıları arasındaki ilişkileri veren transfer fonksiyonları, üstte x yönü için altta y yönü için verilmiştir .....	22
Şekil 2.2.4 x ve y bileşenleri için modal tutarlılık oranlarının aday modlara göre dağılımı .....	23
Şekil 2.3.1 Aydın Bak–I binasından elde edilen iki veri setine göre mod gerçekleştirme değerleri.....	25
Şekil 3.1 Cihaz konumlarının ve yönelimlerinin planda görünüşü.....	27
Şekil 3.2 Üç boyutlu sonlu eleman yapı modeli üzerinde kurulan ağ.....	28
Şekil 3.2.1 Aydın Bak binası çevrel titreşimlerin neden olduğu üç bileşende izlenen yapısal titreşimler .....	29
Şekil 3.2.2 Yapısal davranışın x ve y yönündeki frekans muhteviyatı.....	29
Şekil 3.2.3 Yapısal sistemde meydana gelen girdi ve yapısal tepki çıktıları arasındaki ilişkileri veren transfer fonksiyonları, üstte x yönü için altta y yönü için verilmiştir .....	30
Şekil 3.2.4 x ve y bileşenleri için modal tutarlılık oranlarının aday modlara göre dağılımı .....	31
Şekil 3.3.1 Aydın Bak–II binasından elde edilen iki veri setine göre mod gerçekleştirme değerleri.....	33
Şekil 4.1 Cihaz konumlarının ve yönelimlerinin planda görünüşü.....	35
Şekil 4.2 Üç boyutlu sonlu eleman yapı modeli üzerinde kurulan ağ.....	36
Şekil 4.2.1 Cincioğlu binası çevrel titreşimlerin neden olduğu üç bileşende izlenen yapısal titreşimler .....	37
Şekil 4.2.2 Yapısal davranışın x ve y yönündeki frekans muhteviyatı.....	37
Şekil 4.2.3 Yapısal sistemde meydana gelen girdi ve yapısal tepki çıktıları arasındaki ilişkileri veren transfer fonksiyonları, üstte x yönü için altta y yönü için verilmiştir .....	38
Şekil 4.2.4 x ve y bileşenleri için modal tutarlılık oranlarının aday modlara göre dağılımı .....	39
Şekil 4.3.1 Cincioğlu binasından elde edilen iki veri setine göre mod gerçekleştirme değerleri .....	41
Şekil 5.1 Cihaz konumlarının ve yönelimlerinin planda görünüşü.....	43
Şekil 5.2 Üç boyutlu sonlu eleman yapı modeli üzerinde kurulan ağ.....	44
Şekil 5.2.1 Dayal inşaat binası çevrel titreşimlerin neden olduğu üç bileşende izlenen yapısal titreşimler .....	45
Şekil 5.2.2 Yapısal davranışın x ve y yönündeki frekans muhteviyatı.....	45
Şekil 5.2.3 Yapısal sistemde meydana gelen girdi ve yapısal tepki çıktıları arasındaki ilişkileri veren transfer fonksiyonları, üstte x yönü için altta y yönü için verilmiştir .....	46
Şekil 5.2.4 x ve y bileşenleri için modal tutarlılık oranlarının aday modlara göre dağılımı .....	47
Şekil 5.3.1 Dayal binasından elde edilen iki veri setine göre mod gerçekleştirme değerleri .....	49
Şekil 6.1 Cihaz konumlarının ve yönelimlerinin planda görünüşü.....	51
Şekil 6.2 Üç boyutlu sonlu eleman yapı modeli üzerinde kurulan ağ.....	52

Şekil 6.2.1 Dayalıns binası çevrel titreşimlerin neden olduğu üç bileşende izlenen yapısal titreşimler .....	53
Şekil 6.2.2 Yapısal davranışın x ve y yönündeki frekans muhteviyatı.....	53
Şekil 6.2.3 Yapısal sistemde meydana gelen girdi ve yapısal tepki çıktıları arasındaki ilişkileri veren transfer fonksiyonları, üstte x yönü için altta y yönü için verilmiştir .....	54
Şekil 6.2.4 x ve y bileşenleri için modal tutarlılık oranlarının aday modlara göre dağılımı .....	55
Şekil 6.2.5 x yönü çevrel (üst) ve zorlamam (alt) kuvvetler altında kat transfer spektrumları benzer hâkim mod ve modal frekanslarda davranış sergilemektedir. ....	56
Şekil 6.3.1 Dayal binasından elde edilen iki veri setine göre mod gerçekleşme değerleri .....	59
Şekil 7.1 Cihaz konumlarının ve yönelimlerinin planda görünüşü.....	61
Şekil 7.2 Üç boyutlu sonlu eleman yapı modeli üzerinde kurulan ağ .....	62
Şekil 7.2.1 Durusoy binası çevrel titreşimlerin neden olduğu üç bileşende izlenen yapısal titreşimler. ....	63
Şekil 7.2.2 Yapısal davranışın x ve y yönündeki frekans muhteviyatı.....	63
Şekil 7.2.3 Yapısal sistemde meydana gelen girdi ve yapısal tepki çıktıları arasındaki ilişkileri veren transfer fonksiyonları, üstte x yönü için altta y yönü için verilmiştir .....	64
Şekil 7.2.4 x ve y bileşenleri için modal tutarlılık oranlarının aday modlara göre dağılımı .....	65
Şekil 7.3.1 Durusoy binasından elde edilen iki veri setine göre mod gerçekleşme değerleri.....	66
Şekil 8.1 Cihaz konumlarının ve yönelimlerinin planda görünüşü.....	68
Şekil 8.2 Üç boyutlu sonlu eleman yapı modeli üzerinde kurulan ağ .....	69
Şekil 8.2.1 Hisar apartmanı çevrel titreşimlerin neden olduğu üç bileşende izlenen yapısal titreşimler.....	70
Şekil 8.2.3 Yapısal sistemde meydana gelen girdi ve yapısal tepki çıktıları arasındaki ilişkileri veren transfer fonksiyonları, üstte x yönü için altta y yönü için .....	71
Şekil 8.2.4 x ve y bileşenleri için modal tutarlılık oranlarının aday modlara göre dağılımı .....	72
Şekil 8.3.1 Hisar apartmanından elde edilen iki veri setine göre mod gerçekleşme değerleri .....	74
Şekil 9.1 Cihaz konumlarının ve yönelimlerinin planda görünüşü.....	76
Şekil 9.2 Üç boyutlu sonlu eleman yapı modeli üzerinde kurulan ağ .....	77
Şekil 9.2.1 Hikmet Şahin binası çevrel titreşimlerin neden olduğu üç bileşende izlenen yapısal titreşimler .....	78
Şekil 9.2.2 Yapısal davranışın x ve y yönündeki frekans muhteviyatı.....	78
Şekil 9.2.3 Yapısal sistemde meydana gelen girdi ve yapısal tepki çıktıları arasındaki ilişkileri veren transfer fonksiyonları, üstte x yönü için altta y yönü için .....	79
Şekil 9.2.4 x ve y bileşenleri için modal tutarlılık oranlarının aday modlara göre dağılımı .....	80
Şekil 9.3.1 Hikmet Şahin apartmanından elde edilen iki veri setine göre mod gerçekleşme değerleri .....	82
Tablo 10.1 Yapı cihaz dağılımı ve sonlu eleman modelde düğüm noktaları .....	84
Şekil 10.1 Cihaz konumlarının ve yönelimlerinin planda görünüşü.....	84
Şekil 10.2 Üç boyutlu sonlu eleman yapı modeli üzerinde kurulan ağ .....	85
Şekil 10.2.1 Karadere binası çevrel titreşimlerin neden olduğu üç bileşende izlenen yapısal titreşimler. ....	86
Şekil 10.2.2 Yapısal davranışın x ve y yönündeki frekans muhteviyatı.....	86
Şekil 10.2.3 Yapısal sistemde meydana gelen girdi ve yapısal tepki çıktıları arasındaki ilişkileri veren transfer fonksiyonları, üstte x yönü için altta y yönü için .....	87
Şekil 10.2.4 x ve y bileşenleri için modal tutarlılık oranlarının aday modlara göre dağılımı .....	88
Şekil 10.3.1 Karadere apartmanından elde edilen iki veri setine göre mod gerçekleşme değerleri.....	90
Şekil 11.1 Cihaz konumlarının ve yönelimlerinin planda görünüşü.....	92
Şekil 11.2 Üç boyutlu sonlu eleman yapı modeli üzerinde kurulan ağ .....	93
Şekil 11.2.1 Karamürsel A Blok binası çevrel üstte zorlama kuvvetler etkisinde altta üç bileşende izlenen yapısal titreşimler .....	94

Şekil 11.2.2 Yapısal davranışın x ve y yönündeki frekans muhteviyatı.....	95
Şekil 11.2.3 Yapısal sistemde meydana gelen girdi ve yapısal tepki çıktıları arasındaki ilişkileri veren transfer fonksiyonları, üstte x yönü için altta y yönü için .....	96
Şekil 11.2.4 Karamürsel A blok, 17 Eylül 2010 tarihinde x yönünde yapılan değişik genlik ve frekans içeriğine sahip yapay depremler toplamının Fourier genlik spektrumu .....	97
Şekil 11.2.5 Karamürsel A blok x yönü toplam hareket için yapı-zemin transfer fonksiyonu .....	97
Şekil 11.2.6 x ve y bileşenleri için modal tutarlılık oranlarının aday modlara göre dağılımı .....	98
Şekil 11.3.1 Karamürsel-A Blok'dan elde edilen iki veri setine göre mod gerçekleşme değerleri .....	99
Şekil 12.1 Cihaz konumlarının ve yönelimlerinin planda görünüşü.....	103
Şekil 12.2 Üç boyutlu sonlu eleman yapı modeli üzerinde kurulan ağ .....	103
Şekil 12.2.1 Karamürsel B Blok binası çevrel titreşimlerin neden olduğu üç bileşende izlenen yapısal titreşimler.....	104
Şekil 12.2.2 Yapısal davranışın x ve y yönündeki frekans muhteviyatı.....	104
Şekil 12.2.3 Yapısal sistemde meydana gelen girdi ve yapısal tepki çıktıları arasındaki ilişkileri veren transfer fonksiyonları, üstte x yönü için altta y yönü için .....	105
Şekil 12.2.4 x ve y bileşenleri için modal tutarlılık oranlarının aday modlara göre dağılımı .....	106
Şekil 13.1 Cihaz konumlarının ve yönelimlerinin planda görünüşü.....	109
Şekil 13.2 Üç boyutlu sonlu eleman yapı modeli üzerinde kurulan ağ .....	110
Şekil 13.2.1 Kardeşler apartmanı çevrel titreşimlerin neden olduğu üç bileşende izlenen yapısal titreşimler.....	111
Şekil 13.2.2 Yapısal davranışın x ve y yönündeki frekans muhteviyatı.....	111
Şekil 13.2.3 Yapısal sistemde meydana gelen girdi ve yapısal tepki çıktıları arasındaki ilişkileri veren transfer fonksiyonları, üstte x yönü için altta y yönü için .....	112
Şekil 13.2.4 x ve y bileşenleri için modal tutarlılık oranlarının aday modlara göre dağılımı .....	113
Şekil 13.3.1 Kardeşler apartmanından elde edilen iki veri setine göre mod gerçekleşme değerleri .....	115
Şekil 14.1 Cihaz konumlarının ve yönelimlerinin planda görünüşü.....	117
Şekil 14.2 Üç boyutlu sonlu eleman yapı modeli üzerinde kurulan ağ .....	118
Şekil 14.2.1 Sakarya SSK binası çevrel titreşimlerin neden olduğu üç bileşende izlenen yapısal titreşimler .....	119
Şekil 14.2.2 Yapısal davranışın x ve y yönündeki frekans muhteviyatı.....	119
Şekil 14.2.3 Yapısal sistemde meydana gelen girdi ve yapısal tepki çıktıları arasındaki ilişkileri veren transfer fonksiyonları, üstte x yönü için altta y yönü için .....	120
Şekil 14.2.4 x ve y bileşenleri için modal tutarlılık oranlarının aday modlara göre dağılımı .....	121
Şekil 14.3.1 Adapazarı SSK binasından elde edilen iki veri setine göre mod gerçekleşme değerleri.....	123
Şekil 15.1 Cihaz konumlarının ve yönelimlerinin planda görünüşü.....	125
Şekil 15.2 Üç boyutlu sonlu eleman yapı modeli üzerinde kurulan ağ .....	126
Şekil 15.2.1 Yan Sokak apartmanı çevrel titreşimlerin neden olduğu üç bileşende izlenen yapısal titreşimler.....	127
Şekil 15.2.2 Yapısal davranışın x ve y yönündeki frekans muhteviyatı.....	127
Şekil 15.2.3 Yapısal sistemde meydana gelen girdi ve yapısal tepki çıktıları arasındaki ilişkileri veren transfer fonksiyonları, üstte x yönü için altta y yönü için .....	128
Şekil 15.2.4 x ve y bileşenleri için modal tutarlılık oranlarının aday modlara göre dağılımı .....	129
Şekil 15.3.1 Adapazarı Yan Sokak binasından elde edilen iki veri setine göre mod gerçekleşme değerleri.....	131

## TABLolar LİSTESİ

Tablo 1.1 Yapı cihaz dağılımı ve sonlu eleman modelde düğüm noktaları .....	11
Tablo 1.2a x bileşeni için modal tutarlılık değerleri .....	15
Tablo 1.2b y bileşeni için modal tutarlılık değerleri .....	15
Tablo 1.3 Yapısal modlar ve modal deplasmanlar x yönü için verilmiştir .....	16
Tablo 1.4 Yapısal modlar ve modal deplasmanlar (y yönü) .....	16
Tablo 1.4.1 Modal kütle katılım oranları .....	18
Tablo 2.1 Yapı cihaz dağılımı ve sonlu eleman modelde düğüm noktaları .....	19
Tablo 2.2a x bileşeni için modal tutarlılık değerleri .....	23
Tablo 2.2b x bileşeni için modal tutarlılık değerleri .....	23
Tablo 2.3 Yapısal modlar ve modal deplasmanlar x yönü için .....	24
Tablo 2.4 Yapısal modlar ve modal deplasmanlar y yönü için .....	24
Tablo 2.4.1 Modal kütle katılım oranları .....	26
Tablo 3.1 Yapı cihaz dağılımı ve sonlu eleman modelde düğüm noktaları .....	27
Tablo 3.2a x bileşeni için modal tutarlılık değerleri .....	31
Tablo 3.2b y bileşeni için modal tutarlılık değerleri .....	31
Tablo 3.3 Yapısal modlar ve modal deplasmanlar x yönü için verilmiştir .....	32
Tablo 3.4 Yapısal modlar ve modal deplasmanlar y yönü için verilmiştir .....	32
Tablo 3.4.1 Modal kütle katılım oranları .....	34
Tablo 4.1 Yapı cihaz dağılımı ve sonlu eleman modelde düğüm noktaları .....	35
Tablo 4.2a x bileşeni için modal tutarlılık değerleri .....	39
Tablo 4.2b y bileşeni için modal tutarlılık değerleri .....	39
Tablo 4.3 Yapısal modlar ve modal deplasmanlar x yönü için .....	40
Tablo 4.4 Yapısal modlar ve modal deplasmanlar y yönü için .....	40
Tablo 4.4.1 Modal kütle katılım oranları .....	42
Tablo 5.1 Yapı cihaz dağılımı ve sonlu eleman modelde düğüm noktaları .....	43
Tablo 5.2a x bileşeni için modal tutarlılık değerleri .....	47
Tablo 5.2b y bileşeni için modal tutarlılık değerleri .....	47
Tablo 5.3 Yapısal modlar ve modal deplasmanlar x yönü için .....	48
Tablo 5.4 Yapısal modlar ve modal deplasmanlar y yönü için .....	48
Tablo 5.4.1 Modal kütle katılım oranları .....	50
Tablo 6.1 Yapı cihaz dağılımı ve sonlu eleman modelde düğüm noktaları .....	51
Tablo 6.2a x bileşeni için modal tutarlılık değerleri .....	55
Tablo 6.2b y bileşeni için modal tutarlılık değerleri .....	55
Tablo 6.3 x yönü çevrel ve zorlama kuvvetler altında hâkim modlar ve modal sönüm oranları .....	56
Tablo 6.4 x yönü çevrel ve zorlama kuvvetler altında hâkim modal deplasmanlar .....	57
Tablo 6.5 Yapısal modlar ve modal deplasmanlar x yönü için .....	58
Tablo 6.6 Yapısal modlar ve modal deplasmanlar y yönü için .....	58
Tablo 6.4.1 Modal kütle katılım oranları .....	59
Tablo 7.1 Yapı cihaz dağılımı ve sonlu eleman modelde düğüm noktaları .....	61
Tablo 7.2a x bileşeni için modal tutarlılık değerleri .....	64

Tablo 7.2b y bileşeni için modal tutarlılık değerleri .....	65
Tablo 7.3 Yapısal modlar ve modal deplasmanlar x yönü için .....	65
Tablo 7.4 Yapısal modlar ve modal deplasmanlar y yönü için .....	66
Tablo 7.4.1 Modal kütle katılım oranları.....	67
Tablo 8.1 Yapı cihaz dağılımı ve sonlu eleman modelde düğüm noktaları .....	68
Tablo 8.2a x bileşeni için modal tutarlılık değerleri .....	72
Tablo 8.2b y bileşeni için modal tutarlılık değerleri .....	72
Tablo 8.3 Yapısal modlar ve modal deplasmanlar x yönü için .....	73
Tablo 8.4 Yapısal modlar ve modal deplasmanlar y yönü için .....	73
Tablo 8.4.1 Modal kütle katılım oranları.....	75
Tablo 9.1 Yapı cihaz dağılımı ve sonlu eleman modelde düğüm noktaları .....	76
Tablo 9.2a x bileşeni için modal tutarlılık değerleri .....	80
Tablo 9.2b y bileşeni için modal tutarlılık değerleri .....	80
Tablo 9.3 Yapısal modlar ve modal deplasmanlar x yönü için .....	81
Tablo 9.4 Yapısal modlar ve modal deplasmanlar y yönü için .....	81
Tablo 9.4.1 Modal kütle katılım oranları.....	83
Tablo 10.2a x bileşeni için modal tutarlılık değerleri .....	88
Tablo 10.2b y bileşeni için modal tutarlılık değerleri .....	88
Tablo 10.3 Yapısal modlar ve modal deplasmanlar x yönü için .....	89
Tablo 10.4.1 Modal kütle katılım oranları.....	91
Tablo 11.1 Yapı cihaz dağılımı ve sonlu eleman modelde düğüm noktaları .....	92
Tablo 11.2a x bileşeni için modal tutarlılık değerleri .....	97
Tablo 11.2b y bileşeni için modal tutarlılık değerleri .....	98
Tablo 11.3 Yapısal modlar ve modal deplasmanlar x yönü için .....	98
Tablo 11.4 Yapısal modlar ve modal deplasmanlar y yönü için .....	99
Tablo 11.4.1 Modal kütle katılım oranları.....	100
Tablo 12.1 Yapı cihaz dağılımı ve sonlu eleman modelde düğüm noktaları .....	102
Tablo 12.2a x bileşeni için modal tutarlılık değerleri .....	106
Tablo 12.2b y bileşeni için modal tutarlılık değerleri .....	106
Tablo 12.3 Yapısal modlar ve modal deplasmanlar x yönü için .....	107
Tablo 12.4 Yapısal modlar ve modal deplasmanlar y yönü için .....	107
Tablo 12.4.1 Modal kütle katılım oranları.....	108
Tablo 13.1 Yapı cihaz dağılımı ve sonlu eleman modelde düğüm noktaları .....	109
Tablo 13.2a x bileşeni için modal tutarlılık değerleri .....	113
Tablo 13.2b y bileşeni için modal tutarlılık değerleri .....	113
Tablo 13.3 Yapısal modlar ve modal deplasmanlar x yönü için .....	114
Tablo 13.4 Yapısal modlar ve modal deplasmanlar y yönü için .....	114
Tablo 13.4.1 Modal kütle katılım oranları.....	116
Tablo 14.1 Yapı cihaz dağılımı ve sonlu eleman modelde düğüm noktaları .....	117
Tablo 14.2a x bileşeni için modal tutarlılık değerleri .....	121
Tablo 14.2b y bileşeni için modal tutarlılık değerleri .....	121
Tablo 14.3 Yapısal modlar ve modal deplasmanlar x yönü için .....	122

Tablo 14.4 Yapısal modlar ve modal deplasmanlar y yönü için .....	122
Tablo 14.4.1 Modal kütle katılım oranları.....	124
Tablo 15.1 Yapı cihaz dağılımı ve sonlu eleman modelde düğüm noktaları .....	125
Tablo 15.2a x bileşeni için modal tutarlılık değerleri .....	129
Tablo 15.2b y bileşeni için modal tutarlılık değerleri .....	129
Tablo 15.3 Yapısal modlar ve modal deplasmanlar x yönü için .....	130
Tablo 15.4.1 Modal kütle katılım oranları.....	132

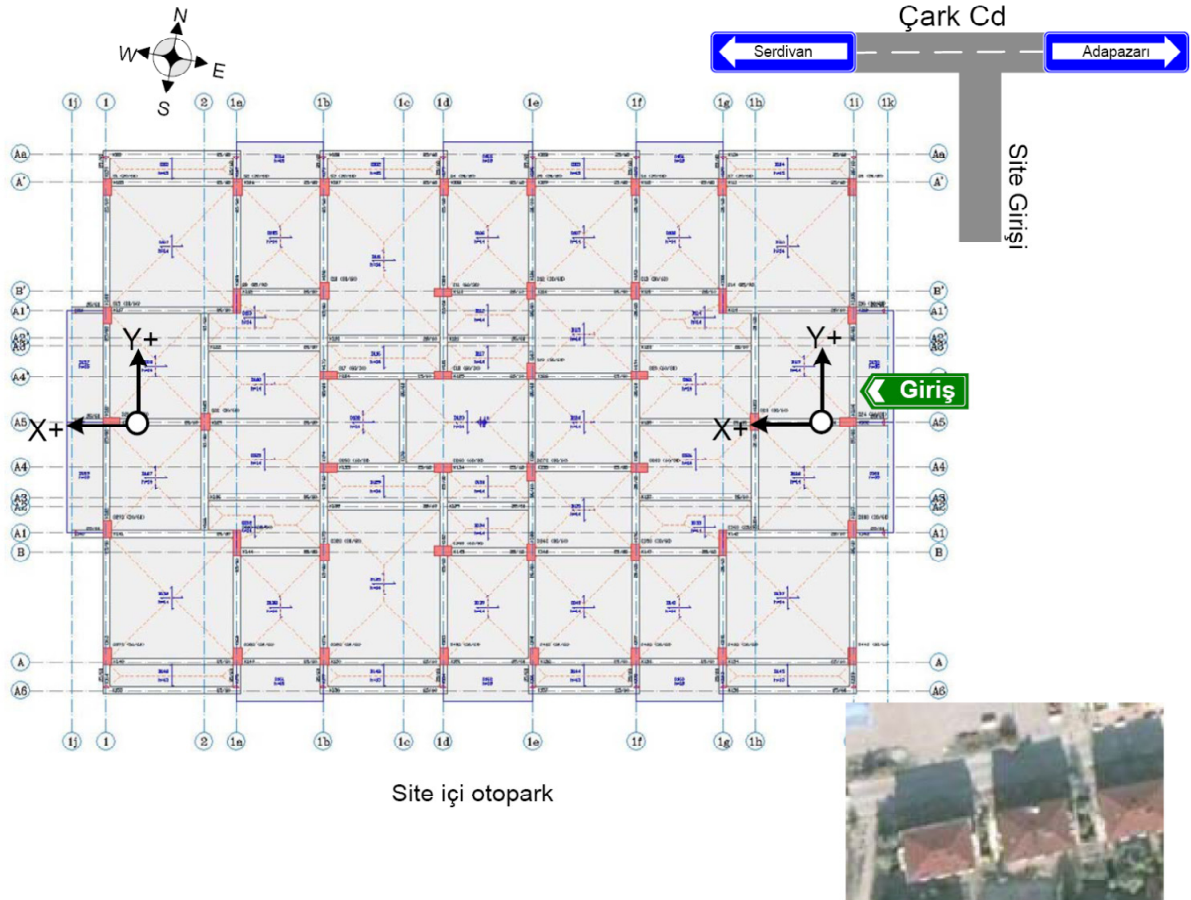
# 1 Altınışık Sitesi A Blok (Altınışık\_adap\_amb\_20101027)

## 1.1 Bina Cihaz Yerleşim ve Yönelim Bilgisi

Bina üzerine kurulan ivme duyarlı ölçüm cihazlarının yapısal noktalar üstündeki konumu ve yönelimlerinin plandaki görünümü Şekil 1.1'de, 3 bileşene sahip her bir ivme ölçer cihazın konum ve bileşen yönelimlerinin 3 boyutlu sonlu eleman yapı modeli üzerinde oluşturdukları gözlem-ölçüm ağı ise Şekil 1.2'de gösterilmiştir. Ayrıca Tablo 1.1'de yapı üzerinde kullanılan cihazların düşey yapısal noktalar üzerindeki dağılımı ve sonlu eleman modelde ilgili hesap düğüm noktaları parantez içinde verilmiştir.

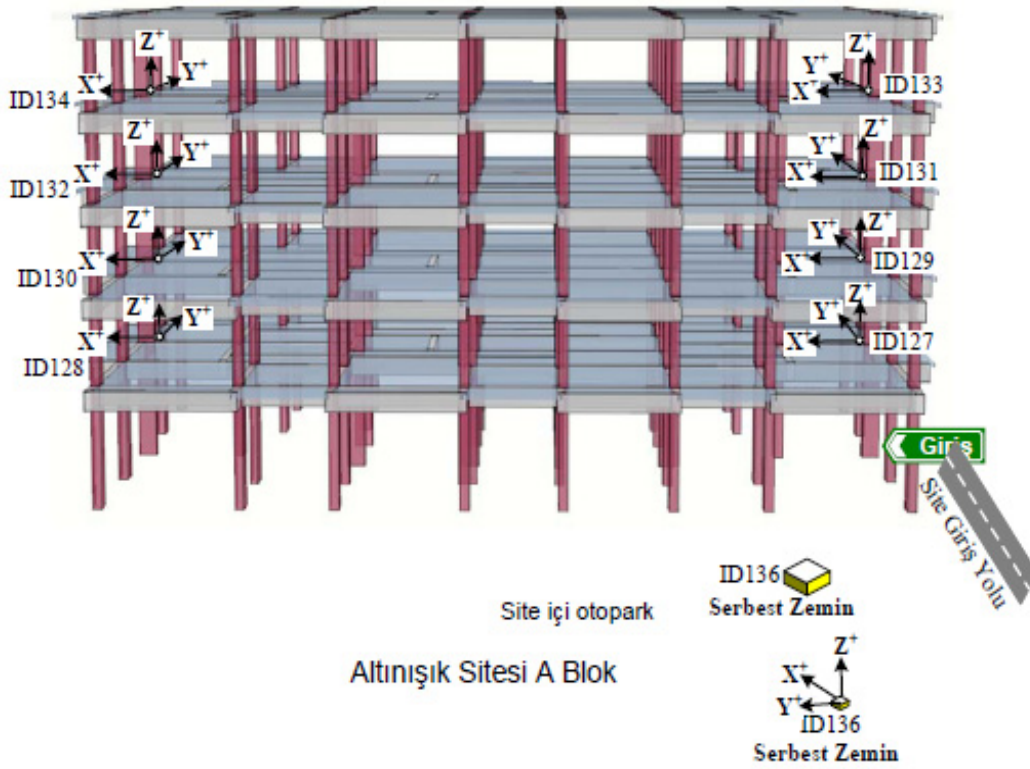
Tablo 1.1 Yapı cihaz dağılımı ve sonlu eleman modelde düğüm noktaları

Altınışık_adap_amb_20101027		
Kat serbestlikleri	Ağ-kanat-1 (Array-Side 1)	Ağ-kanat-2 (Array-Side 2)
Çatı katı	cihaz yok	cihaz yok
4. Kat	id133(J253)	id134(J256)
3. Kat	id131(J209)	id132(J212)
2. Kat	id129(J165)	id130(J168)
1. Kat	id127(J41)	id128(J46)
Giriş kat	cihaz yok	cihaz yok
Serbest saha	id136	



Şekil 1.1 Cihaz konumlarının ve yönelimlerinin planda görünüşü

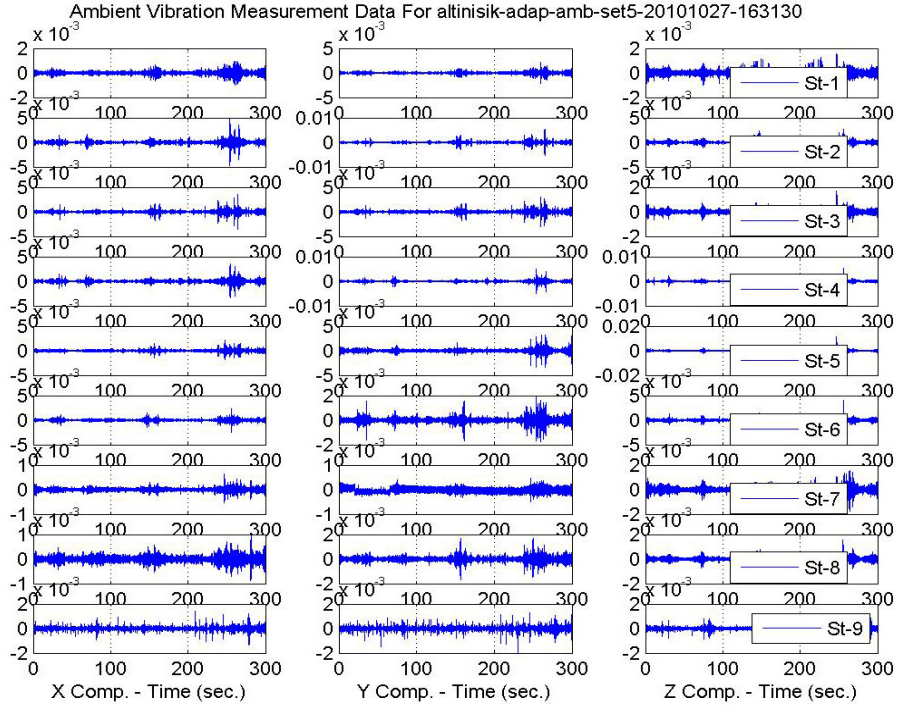




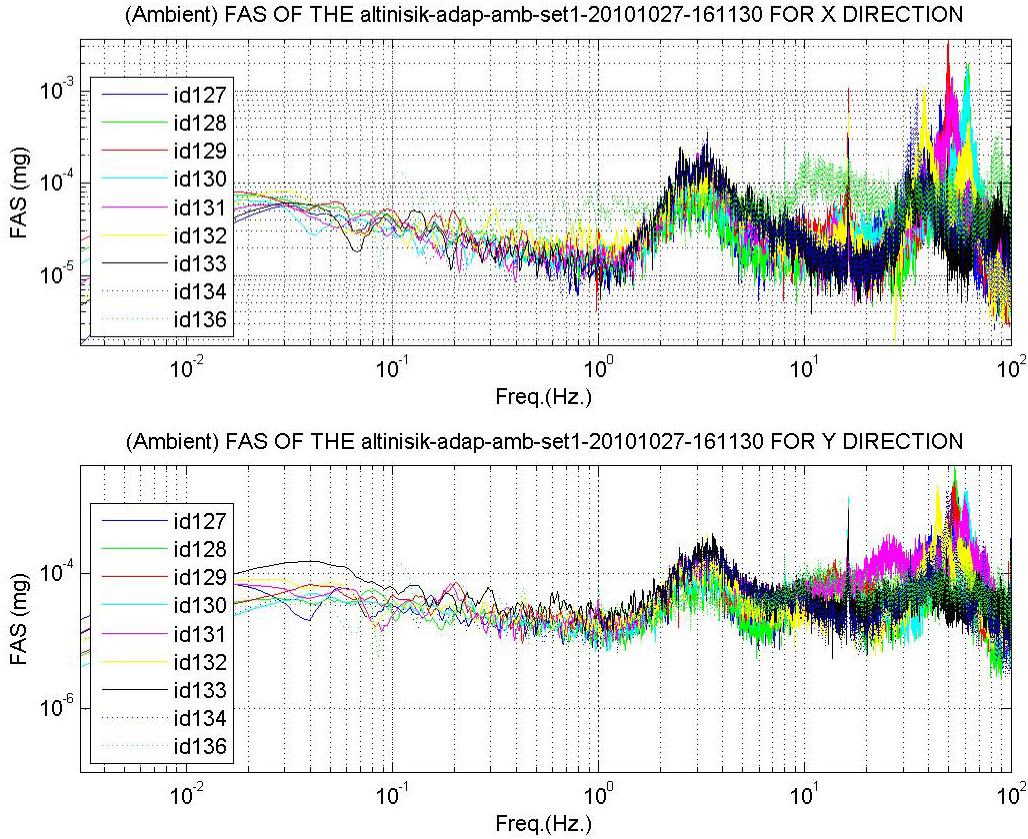
Şekil 1.2 Üç boyutlu sonlu eleman yapı modeli üzerinde kurulan ağı

## 1.2 Yapı Tanılama Sonuçları

Adapazarı'nda bulunan Altınışık Apartmanı'nın hali hazırda kullanım şartları devam ettiğinden, çalışılan zaman diliminde, izin alınarak çevrel titreşim ölçümleri yapılmıştır. Ayrıca yapı civarında alınan açık saha mikro-titreşimleri (microtremors), yerel zemin şartlarında yapıya giren titreşim kaynağını oluşturan yerel etkenler olarak kaydedilmiştir. Yapı üzerinde ve açık sahadan elde edilen titreşim sinyallerinin zaman tanım alanındaki hikeyeleri Şekil 1.2.1'de, frekans tanım alanında çizilmiş olan yapı davranışının frekans muhteviyatı ise Şekil 1.2.2'de girdi-çıkı ilişkilerini yansıtabak transfer fonksiyonlar ise Şekil 1.2.3'de x ve y yönleri için verilmiştir.

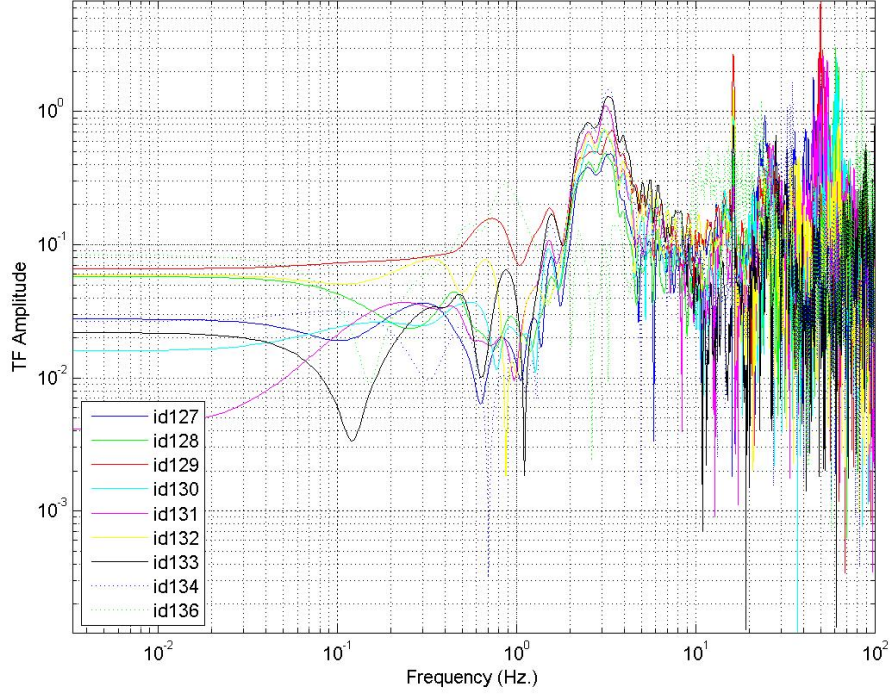


Şekil 1.2.1 Altınışık Binası çevrel titreşimlerin neden olduğu 3 bileşende izlenen yapısal titreşimler

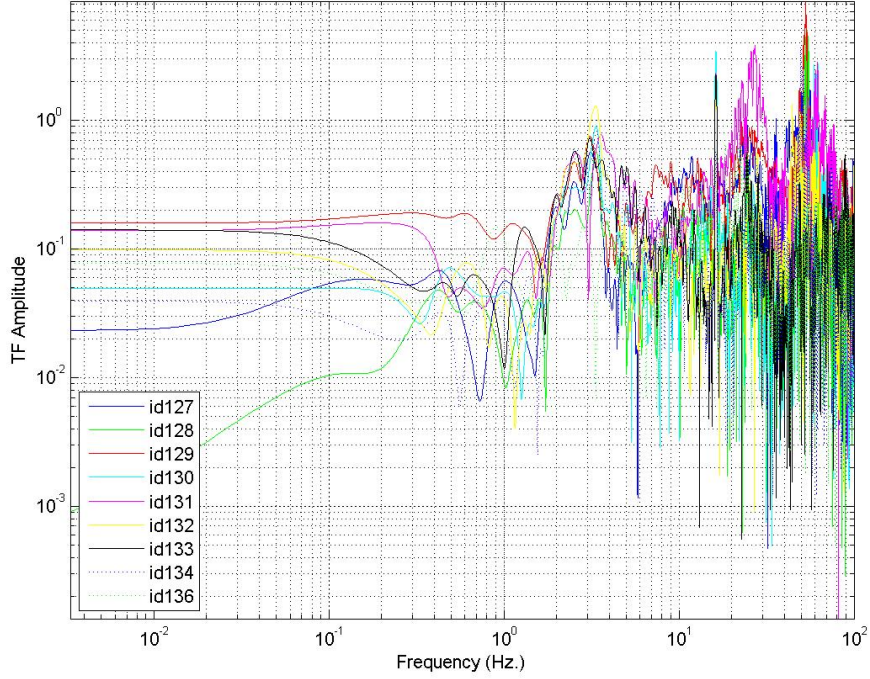


Şekil 1.2.2 Yapısal davranışın x ve y yönündeki frekans muhteviyatı

(Ambient) TFs bw The Structural Points and The Ground For altinisik-adap-amb-set1-20101027-161130 FOR X



(Ambient) TFs bw The Structural Points and The Ground For altinisik-adap-amb-set1-20101027-161130 For Y



Şekil 1.2.3 Yapısal sistemde meydana gelen girdi ve yapısal tepki çıktıları arasındaki ilişkileri veren transfer fonksiyonları, üstte x yönü için altta y yönü için verilmiştir

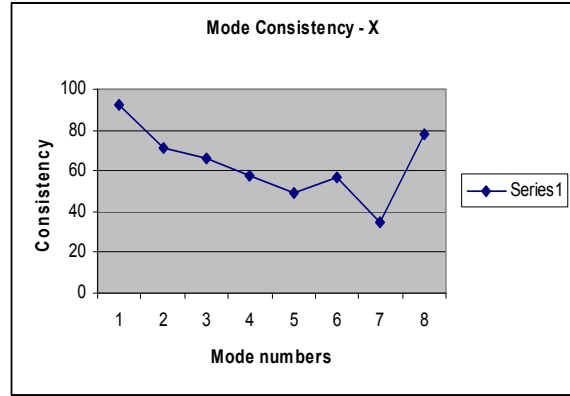
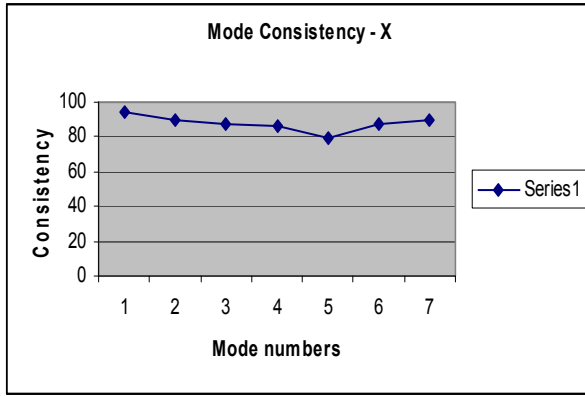


Tablo 1.2a x bileşeni için modal tutarlılık değerleri

Candidate modes	mode8	mode5	mode5	mode6	mode9	mode10	mode7	mode8	mode10	mode9	mode15	mode16
Real modes	mode1										mode2	mode3
Modal Freq	2,255312	2,358628	2,476055	2,831455	3,034701	3,151386	3,302485	3,60403	3,852512	4,039845	5,728516	14,94549
consist_mod_indicator_X	94,68608	89,84738	87,34478	85,7347	78,87117	87,15791	90,12609	77,82061	71,81408	80,10901	78,15057	80,40769
modal_Hist_predict_indicator_X	99,98472	99,74745	99,79623	99,74319	99,96125	99,99853	99,94532	99,70443	99,72085	99,89208	99,79216	99,72727
norm_mod_singular_value_X	18,8731	20,93014	23,83005	49,75666	17,61083	26,73733	30,39732	18,49709	34,33612	22,39038	8,804935	19,00944
Eigen values in Z-Domain_X	0,986199	0,990166	0,991714	0,985566	0,980164	0,985396	0,989602	0,988565	0,976532	0,984983	0,968959	0,885395

Tablo 1.2b y bileşeni için modal tutarlılık değerleri

Candidate Modes	mode6	mode10	mode11	mode16	mode17	mode23	mode24	mode26
real Modes	mode1			mode2			mode3	
Modal Freq	2,378042	3,690766	3,827212	6,391048	7,175512	11,79251	11,86911	13,48919
consist_mod_indicator_Y	91,96426	71,49209	66,33108	58,01301	49,36211	57,1733	34,32673	78,37034
modal_Hist_predict_indicator_Y	99,99881	99,79556	99,38199	99,86168	99,70916	99,87101	99,82854	99,80323
norm_mod_singular_value_Y	40,38359	55,21296	71,96245	22,86128	23,29551	22,24963	17,54134	24,77413
Eigen values in Z-Domain_Y	0,989674	0,981576	0,976484	0,963548	0,960049	0,916737	0,915291	0,89836



Şekil 1.2.4 x ve y bileşenleri için modal tutarlılık oranlarının aday modlara göre dağılımı

Yapı tanı çalışması sonucu elde edilen yapı karakteristiğini yansıtan aday modların Tablo 1.2'de verilen tutarlılık oran indeks değerleri referans alınmış ve bu yaklaşım içinde Şekil 1.2.4'de tutarlılık değer sınımlarında görüleceği gibi ilk modlarda tutarlılık %80 ve üstünde x yönünde oluşurken y yönünde %60'larda ilk dört mod gerçekleşmiştir. Ayrıca deneysel çalışma sonuçları incelendiğinde kayda giren bir çok lokal etkenin (hasarlı eleman vs.) yanısıra yüksek sensör hasarlığının sunduğu global yapısal davranışa katkı vermeyen gürültü olarak nitelendirilebileceğimiz modlar da ayıklamaya tabi tutulmuşlardır. Gerçek yapısal modlar kullanılan cihaz sayısı ve serilim özelliklerinin sınırları içinde seçilmiş ve Tablo 1.2'de gösterildiği gibi renklendirilmiştir. Tablo 1.3 ve 1.4'de sırasıyla x ve y yönü için tutarlılık oranı en yüksek değerler alan gerçek modlar belirlenmiştir.

Tablo 1.3 Yapısal modlar ve modal deplasmanlar x yönü için verilmiştir

Ağ-Kanat-1 (Bina giriş cephesi - X // uzun cephe)										
Candidate Modes	mode5	mode6	mode7	mode8	mode9	mode10	mode11	mode12	mode13	mode14
Real Modes	mode1						mode2	Mode3		Mode4
Modal Freq	2,476055	2,831455	3,302485	3,60403	4,039845	4,688507	5,493088	11,40757	11,45939	13,84836
id127	0,261588	0,504482	0,236583	0,473979	0,188264	0,242276	0,438732	1	1	0,234468
id129	0,199525	0,557546	0,324363	1	0,278347	0,298026	0,607495	0,650535	0,842583	-0,27715
id131	0,884907	0,787798	0,548126	-0,19898	0,690773	0,687221	0,64612	0,819116	0,59967	1
id133	0,694493	1	0,656756	0,802085	0,646928	0,631193	1	0,40964	0,290213	-0,15165
Ağ-Kanat-2										
Candidate Modes	mode5	mode6	mode7	mode8	mode9	mode10	mode11	mode12	mode13	mode14
Real Modes	mode1						mode2	Mode3		Mode4
Modal Freq	2,476055	2,831455	3,302485	3,60403	4,039845	4,688507	5,493088	11,40757	11,45939	13,84836
id128	0,507908	0,509739	0,167435	0,213402	0,293767	0,261682	0,328809	0,485201	0,430054	0,487553
id130	0,753292	0,660137	0,212462	0,255482	0,438884	0,455069	0,766564	0,723672	0,57403	0,671386
id132	1	0,788941	-0,05811	0,292291	0,2523	0,638205	0,81397	0,616253	0,624212	-0,27951
id134	0,623006	0,746252	1	0,200303	1	1	0,730262	0,093501	0,741649	-0,45684

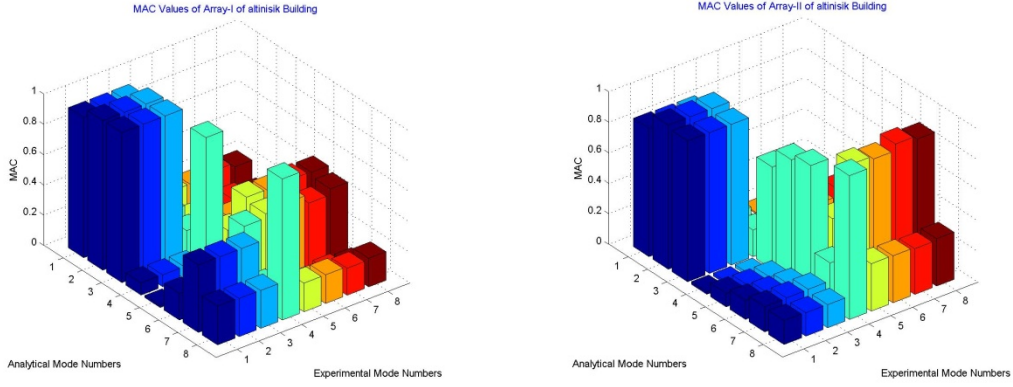
Tablo 1.4 Yapısal modlar ve modal deplasmanlar (y yönü)

Ağ-Kanat-1								
Candidate Modes	mode6	mode10	mode11	mode16	mode17	mode23	mode24	mode26
Real Modes	mode1			mode2			mode3	
Modal Freq	2,378042	3,690766	3,827212	6,391048	7,175512	11,79251	11,86911	13,48919
id127	0,213236	0,348716	0,173337	0,261851	0,125232	0,928856	0,673274	1
id129	0,294485	0,494157	0,359381	1	1	0,598689	-0,22612	0,912199
id131	0,990812	0,939168	0,715258	0,245238	-0,76643	-0,12605	1	0,674574
id133	0,761888	1	0,773943	-0,35693	-0,17041	0,231402	0,366503	-0,18899
Ağ-Kanat-2								
Candidate Modes	mode6	mode10	mode11	mode16	mode17	mode23	mode24	mode26
Real Modes	mode1			mode2			mode3	
Modal Freq	2,378042	3,690766	3,827212	6,391048	7,175512	11,79251	11,86911	13,48919
id128	0,565898	-0,3735	-0,4453	-0,12679	0,073546	-1	0,419035	-0,88131
id130	0,789174	-0,47461	-0,47994	-0,27046	0,614118	-0,84903	0,415365	-0,88614
id132	1	-0,47008	-0,47917	-0,07445	0,138553	-0,2318	-0,35822	-0,42213
id134	0,597611	-0,88592	-1	0,321793	-0,18696	0,213453	-0,54209	0,278922

### 1.3 Sonlu Eleman Model Güncellenmesi

Serbest titreşim veya zorlama altında tek dinamik yük ve/veya toplam dinamik yük şartlarında davranışları izlenen çalışma yapısı için oluşturulmuş olan nümerik modellerin benzeşim çalışmaları içinde model kalibrasyonlarında yapıdan elde edilen karakteristik modal bilgiler kullanılmıştır. Çalışmada hedef nümerik modelde hâkim yatay ilk x ve y yönü yatay modların mevcut yapıda alınan deneysel verilerden elde edilen ilk yatay modlarla tutarlılığının sağlanması olduğuna göre bazı yapılarda ilk modların burulma çıkması durumunda sonraki mod sıralarına bakarak değerlendirmemizi yapacağımız akıldan çıkarılmamalıdır. İleri kayan yanal modlarda özellikle verilere hiç dokunulmamış, nümerik model yorumunun bir sonraki kısımda verilen ilgili modal kütle katılım oranı tablosunda renklendirilmiş olan yanal mod sırasına göre değerlendirilmesi yapılmıştır.

Çalışılan mevcut yapının üstünde ölçülen davranışları aynı doğrulukta sonlu eleman modelinde elde edilebilmesi için deneysel ve analitik modellerin modal şekiller arası korelasyon teknikleriyle (örneğin; *MAC*, *COMAC* veya *ICOMAC*) değerlendirme yapılmış ölçülen hata matrisinin minimize edilme teknikleri nümerik modele uygulanarak model kalibrasyonları tamamlanmıştır. Türk Deprem Yönetmeliğinin (2007) 7.4.5, 7.4.6 ve 7.4.7 şartlarını sağlayan analitik model daha sonra hasar görebilirlik analizlerinde kullanılmıştır.



Şekil 1.3.1 Altınışık binasından elde edilen iki veri setine göre mod gerçekleşme değerleri

Şekil 1.3.1'de Altınışık binasından elde edilen iki veri setinin modal davranışıyla nümerik modelin davranışları arasında güncellemeden sonra hesaplanan mod gerçekleşme değerlerinin modlar arası etkilerini göz önüne alan dağılımı verilmiştir. Takip eden bölümde verilen Tablo 1.4.1'de nümerik model modal kütle katılım oranlarının zayıf burulmalı hâkim yanal modların ilk sıralarda yer aldığını görmekteyiz. Bu yapısal davranış özelliği deneysel ile sayısal modların istatistiki mukayesesinde ilk dört modda yüksek tutarlılık oranıyla kendini göstermektedir. Çalışmamızda ilk hâkim yanal mod tutarlılığının sağlanması bazı analizlerde yeterli olmasına rağmen güncellenmiş sonlu eleman modelinin güvenilir olarak ilk dört modu göz önüne alan analizlerde kullanılabilme imkanı oluşmuştur.

## 1.4 Modal Analiz Sonuçları

Yapı analizinde, günümüz hesap teknolojileri içinde kullanılan sonlu eleman analiz (SEA) paket programlarından SAP2000 (2011) yazılımı modal analizlerde kullanılmıştır. Analizi yapılacak yapının geometrik, malzeme, yük ve sınır şartlarının laboratuvar ve arazi raporlarından derlenen bilgiler ışığında modellenmesiyle güvenilir ve gerçeğe yakın yapı nümerik model modal davranışı elde edilmiştir. Yapının titreşim modlarının, modal frekanslarının ve mod şekil bilgilerinin çalıştığımız mevcut yapıyı temsil etme tutarlılığını yükseltmek için uygulanan güncellemeler sonucu kalibre edilmiş mühendislik parametreleriyle gerçeği olabilecek doğrulukta yansıtan ve modellemekten kaynaklanan hataları tartışma dışına çıkaran son nümerik model sonuçlarıyla, deneysel modal sonuçlarını kabul edilebilir seviyede ilk önemli hâkim modlar için örtüştüren güncellenmiş modelin modal frekansları ve modal kütle katılım oranları Tablo 1.4.1'de özetlenmiştir.

Tablo 1.4.1 Modal kütle katılım oranları

Modal Participating Mass Ratios										
OutputCase	StepType	StepNum	Period	Frequency	UX	UY	UZ	RX	RY	RZ
Text	Text	Unitless	Sec	Cyc/sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	0,529831	1,8874	0,83787	1,54E-05	1,47E-08	8,06E-06	0,24488	0,16511
MODAL	Mode	2	0,45923	2,1776	0,00442	0,0272	9,69E-09	0,01346	0,00128	0,15166
MODAL	Mode	3	0,435741	2,2949	6,81E-05	0,79368	2,73E-07	0,39251	2,36E-05	0,511
MODAL	Mode	4	0,175641	5,6934	0,09897	1,2E-06	1,72E-07	1,14E-07	0,00138	0,01978
MODAL	Mode	5	0,148377	6,7396	0,00041	0,00243	4,07E-08	3,54E-05	6,77E-06	0,02069
MODAL	Mode	6	0,13938	7,1746	4,21E-06	0,10483	2,47E-06	0,00181	2,21E-06	0,06401
MODAL	Mode	7	0,104674	9,5534	0,03572	2,05E-07	1,78E-07	1,08E-07	0,00067	0,00723
MODAL	Mode	8	0,084904	11,778	0,00011	0,00055	2E-09	2,26E-05	3,43E-06	0,00895
MODAL	Mode	9	0,078508	12,737	6,85E-07	0,04135	1,69E-06	0,00198	1,43E-06	0,02392
MODAL	Mode	10	0,074888	13,353	0,01682	3,8E-08	1,31E-06	4,45E-07	5,19E-07	0,00342
MODAL	Mode	11	0,061579	16,239	2,42E-06	1,52E-06	0,09993	0,01052	0,0027	1,04E-06
MODAL	Mode	12	0,061266	16,322	3,9E-06	1,56E-06	0,10511	0,01148	0,18127	9,61E-06

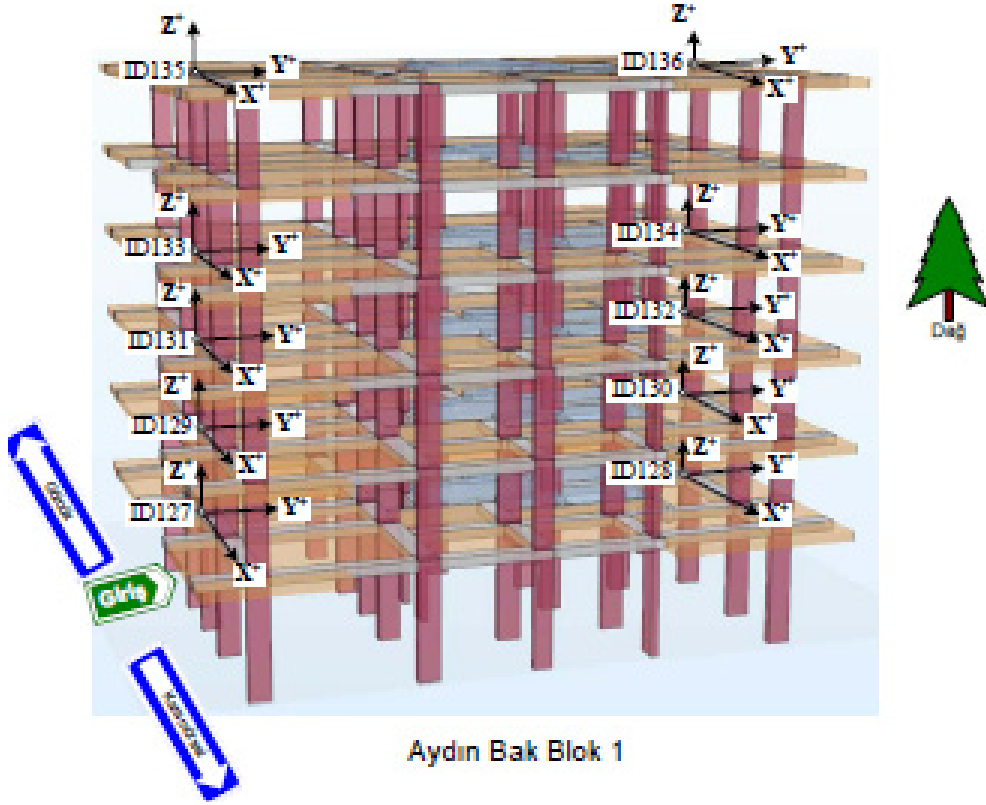
Önemli modların bulunduğu hücrelerin renklendirildiği Tablo 1.4.1'den görüleceği gibi yapı %83'lük bir modal kütle katılım oranıyla ilk hâkim modunu x yönünde, %15 oranında modal kütle katılımlarıyla burulma ve %51 modal kütle katılım oranı burulmaya yapıyı götürürken y yönünde %79 modal kütle katılım oranıyla burulma etkisinde yanal mod 3. sırada görülmektedir. Sonrasında yaklaşık %10'luk bir katılım x yönünde hâkim mod verirken %2 modal kütle katılım oranıyla tam burulma izlenmektedir. %10 ve %4 modal kütle katılım oranları 6 ve 9. sırada y yönünde yanal modlar vermektedir.

## 1.5 Sonuç

Serbest titreşim yük şartlarında davranışları izlenen çalışma yapısı için oluşturulmuş olan nümerik model güncellenmiş son haliyle hedef hâkim yatay x ve y yönü modlarını mevcutta izlendiği gibi yeterli tutarlılık seviyesinde sağlamıştır.



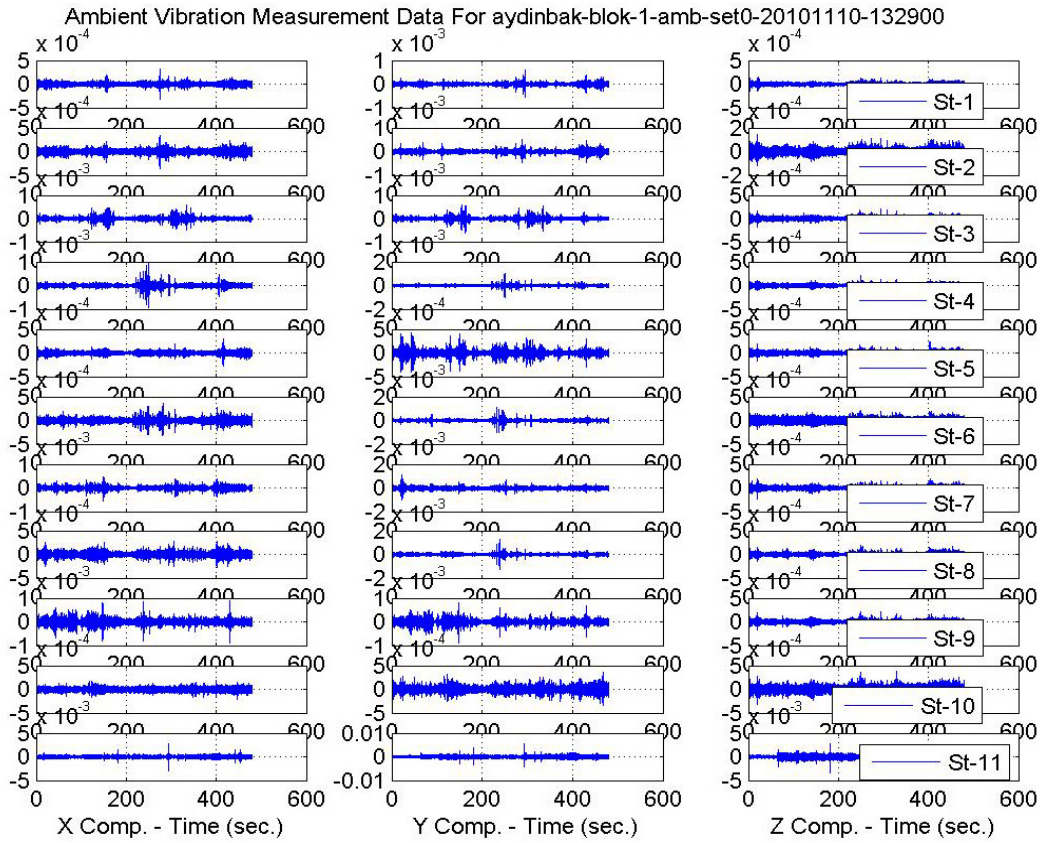




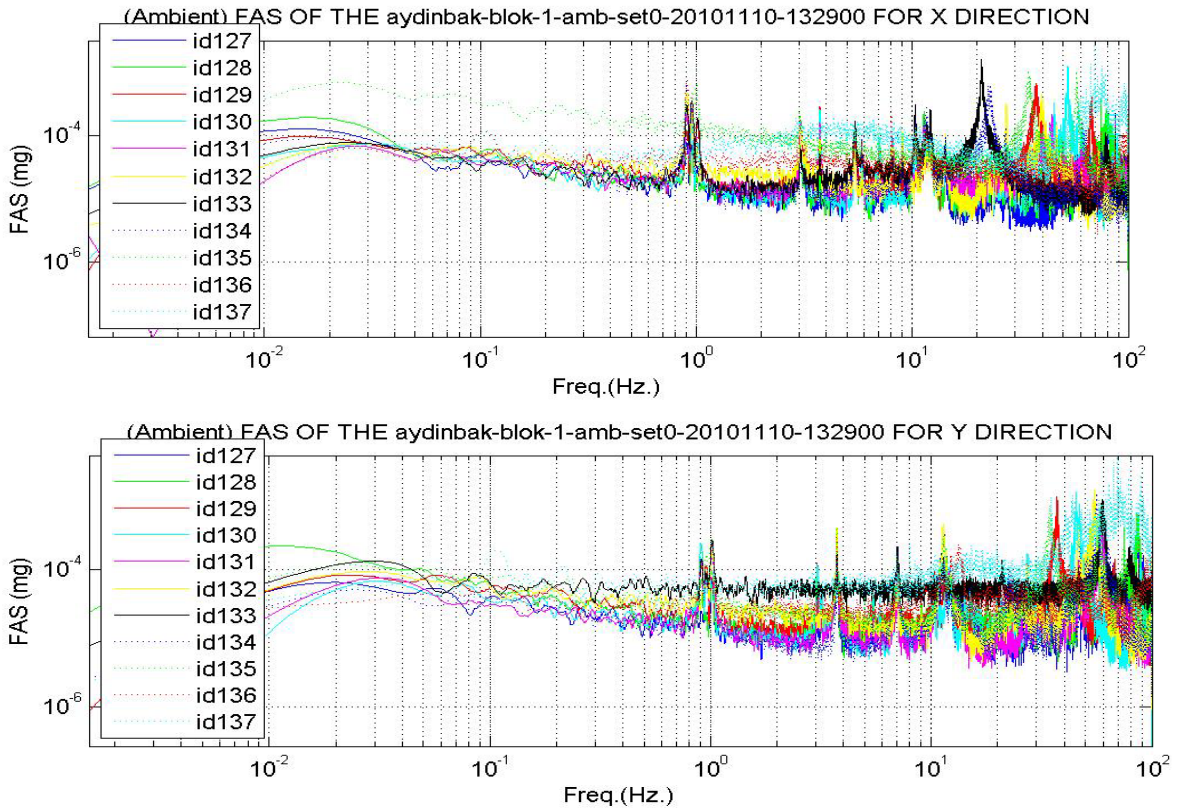
Şekil 2.2 Üç boyutlu sonlu eleman yapı modeli üzerinde kurulan ağ

## 2.2 Yapı Tanılama Çalışması Sonuçları

Kocaeli-Halıderede bulunan Aydın Bak apartmanları betonarme karkas inşaat halindeyken depreme yakalanmış, hasarlar oluşmuş ve sonraki süreçte inşaatları durdurulmuştur. Çalışılan zaman diliminde izin alınarak 1nci blokta çevrel titreşim ölçümleri yapılmıştır. Ayrıca yapı civarında alınan açık saha mikro-titreşimleri (microtremors) yerel zemin şartlarında yapıya giren titreşim kaynağını oluşturan yerel etkenler olarak kaydedilmiştir. Yapı üzerinde ve açık sahadan elde edilen titreşim sinyallerinin zaman tanım alanındaki hikeyeleri Şekil 2.2.1'de, frekans tanım alanında çizilmiş olan yapı davranışının frekans muhteviyatı ise Şekil 2.2.2'de girdi-çıkı ilişkilerini yansıtacak transfer fonksiyonlar ise Şekil 2.2.3'de x ve y yönleri için verilmiştir.

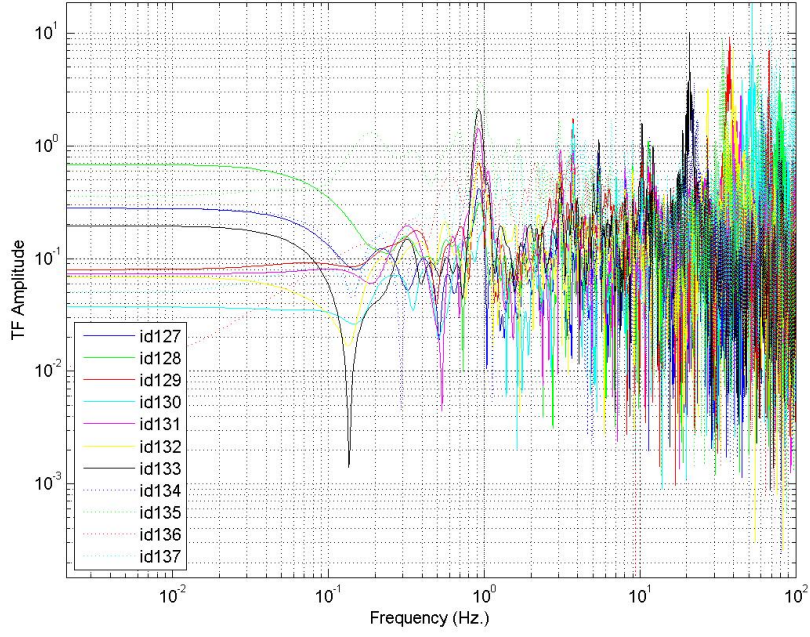


Şekil 2.2.1 Aydın Bak binası çevrel titreşimlerin neden olduğu üç bileşende izlenen yapısal titreşimler

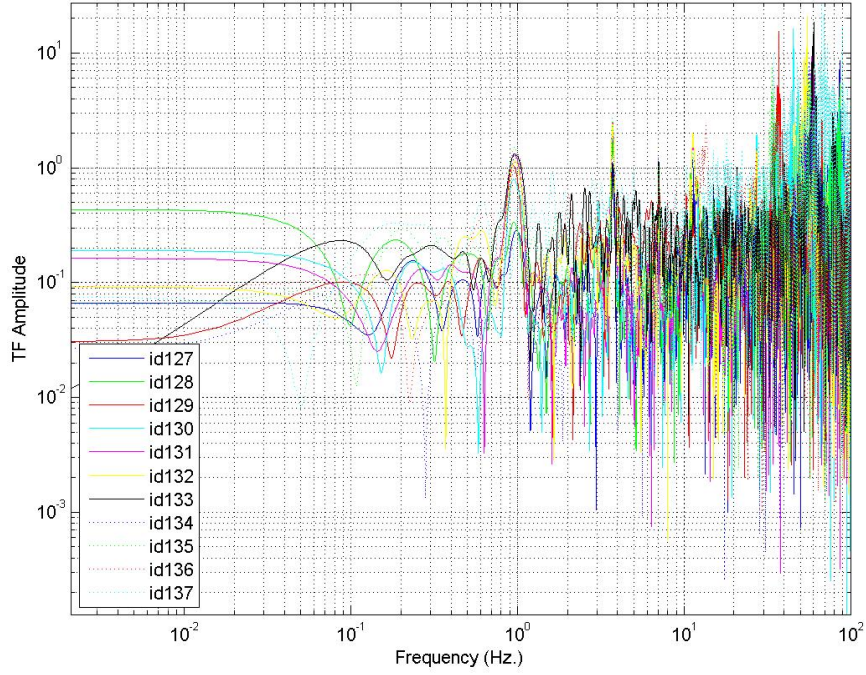


Şekil 2.2.2 Yapısal davranışın x ve y yönündeki frekans muhteviyatı

(Ambient) TFs bw The Structural Points and The Ground For aydinbak-blok-1-amb-set0-20101110-132900 FOR X



(Ambient) TFs bw The Structural Points and The Ground For aydinbak-blok-1-amb-set0-20101110-132900 For Y



Şekil 2.2.3 Yapısal sistemde meydana gelen girdi ve yapısal tepki çıktıları arasındaki ilişkileri veren transfer fonksiyonları, üstte x yönü için altta y yönü için verilmiştir

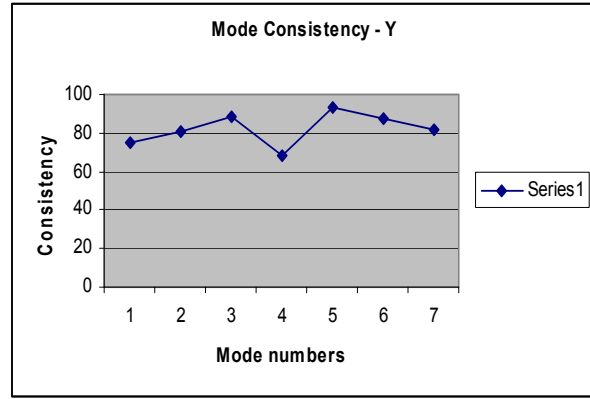
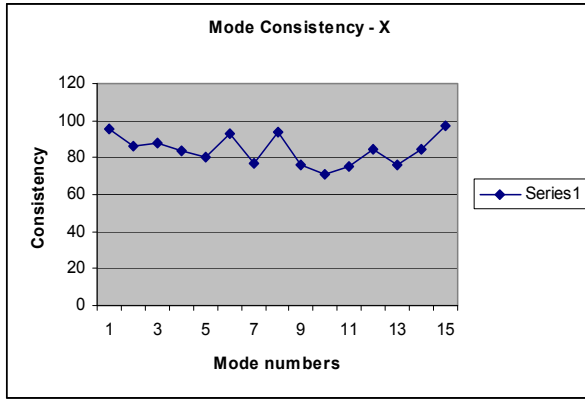


Tablo 2.2a x bileşeni için modal tutarlılık değerleri

Candidate Modes	mode4	mode6	mode10	mode11	mode15	mode17	mode18	mode19	mode22
Real Modes	mode1	mode2			mode3	mode4		mode5	mode6
Modal_Freq	0,944105	3,047947	3,723072	5,144765	7,027512	8,014322	8,095542	9,004813	11,34202
consist_mod_indicator_X	95,08578	86,42371	88,18572	84,01456	80,5042	93,15361	77,20699	94,22258	76,02191
modal_Hist_predict_indicator_X	99,97991	99,70834	99,41144	99,57825	99,31152	99,98509	99,54636	99,95488	99,8362
norm_mod_singular_value_X	38,39314	16,66855	14,12589	10,15275	7,838368	12,44111	11,35335	15,44111	15,66752
Eigen values in Z-Domain_X	0,998496	0,993604	0,991457	0,965384	0,97232	0,95883	0,965513	0,95823	0,934484

Tablo 2.2b x bileşeni için modal tutarlılık değerleri

Candidate Modes	mode3	mode7	mode10	mode11	mode14	mode17	mode20
Real modes	mode1	mode2		mode3			
Modal_Freq	0,970717	3,079941	3,735595	5,461404	7,017833	11,39001	12,17433
consist_mod_indicator_Y	74,94546	80,65275	88,65049	68,0602	93,21851	87,83899	81,86745
modal_Hist_predict_indicator_Y	98,69606	99,84133	99,90191	99,87788	99,93	99,89994	99,9994
norm_mod_singular_value_Y	38,47378	22,37685	89,26351	20,67912	100	67,34749	42,87606
Eigen values in Z-Domain_Y	0,998057	0,990237	0,992604	0,977505	0,974492	0,933975	0,92563



Şekil 2.2.4 x ve y bileşenleri için modal tutarlılık oranlarının aday modlara göre dağılımı

Yapı tanı çalışması sonucu elde edilen yapı karakteristiğini yansıtan aday modların Tablo 2.2'de verilen tutarlılık oran indeks değerleri referans alınmış ve bu yaklaşım içinde Şekil 2.2.4'de tutarlılık değer salınımlarında görüleceği gibi ilk modlarda tutarlılık %80 ve üstünde olmuştur. Ayrıca deneysel çalışma sonuçları incelendiğinde kayda giren bir çok lokal etkenin (hasarlı eleman vs.) yanısıra yüksek sensör hasaslığının sunduğu global yapısal davranışa katkı vermeyen gürültü olarak nitelendirebileceğimiz modlar da ayıklamaya tabi tutulmuşlardır. Gerçek yapısal modlar kullanılan cihaz sayısı ve serilim özelliklerinin sınırları içinde seçilmiş ve Tablo 2.2'de gösterildiği gibi renklendirilmiştir. Tablo 2.3 ve 2.4'de sırasıyla x ve y yönü için tutarlılık oranı en yüksek değerler alan gerçek modlar belirlenmiştir.

Tablo 2.3 Yapısal modlar ve modal deplasmanlar x yönü için

Ağ-Kanat-1 (ön deniz cephesi)								
Candidate Modes	mode4	mode5	mode6	mode10	mode11	mode15	mode17	mode19
Real Modes	mode1	mode2	mode3	mode4	mode5	mode6	mode7	mode8
Modal Freq	0,944105	1,303456	3,047947	3,723072	5,144765	7,027512	8,014322	9,004813
id127	0,154002	0,021248	0,608	0,061527	0,009027	0,213129	0,094012	0,697297
id129	0,394151	-0,11484	0,83002	-1	-0,01353	-0,99807	-0,02144	-0,0551
id131	0,664261	-0,02809	0,887008	-0,54718	-0,0554	-0,05568	0,029518	-0,73046
id133	0,830283	-0,0113	0,307363	-0,16975	-0,05521	0,290444	-0,09801	0,302746
id135	1	-1	-1	0,465155	-1	-0,69236	0,084166	-0,48823
Ağ-Kanat-2 (arka kara cephesi)								
Candidate Modes	mode4	mode5	mode6	mode10	mode11	mode15	mode17	mode19
Real Modes	mode1	mode2	mode3	mode4	mode5	mode6	mode7	mode8
Modal Freq	0,944105	1,303456	3,047947	3,723072	5,144765	7,027512	8,014322	9,004813
id128	-0,12073	-0,02441	0,443304	-0,1873	0,029054	-0,40703	0,049235	-0,96976
id130	-0,25531	-0,09667	0,61477	-0,9108	-0,02052	-1	-0,03922	0,022703
id132	-0,4893	0,101211	0,765835	0,33809	-0,0364	-0,28211	0,023843	1
id134	-0,61967	0,043409	0,229929	-0,01779	-0,02598	0,211321	0,031618	-0,44061
id136	-0,82233	-0,0942	-0,77416	-0,01929	0,019716	-0,10662	1	0,600289

Tablo 2.4 Yapısal modlar ve modal deplasmanlar y yönü için

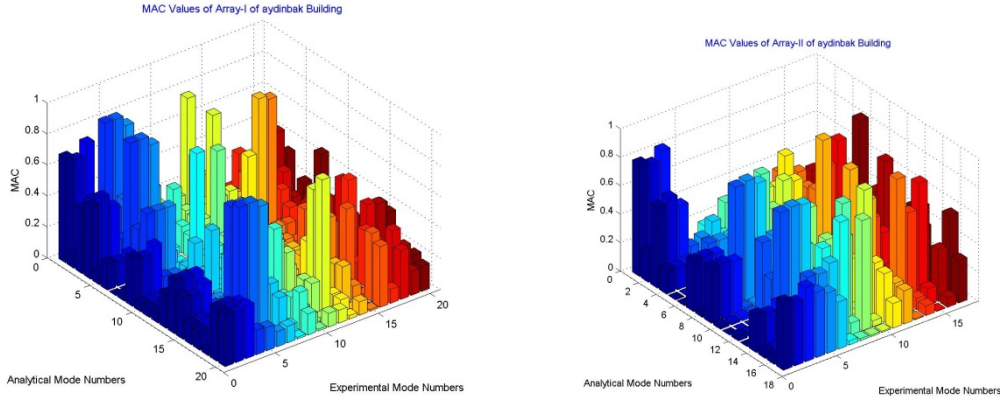
Ağ-Kanat-1(ön deniz cephesi)								
Candidate Modes	mode3	mode7	mode10	mode11	mode14	mode17	mode20	mode21
Real Modes	mode1	mode2	mode3	mode4	mode5	mode6	mode7	mode8
Modal Freq	0,970717	3,079941	3,735595	5,461404	7,017833	11,39001	12,17433	13,48572
id127	0,174464	0,013121	0,499289	0,018602	0,850611	1	0,129846	0,070298
id129	0,372932	-0,91934	0,831161	1	0,627484	0,038045	0,877971	0,070234
id131	0,610742	-0,26668	0,909361	-0,33231	-0,28025	0,207001	-0,35847	-0,10815
id133	0,785136	0,149459	0,347239	-0,14191	-0,9719	-0,08183	-0,18325	0,0648
id135	1	0,357661	-1	0,570703	0,792684	0,160711	-0,14645	-0,13076
Ağ-Kanat-2 (arka kara cephesi)								
Candidate Modes	mode3	mode7	mode10	mode11	mode14	mode17	mode20	mode21
Real Modes	mode1	mode2	mode3	mode4	mode5	mode6	mode7	mode8
Modal Freq	0,970717	3,079941	3,735595	5,461404	7,017833	11,39001	12,17433	13,48572
id128	0,20207	-0,3203	0,617773	0,591623	0,809254	-0,21315	-0,30486	0,116669
id130	0,434474	-1	0,860415	0,766972	0,573379	-0,01179	1	-0,02131
id132	0,52292	0,185536	0,9404	-0,14759	-0,31865	0,227096	0,169343	-0,09201
id134	0,767561	0,020644	0,305971	-0,22829	-1	-0,08379	0,075573	0,168699
id136	0,677833	0,121243	-0,70285	0,146293	0,404911	-0,07376	0,223971	-1

### 2.3 Sonlu Eleman Model Güncellenmesi

Serbest titreşim veya zorlama altında tek dinamik yük ve/veya toplam dinamik yük şartlarında davranışları izlenen çalışma yapısı için oluşturulmuş olan nümerik modellerin benzeşim çalışmaları içinde model kalibrasyonlarında yapıdan elde edilen karakteristik modal bilgiler kullanılmıştır. Çalışmada hedef nümerik modelde hâkim yatay ilk x ve y yönü yatay modların mevcut yapıda alınan deneysel verilerden elde edilen ilk yatay modlarla tutarlılığının sağlanması olduğuna göre bazı yapılarda ilk modların burulma çıkması durumunda sonraki mod sıralarına bakarak değerlendirmemizi yapacağımız akıldan çıkarılmamalıdır. İleri kayan yanal modlarda özellikle verilere hiç dokunulmamış,

nümerik model yorumunun bir sonraki kısımda verilen ilgili modal kütle katılım oranı tablosunda renklendirilmiş olan yanal mod sırasına göre değerlendirilmesi yapılmıştır.

Çalışılan mevcut yapının üstünde ölçülen davranışları aynı doğrulukta sonlu eleman modelinde elde edilebilmesi için deneysel ve analitik modellerin modal şekiller arası korelasyon teknikleriyle (örneğin; *MAC*, *COMAC* veya *ICOMAC*) değerlendirme yapılmış ölçülen hata matrisinin minimize edilme teknikleri nümerik modele uygulanarak model kalibrasyonları tamamlanmıştır. Türk Deprem Yönetmeliğinin (2007) 7.4.5, 7.4.6 ve 7.4.7 şartlarını sağlayan analitik model daha sonra hasar görülebilirlik analizlerinde kullanılmıştır.



Şekil 2.3.1 Aydın Bak–I binasından elde edilen iki veri setine göre mod gerçekleşme değerleri

Şekil 2.3.1’de Aydın Bak 1 binasından elde edilen iki veri setinin modal davranışlarıyla nümerik modelin davranışları arasında güncellemeden sonra hesaplanan mod gerçekleşme değerlerinin modlar arası etkilerini göz önüne alan dağılımı verilmiştir. Takip eden bölümde verilen Tablo 2.4.1’de nümerik model modal kütle katılım oranlarının zayıf burulmalı hâkim yanal modun y yönünde %88 ile yer aldığı, 2. sırada %45 ile burulma ve 3. sırada %22 burulma etkisinde x yönü ilk yatay modal davranışın gerçekleştiğini görülüyor. Bu yapısal davranış özelliği deneysel ile sayısal modların istatistikî mukayesesinde kendini göstermektedir. Çalışmamızda hâkim yanal mod tutarlılığının sağlanması bazı analizlerde yeterli olması nedeniyle güncellenmiş sonlu eleman modelinin güvenilir olarak analizlerde kullanılabilme imkanı oluşmuştur. Bu sonuçlar deprem sonrası oluşan hasarlı mevcut yapı davranışı ile örtüşmesini sağlayan yapı mühendislik parametreleriyle elde edilmiştir. Deprem öncesi yapısal şartlar hasarla oluşan mafsalların rijid eleman birleşim noktalarına çevrilmesiyle elde edilmiştir.

## 2.4 Modal Analiz Sonuçları

Yapı analizinde, günümüz hesap teknolojileri içinde kullanılan sonlu eleman analiz (SEA) paket programlarından SAP2000 (2011) yazılımı modal analizlerde kullanılmıştır. Analizi yapılacak yapının geometrik, malzeme, yük ve sınır şartlarının laboratuvar ve arazi raporlarından derlenen bilgiler ışığında modellenmesiyle güvenilir ve gerçeğe yakın yapı nümerik model modal davranışı elde edilmiştir. Yapının titreşim modlarının, modal frekanslarının ve mod şekil bilgilerinin çalıştığımız mevcut yapıyı temsil etme tutarlılığını yükseltmek için uygulanan güncellemeler sonucu kalibre edilmiş mühendislik parametreleriyle gerçeği olabilecek doğrulukta yansıtan ve modelmeden kaynaklanan hataları tartışma dışına çıkaran son nümerik model sonuçlarıyla, deneysel modal sonuçlarını kabul edilebilir seviyede ilk önemli hâkim modlar için örtüştüren güncellenmiş modelin modal frekansları ve modal kütle katılım oranları Tablo 2.4.1’de özetlenmiştir.

Tablo 2.4.1 Modal kütle katılım oranları

Modal Participating Mass Ratios										
OutputCase	StepType	StepNum	Period	Frequency	UX	UY	UZ	RX	RY	RZ
Text	Text	Unitless	Sec	Cyc/sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	1,046126	0,95591	6,83E-09	0,88745	4,55E-10	0,60426	2,83E-10	0,25559
MODAL	Mode	2	1,005871	0,99416	1,77E-05	0,0541	4,8E-10	0,03682	1,05E-05	0,45766
MODAL	Mode	3	0,87215	1,1466	0,91648	1,26E-06	1,33E-06	1,22E-07	0,50638	0,22077
MODAL	Mode	4	0,310513	3,2205	9,36E-09	0,04616	5,6E-09	0,0347	1,35E-09	0,01401
MODAL	Mode	5	0,293043	3,4125	1,18E-06	0,0021	2,05E-09	0,00165	1,69E-07	0,02279
MODAL	Mode	6	0,254087	3,9357	0,06172	6,01E-08	1,05E-05	1,76E-06	0,02074	0,01491
MODAL	Mode	7	0,165816	6,0308	2,47E-09	0,00679	1,31E-10	0,00089	1,15E-10	0,00178
MODAL	Mode	8	0,155176	6,4443	1,66E-07	0,00044	7,98E-09	5,2E-05	6,41E-09	0,00436
MODAL	Mode	9	0,129574	7,7176	0,01398	5,93E-09	2,72E-05	6,13E-06	0,00095	0,00339
MODAL	Mode	10	0,112327	8,9026	1,84E-09	0,0021	7,48E-10	0,00202	4,81E-10	0,00062
MODAL	Mode	11	0,10167	9,8357	7,36E-08	8,64E-05	8,86E-08	0,00012	8,91E-08	0,00139
MODAL	Mode	12	0,088911	11,247	0,00026	4,25E-11	0,18322	0,04264	0,00178	6,3E-05

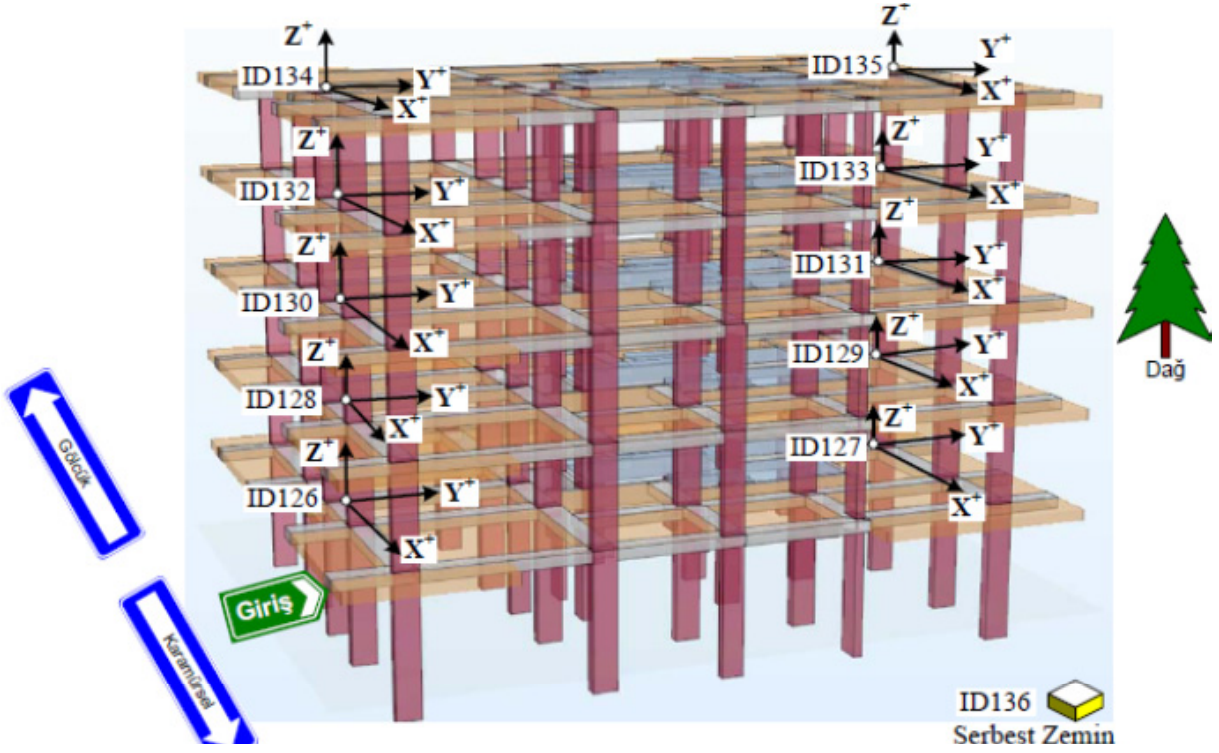
Önemli modların bulunduğu hücrelerin renklendirildiği Tablo 2.4.1'den görüleceği gibi yapı %88'lik bir modal kütle katılım oranıyla ilk hâkim modunu x yönünde yaparken %25'lik modal kütle katılım oranıyla burulmalı bir yanal mod sergilediği anlaşılmaktadır. %45 oranında modal kütle katılımlarıyla burulma 2. sırada görülürken 3. sırada %22 modal kütle katılım oranında burulmaya maruz kalmış %91'lik x yönü yanal mod ile bir burulmalı ötelenme gerçekleşmektedir. Sonrasında y yönünde %4.6 ve x yönünde %6 modal kütle katılım oranları olan modlar görülmektedir. Yapının ilk modlarında görülen burulma etkisi statik olarak kararlı olan bu hasarlı yapıda oluşan mevcut durumun burulmayı tetiklediği anlaşılabilmektedir.

## 2.5 Sonuç

Serbest titreşim yük şartlarında davranışları izlenen çalışma yapısı için oluşturulmuş olan nümerik model güncellenmiş son haliyle hedef hâkim yatay x ve y yönü modlarını mevcutta izlendiği gibi yeterli tutarlılık seviyesinde sağlamıştır. Mevcut yapı davranışı ile örtüşmesini sağlayan yapı mühendislik parametreleri elde tutularak deprem öncesi yapısal şartlar hasarla oluşan mafsalların rijit eleman birleşim noktalarına çevrilmesiyle elde edilmiştir.



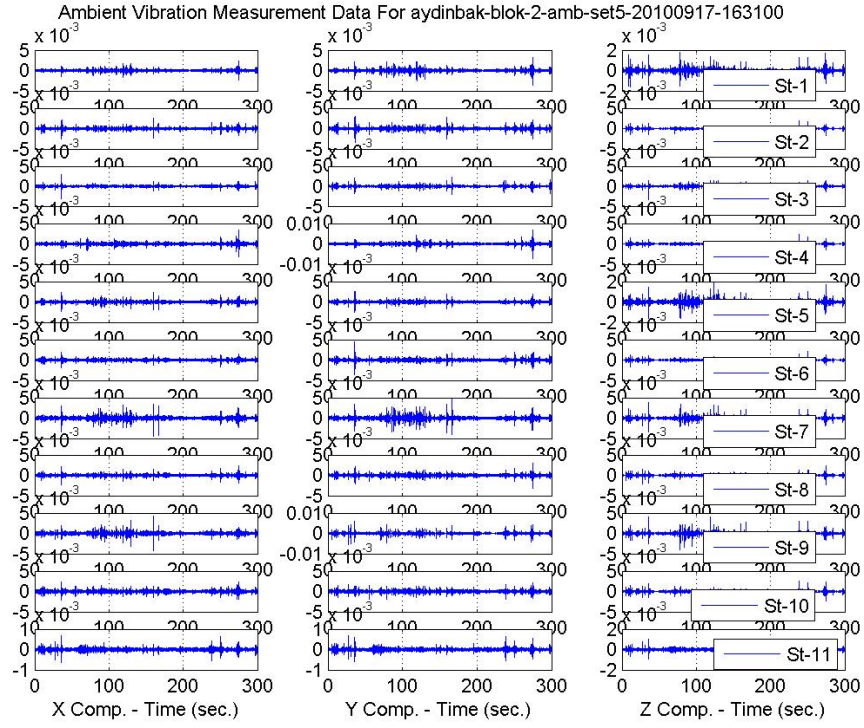




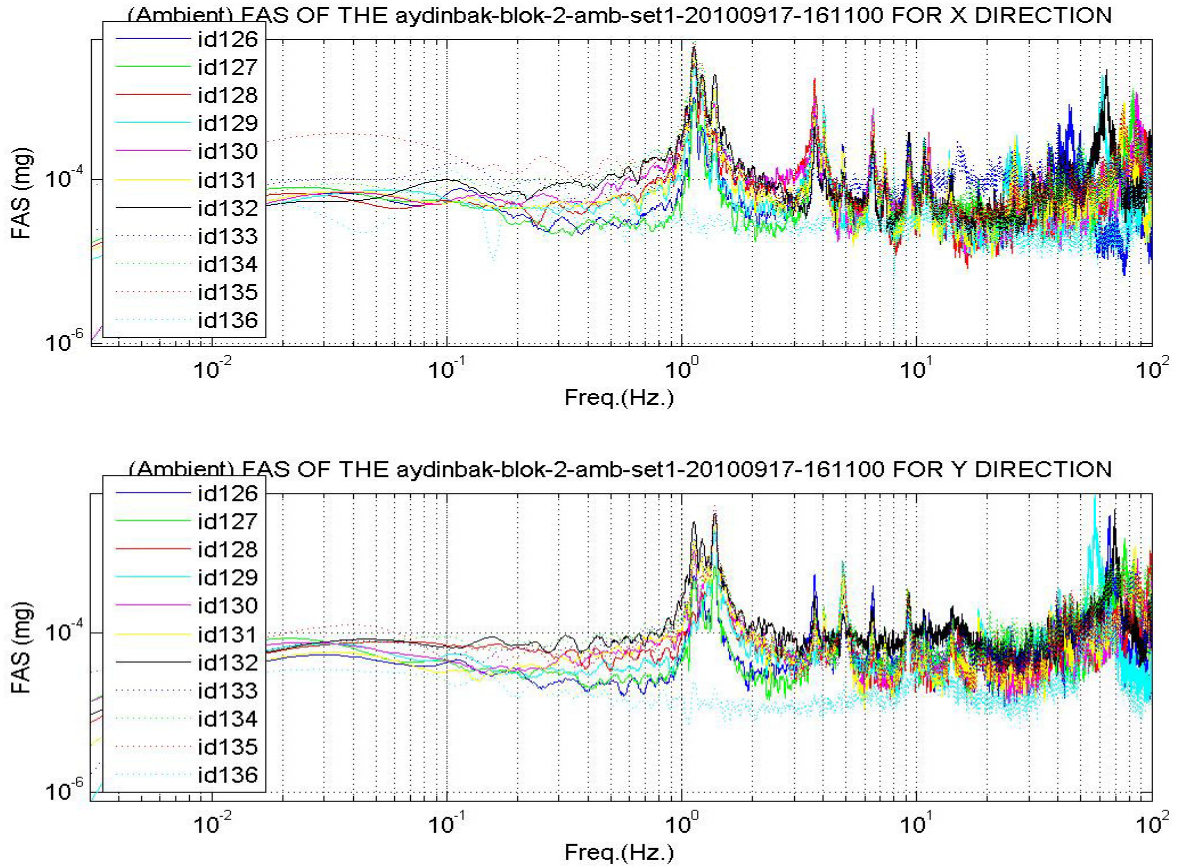
Şekil 3.2 Üç boyutlu sonlu eleman yapı modeli üzerinde kurulan ağ

### 3.2 Yapı Tanılama Sonuçları

Kocaeli-Halıderede bulunan Aydın Bak apartmanları betonarme karkas inşaat halindeyken depreme yakalanmış, hasarlar oluşmuş ve sonraki süreçte inşaatları durdurulmuştur. Çalışılan 2nci bloğun son kat döşemesi henüz dökülmemişken depreme maruz kalmıştır. Çalışılan zaman diliminde alınan izinler çerçevesinde hasarlı olan 2nci bloğun çevrel titreşim ölçümleri yapılmış, lojistik imkanlar dahilinde yapay deprem şartları harmonik kuvvetler etkisinde uygulanarak zorlama kuvvetlere karşı davranışı izlenmiştir. Ayrıca yapı civarında alınan açık saha mikro-titreşimleri (microtremors) yerel zemin şartlarında yapıya giren titreşim kaynağını oluşturan yerel etkenler olarak kaydedilmiştir. Yapı üzerinde ve açık sahadan elde edilen titreşim sinyallerinin zaman tanım alanındaki hikeyeleri Şekil 3.2.1'de, frekans tanım alanında çizilmiş olan yapı davranışının frekans muhteviyatı ise Şekil 3.2.2'de girdi-çıkı ilişkilerini yansıtacak transfer fonksiyonlar ise Şekil 3.2.3'de x ve y yönleri için verilmiştir.



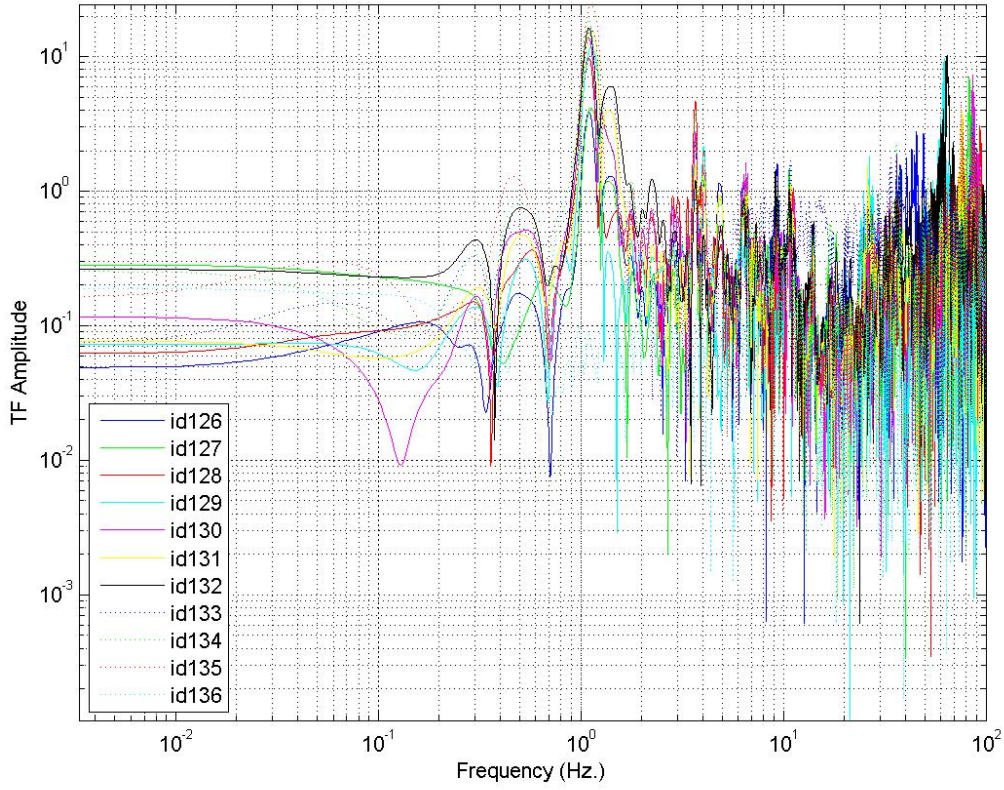
Şekil 3.2.1 Aydın Bak binası çevrel titreşimlerin neden olduğu üç bileşende izlenen yapısal titreşimler



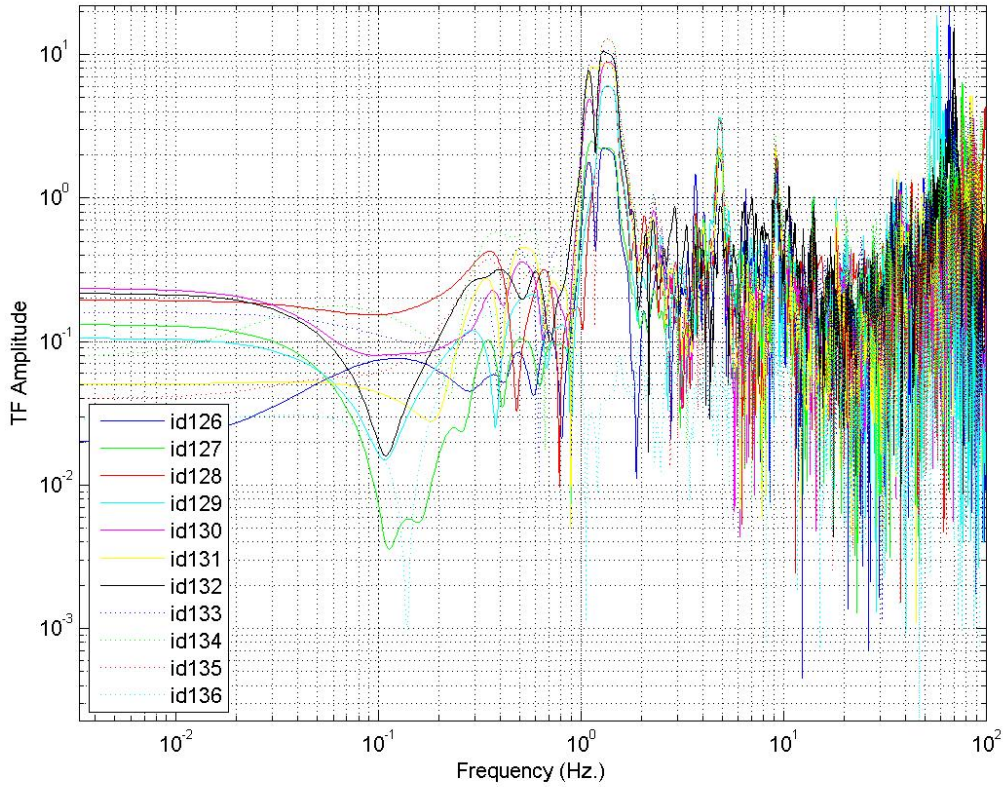
Şekil 3.2.2 Yapısal davranışın x ve y yönündeki frekans muhteviyatı



(Ambient) TFs bw The Structural Points and The Ground For aydinbak-blok-2-amb-set1-20100917-161100 FOR X



(Ambient) TFs bw The Structural Points and The Ground For aydinbak-blok-2-amb-set1-20100917-161100 For Y



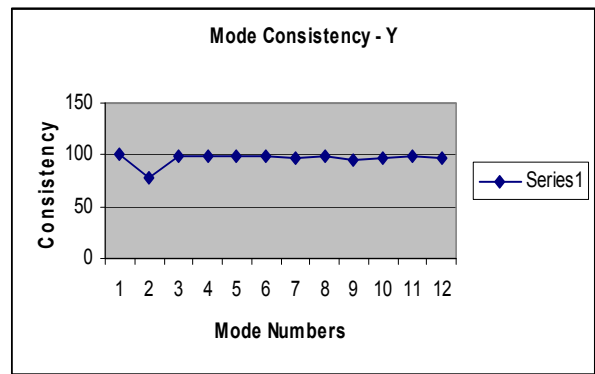
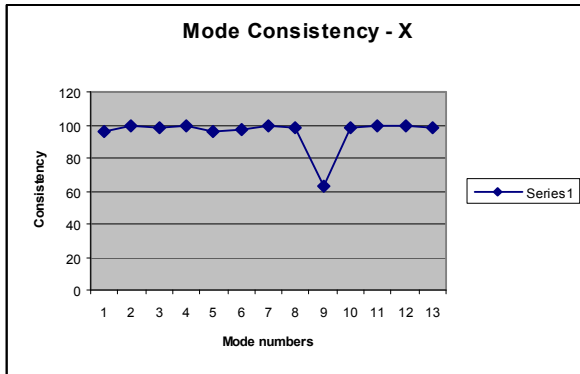
Şekil 3.2.3 Yapısal sistemde meydana gelen girdi ve yapısal tepki çıktıları arasındaki ilişkileri veren transfer fonksiyonları, üstte x yönü için altta y yönü için verilmiştir

Tablo 3.2a x bileşeni için modal tutarlılık değerleri

Candidate Modes	mode2	mode3	mode4	mode5	mode6	mode7	mode8	mode9	mode10	mode11
Real modes	mode1				mode2			mode3		
Modal_Freq	1,13286	1,216807	1,380153	3,680091	4,029104	4,86332	6,507744	7,316427	9,185138	9,3046
consist_mod_indicator_X	95,62348	98,93127	98,75541	99,74835	96,32193	97,57719	99,51574	97,99206	62,69759	98,42854
modal_Hist_predict_indicator_X	99,9495	99,99914	99,99952	99,99989	99,97102	99,99305	99,99946	99,99837	99,9998	99,99953
norm_mod_singular_value_X	63,00784	100	67,47299	64,33702	28,23889	14,45321	47,42015	26,60106	41,97648	58,01385
Eigen values in Z-Domain_X	0,999135	0,999033	0,998705	0,992257	0,99117	0,986814	0,978054	0,97193	0,956089	0,954749

Tablo 3.2b y bileşeni için modal tutarlılık değerleri

Candidate Modes	mode7	mode8	mode10	mode12	mode13	mode14	mode15	mode16	mode17
Real Modes	mode1				mode2			mode3	
Modal_Freq	1,379444	1,913188	3,67605	4,0289	4,868122	6,511965	7,319722	9,195774	9,300834
consist_mod_indicator_Y	99,87924	78,63611	99,46642	99,41403	99,6272	98,96695	97,06675	98,12575	95,01849
modal_Hist_predict_indicator_Y	99,99998	99,96533	99,99971	99,99992	99,99981	99,99932	99,99786	99,99994	99,99937
norm_mod_singular_value_Y	100	7,882512	16,33108	21,79583	30,80193	19,24751	6,652167	48,55984	17,10228
Eigen values in Z-Domain_Y	0,998775	0,983015	0,992155	0,990425	0,987176	0,977699	0,970072	0,956242	0,954886



Şekil 3.2.4 x ve y bileşenleri için modal tutarlılık oranlarının aday modlara göre dağılımı

Yapı tanı çalışması sonucu elde edilen yapı karakteristiğini yansıtan aday modların Tablo 3.2'de verilen tutarlılık oran indeks değerleri referans alınmış ve bu yaklaşım içinde Şekil 3.2.4'de tutarlılık değer salınımlarında görüleceği gibi analizlerde önemli olan ilk modlar modal tutarlılığı %90-%100'e yakın tutarlılık oranını sağlamıştır. Ayrıca deneysel çalışma sonuçları incelendiğinde kayda giren bir çok lokal etkenin (hasarlı eleman vs.) yanısıra yüksek sensör hasaslığının sunduğu global yapısal davranışa katkı vermeyen gürültü olarak nitelendirebileceğimiz modlar da ayıklamaya tabi tutulmuşlardır. Gerçek yapısal modlar kullanılan cihaz sayısı ve serilim özelliklerinin sınırları içinde seçilmiş ve Tablo 3.2'de gösterildiği gibi renklendirilmiştir. Tablo 3.3 ve 3.4'de sırasıyla x ve y yönü için tutarlılık oranı en yüksek değerler alan gerçek modlar belirlenmiştir.

Tablo 3.3 Yapısal modlar ve modal deplasmanlar x yönü için verilmiştir

Ağ-Kanat-1(Sea Side)									
Candidate modes	mode2	mode4	mode5	mode6	mode7	mode8	mode9	mode10	mode11
Real Modes	mode1	mode2	mode3	mode4	mode5	mode6	mode7	mode8	mode9
Modal Freq	1,13286	1,380153	3,680091	4,029104	4,86332	6,507744	7,316427	9,185138	9,3046
id126	0,194852	0,213841	0,543373	0,325165	1	0,870873	0,640663	1	0,798499
id128	0,502701	0,100135	1	0,658047	0,334625	0,513147	0,474397	-0,12981	-0,47885
id130	0,737991	-0,35233	0,595983	0,436543	-0,46283	-1	-0,72403	0,206916	-0,52785
id132	0,811556	1	-0,26013	-0,09991	-0,45655	-0,46108	-0,47173	-0,39054	1
id134	1	-0,33406	-0,89528	-0,61399	0,398719	0,84874	0,719307	-0,31032	-0,67419
Ağ-Kanat-2(Land Side)									
Candidate modes	mode2	mode4	mode5	mode6	mode7	mode8	mode9	mode10	mode11
Real Modes	mode1	mode2	mode3	mode4	mode5	mode6	mode7	mode8	mode9
Modal Freq	1,13286	1,380153	3,680091	4,029104	4,86332	6,507744	7,316427	9,185138	9,3046
id127	0,177636	-0,19672	0,330998	-0,52874	-0,75426	0,63956	-1	-0,47182	0,606791
id129	0,475156	-0,07118	0,570245	-1	0,010207	0,338183	-0,62773	-0,17602	-0,33848
id131	0,669057	-0,66099	0,311186	-0,60205	-0,79405	-0,65148	0,910762	0,363299	-0,31421
id133	0,702538	-0,81912	-0,16729	0,197672	0,173244	-0,27007	0,490857	0,790504	0,583036
id135	0,9845	0,176038	-0,53606	0,923849	-0,36984	0,626876	-0,99838	0,102432	-0,56047

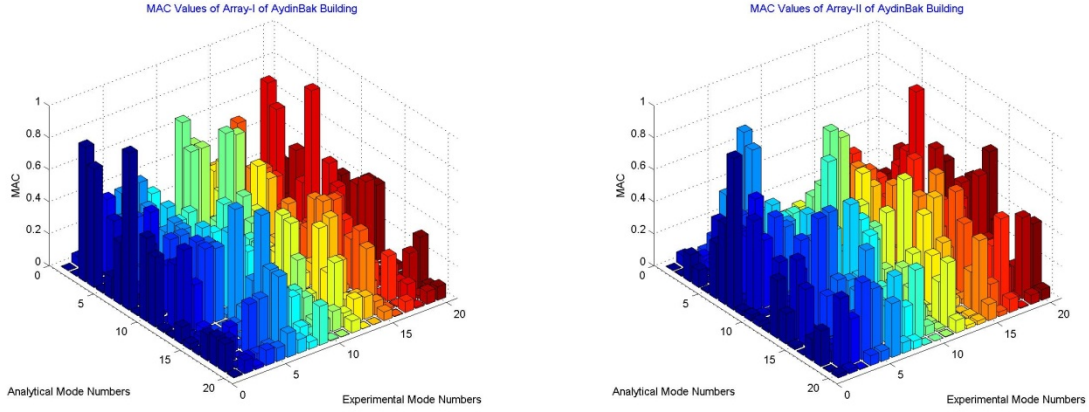
Tablo 3.4 Yapısal modlar ve modal deplasmanlar y yönü için verilmiştir

Ağ-Kanat-1(Sea Side)												
Candidate Modes	mode7	mode8	mode10	mode12	mode13	mode14	mode15	mode16	mode18	mode19	mode21	mode22
Real Modes	mode1	mode2	mode3	mode4	mode5	mode6	mode7	mode8	mode9	mode10	mode11	mode12
Modal Freq	1,379444	1,913188	3,67605	4,0289	4,868122	6,511965	7,319722	9,195774	10,77033	11,28986	13,66218	14,09003
id126	0,167328	0,044051	1	0,836524	0,515664	1	0,892797	0,807033	0,949258	1	1	0,866575
id128	0,464708	1	0,319998	0,405969	0,963279	0,136159	0,155972	0,583016	-0,10585	-0,26283	-0,22942	-0,48262
id130	0,696251	0,060225	-0,39192	-0,33442	0,610099	0,414809	0,155269	-0,87643	0,223948	-0,44513	-0,27127	-0,53731
id132	0,781241	0,261808	-0,50747	-0,36025	-0,22439	-0,53465	-0,64461	-0,72516	1	-0,82229	-0,9771	0,928591
id134	0,994894	-0,15479	0,37463	0,155044	-0,99642	-0,24673	-0,02516	0,9956	0,027262	-0,065	-0,16144	-0,65895
Ağ-Kanat-2(Land Side)												
Candidate Modes	mode7	mode8	mode10	mode12	mode13	mode14	mode15	mode16	mode18	mode19	mode21	mode22
Real Modes	mode1	mode2	mode3	mode4	mode5	mode6	mode7	mode8	mode9	mode10	mode11	mode12
Modal Freq	1,379444	1,913188	3,67605	4,0289	4,868122	6,511965	7,319722	9,195774	10,77033	11,28986	13,66218	14,09003
id127	0,17246	0,021368	-0,44051	1	0,555895	-0,49212	1	0,958995	0,893404	-0,55513	0,951093	0,978116
id129	0,472514	0,117544	0,082543	-0,03962	1	0,066072	0,047329	0,585958	-0,06523	-0,09971	-0,07142	-0,6003
id131	0,67108	0,203488	-0,33382	0,853157	0,596588	0,459944	-0,72532	-0,91369	-0,40449	-0,39757	0,596865	-0,55543
id133	0,82608	-0,0212	0,202049	-0,3785	-0,26736	0,166096	-0,46256	-0,53055	0,917082	0,173935	-0,30773	1
id135	1	0,135105	-0,29212	0,464194	-0,9948	0,20717	-0,25178	1	0,127322	0,091546	-0,17536	-0,72783

### 3.3 Sonlu Eleman Model Güncellenmesi

Serbest titreşim veya zorlama altında tek dinamik yük ve/veya toplam dinamik yük şartlarında davranışları izlenen çalışma yapısı için oluşturulmuş olan nümerik modellerin benzeşim çalışmaları içinde model kalibrasyonlarında yapıdan elde edilen karakteristik modal bilgiler kullanılmıştır. Çalışmada hedef nümerik modelde hâkim yatay ilk x ve y yönü yatay modların mevcut yapıda alınan deneysel verilerden elde edilen ilk yatay modlarla tutarlılığının sağlanması olduğuna göre bazı yapılarda ilk modların burulma çıkması durumunda sonraki mod sıralarına bakarak değerlendirmemizi yapacağımız akıldan çıkarılmamalıdır. İleri kayan yanal modlarda özellikle verilere hiç dokunulmamış, nümerik model yorumunun bir sonraki kısımda verilen ilgili modal kütle katılım oranı tablosunda renklendirilmiş olan yanal mod sırasına göre değerlendirilmesi yapılmıştır.

Çalışılan mevcut yapının üstünde ölçülen davranışları aynı doğrulukta sonlu eleman modelinde elde edilebilmesi için deneysel ve analitik modellerin modal şekiller arası korelasyon teknikleriyle (örneğin; *MAC*, *COMAC* veya *ICOMAC*) değerlendirme yapılmış ölçülen hata matrisinin minimize edilme teknikleri nümerik modele uygulanarak model kalibrasyonları tamamlanmıştır. Türk Deprem Yönetmeliğinin (2007) 7.4.5, 7.4.6 ve 7.4.7 şartlarını sağlayan analitik model daha sonra hasar görebilirlik analizlerinde kullanılmıştır.



Şekil 3.3.1 Aydın Bak–II binasından elde edilen iki veri setine göre mod gerçekleşme değerleri

Şekil 3.3.1’de Aydın Bak–II binasından elde edilen iki veri setinin modal davranışıyla nümerik modelin davranışları arasında güncellemeden sonra hesaplanan mod gerçekleşme değerlerinin modlar arası etkilerini göz önüne alan dağılımı verilmiştir. Takip eden bölümde verilen Tablo 3.4.1’de nümerik model modal kütle katılım oranı ilk burulma modu vermektedir. Hâkim yanal modun x yönünde %91 ile yer aldığı, 2. sırada %22 ile burulma ve 3. sırada %88 ile %56 lık burulma etkisinde y yönü ilk yatay modal davranışın gerçekleştiğini görülmüyor. Bu yapısal davranış özelliği deneysel ile sayısal modların istatistiki mukayesesinde kendini göstermektedir. Modlar her bir bileşen için ayrı guruplara ayrılmadığından yanal modlar ileri sırada gözükmemektedir. Ayrıca yapının önemli mertebede orta hasardan göçme öncesi hasar seviyesine kayan hasar tablosu içinde statikce oluşan kararlı durum da alınan çevrel titreşim sonuçları mevcut durumu değerlendirmede kullanılmıştır. Çalışmamızda hâkim yanal mod tutarlılığının sağlanması analizlerde yeterli olması nedeniyle güncellenmiş sonlu eleman modelinin güvenilir olarak analizlerde kullanılabilme imkanı oluşmuştur. Bu sonuçlar deprem sonrası oluşan hasarlı mevcut yapı davranışı ile örtüşmesini sağlayan yapı mühendislik parametreleriyle elde edilmiştir. Deprem öncesi yapısal şartlar hasarla oluşan mafsalların rijid eleman birleşim noktalarına çevrilmesiyle elde edilmiştir.

### 3.4 Modal Analiz Sonuçları

Yapı analizinde, günümüz hesap teknolojileri içinde kullanılan sonlu eleman analiz (SEA) paket programlarından SAP2000 (2011) yazılımı modal analizlerde kullanılmıştır. Analizi yapılacak yapının geometrik, malzeme, yük ve sınır şartlarının laboratuvar ve arazi raporlarından derlenen bilgiler ışığında modellenmesiyle güvenilir ve gerçeğe yakın yapı nümerik model modal davranışı elde edilmiştir. Yapının titreşim modlarının, modal frekanslarının ve mod şekil bilgilerinin çalıştığımız mevcut yapıyı temsil etme tutarlılığını yükseltmek için uygulanan güncellemeler sonucu kalibre edilmiş mühendislik parametreleriyle gerçeği olabilecek doğrulukta yansıtan ve modellemeden kaynaklanan hataları tartışma dışına çıkaran son nümerik model sonuçlarıyla, deneysel modal sonuçlarını kabul edilebilir seviyede ilk önemli hâkim modlar için örtüştüren güncellenmiş modelin modal frekansları ve modal kütle katılım oranları Tablo 3.4.1’de özetlenmiştir.



Tablo 3.4.1 Modal kütle katılım oranları

Modal Participating Mass Ratios										
OutputCase	StepType	StepNum	Period	Frequency	UX	UY	UZ	RX	RY	RZ
Text	Text	Unitless	Sec	Cyc/sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	0,852546	1,173	0,00026	0,04873	9,14E-10	0,03025	0,00012	0,14293
MODAL	Mode	2	0,838622	1,1924	0,91645	0,00016	1,5E-06	0,00011	0,42935	0,22428
MODAL	Mode	3	0,809981	1,2346	7,92E-05	0,88223	1,9E-09	0,54856	3,75E-05	0,56089
MODAL	Mode	4	0,244685	4,0869	9,58E-07	0,00717	2,77E-10	0,00323	1,77E-07	0,00358
MODAL	Mode	5	0,233999	4,2735	0,00607	0,04202	1,35E-06	0,01975	0,00147	0,048
MODAL	Mode	6	0,233768	4,2777	0,05496	0,00458	8,9E-06	0,002	0,01349	0,00309
MODAL	Mode	7	0,125605	7,9615	2,86E-08	0,00177	9,41E-11	6,37E-05	5,68E-11	0,00063
MODAL	Mode	8	0,119394	8,3756	3,84E-07	0,00919	9,03E-09	0,00036	8,43E-10	0,00783
MODAL	Mode	9	0,114751	8,7145	0,01477	1,52E-07	4,62E-05	1,26E-05	0,00051	0,00355
MODAL	Mode	10	0,093683	10,674	6,46E-11	7,27E-06	1,34E-08	0,00845	9,52E-13	1,68E-05
MODAL	Mode	11	0,093578	10,686	0,00016	7,35E-12	0,05464	0,01561	5,21E-05	3,83E-05
MODAL	Mode	12	0,089205	11,21	4,14E-05	3,58E-14	0,00848	0,00243	0,00016	1,01E-05

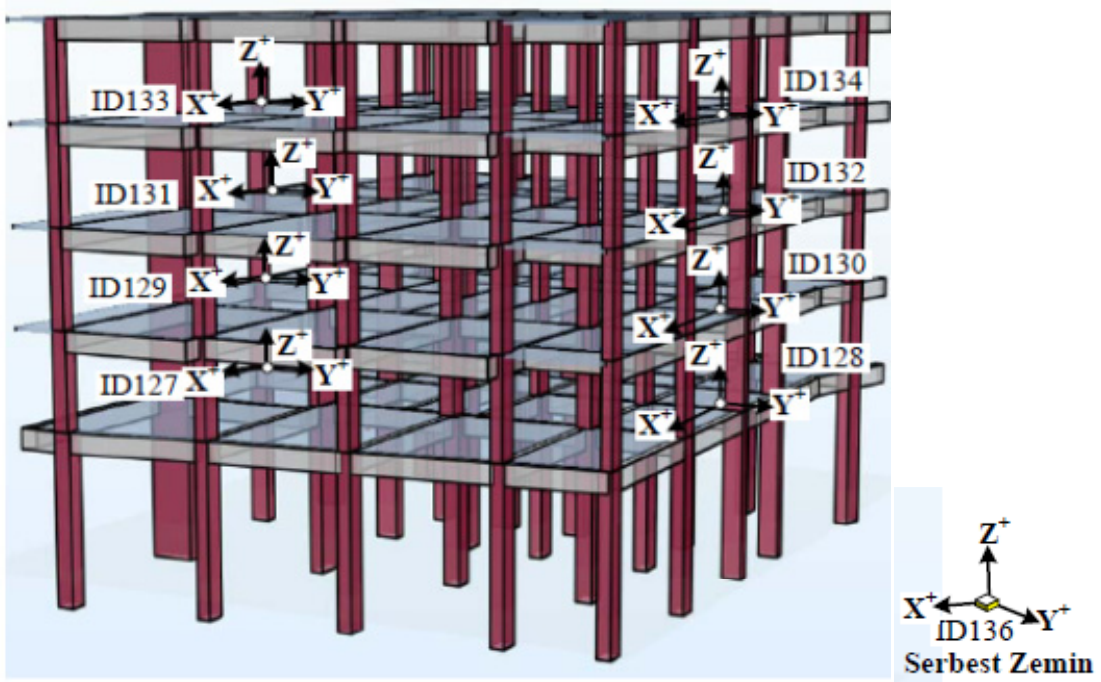
Önemli modların bulunduğu hücrelerin renklendirildiği Tablo 3.4.1'den görüleceği gibi yapı yaklaşık %5'lik modal kütle katılım oranını y yönünde yaparken %14'lük modal kütle katılım oranıyla aslında burulma ilk mod olarak gerçekleşmektedir. %91 oranında modal kütle katılımı x yönünde gerçekleşirken %22 ile burulmalı bir yanal mod davranışı 2. sırada görülmektedir. Benzer burulmalı yanal mod davranışı y yönünde %88 ve z etrafında %56 ile 3. sırada gerçekleşmektedir. Sonrasında yaklaşık % 5 modal kütle katılım oranıyla burulma modu ortaya bir daha çıkarken %4'lük modal kütle katılım oranıyla y yönündeki yanal mod yapının modal davranışını tam yanal mod özelliğinden uzaklaştırmaktadır. %5'lik ve %1.5'lük modal kütle katılım oranlarının gözükmediği x yönündeki yanal modlar 6 ve 9. sırada görülmektedir. Yapının ilk modlarında görülen burulma etkisi statik olarak kararlı olan bu hasarlı yapıda oluşan mevcut durumun burulmayı tetiklediğine karar verilmiştir.

### 3.5 Sonuç

Serbest titreşim yük şartlarında davranışları izlenen çalışma yapısı için oluşturulmuş olan nümerik model güncellenmiş son haliyle hedef hâkim yatay x ve y yönü modlarını mevcutta izlendiği gibi yeterli tutarlılık seviyesinde sağlamıştır. Mevcut yapı davranışı ile örtüşmesini sağlayan yapı mühendislik parametreleri elde tutularak deprem öncesi yapısal şartlar hasarla oluşan mafsalların rijid eleman birleşim noktalarına çevrilmesiyle elde edilmiştir.



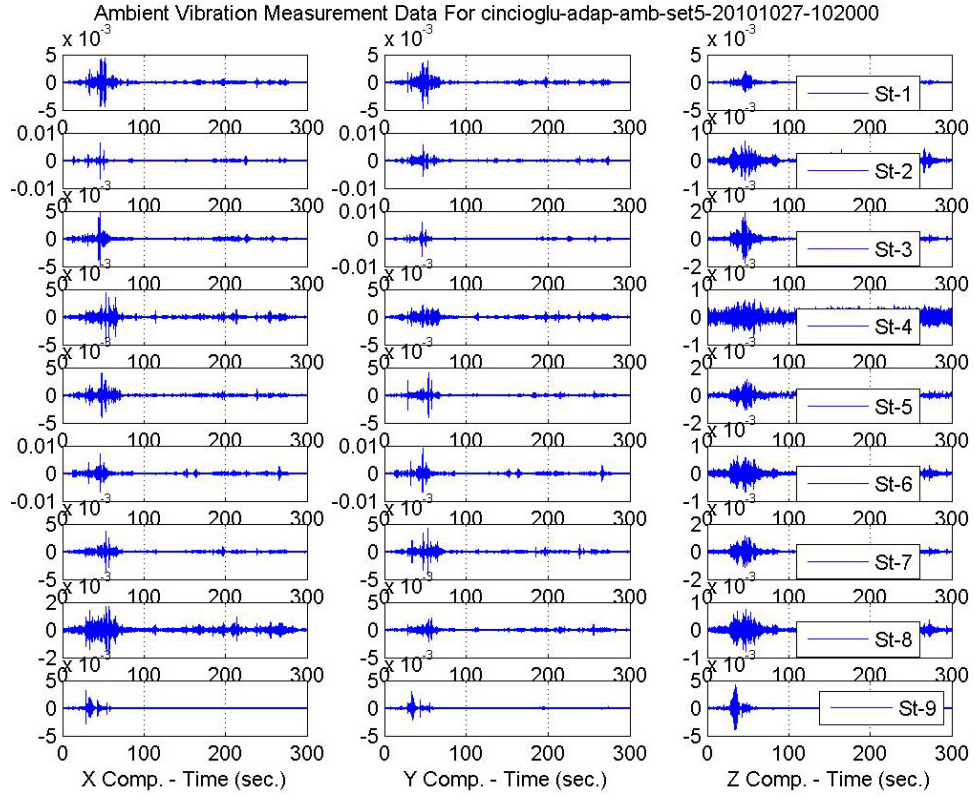




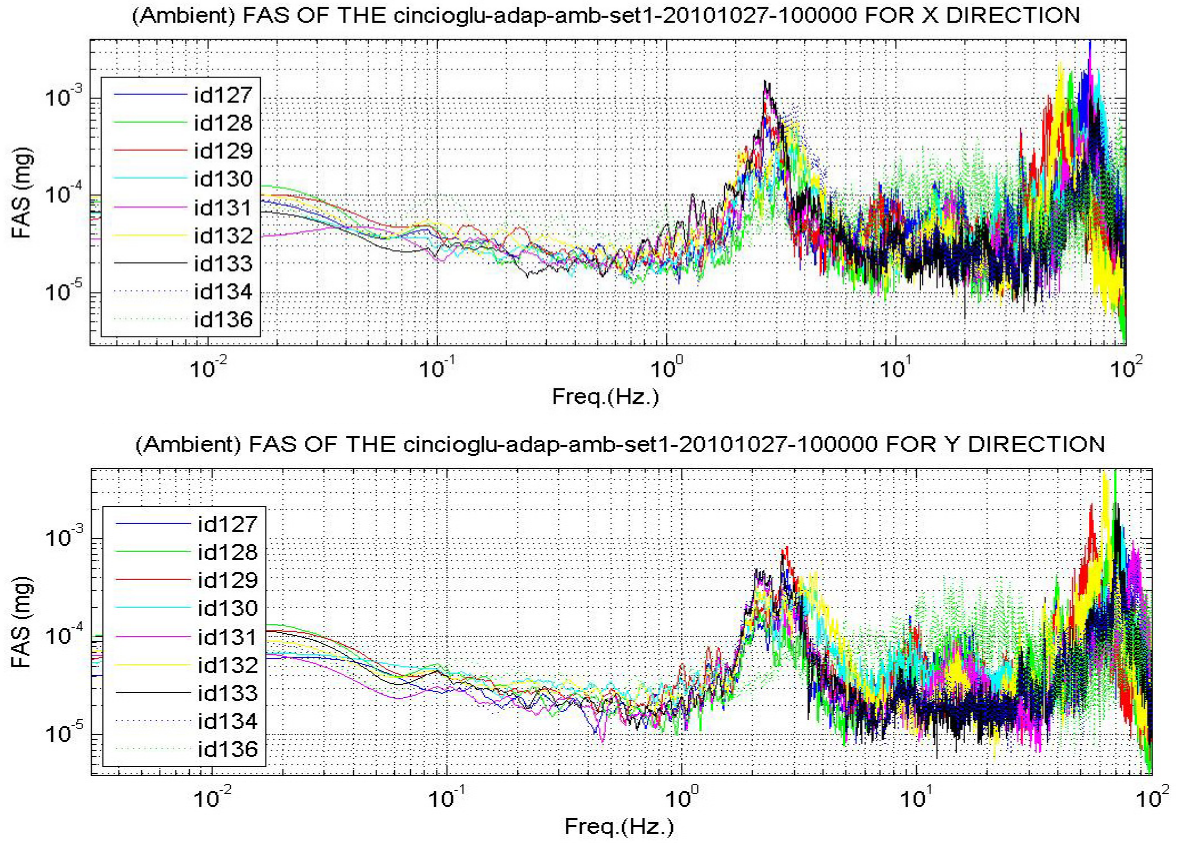
Şekil 4.2 Üç boyutlu sonlu eleman yapı modeli üzerinde kurulan ağ

#### 4.2 Yapı Tanılama Sonuçları

Adapazarında bulunan Cincioğlu apartmanı 17 Ağustos 1999 Kocaeli depreminde hafif hasar almış ve sonraki süreçte oturanların terk ettikleri bir binadır. Çalışılan zaman diliminde alınan izinler çerçevesinde çevrel titreşim ölçümleri yapılmıştır. Ayrıca yapı civarında alınan açık saha mikro-titreşimleri (microtremors) yerel zemin şartlarında yapıya giren titreşim kaynağını oluşturan yerel etkenler olarak kaydedilmiştir. Yapı üzerinde ve açık sahadan elde edilen titreşim sinyallerinin zaman tanım alanındaki hikeyeleri Şekil 4.2.1'de, frekans tanım alanında çizilmiş olan yapı davranışının frekans muhteviyatı ise Şekil 4.2.2'de girdi-çıkı ilişkilerini yansıtacak transfer fonksiyonlar ise Şekil 4.2.3'de x ve y yönleri için verilmiştir.



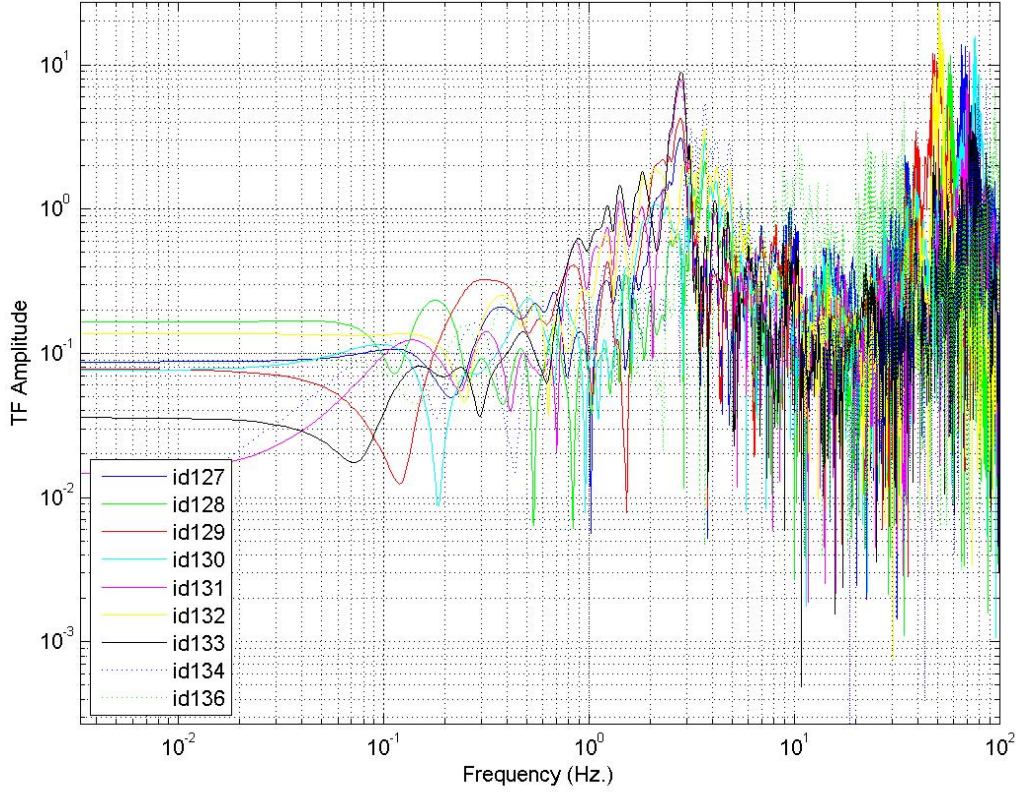
Şekil 4.2.1 Cinciöğlü binası çevrel titreşimlerin neden olduğu üç bileşende izlenen yapısal titreşimler



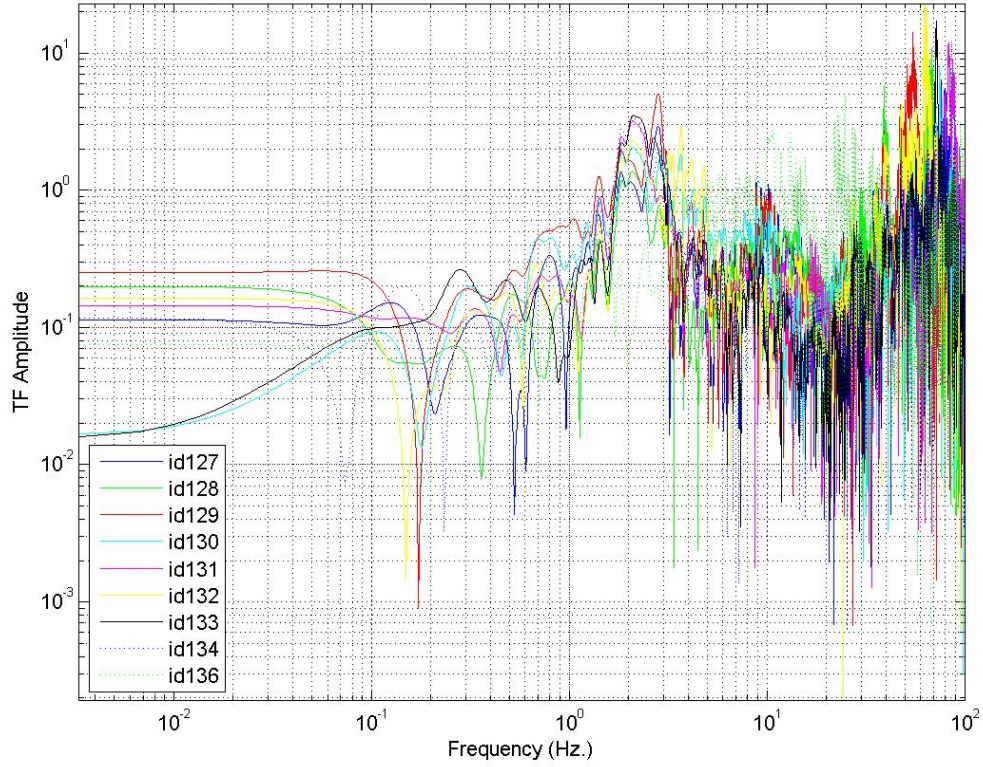
Şekil 4.2.2 Yapısal davranışın x ve y yönündeki frekans muhtevidiyatı



(Ambient) TFs bw The Structural Points and The Ground For cincioglu-adap-amb-set1-20101027-100000 FOR X



(Ambient) TFs bw The Structural Points and The Ground For cincioglu-adap-amb-set1-20101027-100000 For Y



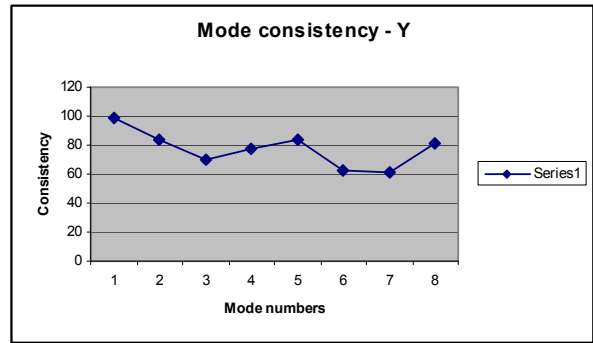
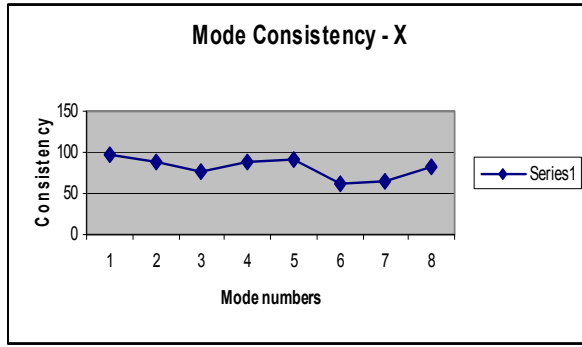
Şekil 4.2.3 Yapısal sistemde meydana gelen girdi ve yapısal tepki çıktıları arasındaki ilişkileri veren transfer fonksiyonları, üstte x yönü için altta y yönü için verilmiştir

Tablo 4.2a x bileşeni için modal tutarlılık değerleri

Candidate Modes	mode5	mode6	mode9	mode10	mode12	mode18	mode21	mode22
Real Modes	mode1				mode2			
Modal_Freq	2,146918	2,706119	3,552225	4,067741	8,442712	14,72825	16,40219	19,21563
consist_mod_indicator_X	96,48062	89,05672	76,87912	88,42089	90,6297	60,55897	64,43777	82,46035
modal_Hist_predict_indicator_X	99,99967	99,99891	99,99196	99,93707	99,94448	99,86505	99,97512	99,91813
norm_mod_singular_value_X	31,95922	84,52833	84,6126	41,97573	16,93543	11,15218	12,71602	12,30976
Eigen values in Z-Domain_X	0,994963	0,991293	0,984274	0,977794	0,954111	0,883741	0,860707	0,814245

Tablo 4.2b y bileşeni için modal tutarlılık değerleri

Candidate Modes	mode3	mode4	mode8	mode9	mode10	mode13	mode15	mode17
Real Modes	mode1	mode2	mode3	mode4				
Modal_Freq	2,131481	2,750501	3,577522	8,600669	10,0772	14,77269	17,1568	27,31142
consist_mod_indicator_Y	99,07953	83,80941	70,4521	77,35487	84,19031	62,28277	61,8392	80,89993
modal_Hist_predict_indicator_Y	99,99975	99,99738	99,98696	99,8797	99,66035	99,63584	99,70682	99,82906
norm_mod_singular_value_Y	62,01936	43,44073	41,53846	15,08816	15,88622	9,042932	14,74972	10,96787
Eigen values in Z-Domain_Y	0,995337	0,991482	0,982942	0,951376	0,93682	0,884201	0,846628	0,646676



Şekil 4.2.4 x ve y bileşenleri için modal tutarlılık oranlarının aday modlara göre dağılımı

Yapı tanı çalışması sonucu elde edilen yapı karakteristiğini yansıtan aday modların Tablo 4.2'de verilen tutarlılık oranı indeks değerleri referans alınmış ve bu yaklaşım içinde Şekil 4.2.4'de tutarlılık değer sınımlarında görüleceği gibi analizlerde önemli olan ilk modlar modal tutarlılığı %60-%80'e yakın tutarlılık oranını sağlamıştır. Ayrıca deneysel çalışma sonuçları incelendiğinde kayda giren bir çok lokal etkenin (hasarlı eleman vs.) yanısıra yüksek sensör hasaslığının sunduğu global yapısal davranışa katkı vermeyen gürültü olarak nitelendirilebileceğimiz modlar da ayıklamaya tabi tutulmuşlardır. Gerçek yapısal modlar kullanılan cihaz sayısı ve serilim özelliklerinin sınırları içinde seçilmiş ve Tablo 4.2'de gösterildiği gibi renklendirilmiştir. Tablo 4.3 ve 4.4'de sırasıyla x ve y yönü için tutarlılık oranı en yüksek değerler alan gerçek modlar belirlenmiştir.

Tablo 4.3 Yapısal modlar ve modal deplasmanlar x yönü için

Ağ-Kanat-1										
Candidate Modes	mode6	mode9	mode10	mode12	mode18	mode21	mode22	mode24	mode26	mode32
Real Modes	mode1			Mode2						
Modal Freq	2,706119	3,552225	4,067741	8,442712	14,72825	16,40219	19,21563	20,66818	24,18024	27,51111
id127	0,358113	0,054378	0,082844	1	0,187947	0,723204	1	0,286414	1	0,246111
id129	0,488324	-0,08822	0,133809	0,935719	0,394079	-0,497621	0,747538	1	-0,58939	0,958561
id131	0,884708	-0,21868	0,274669	0,275975	-0,42212	-1	0,504183	0,479835	-0,26414	0,118018
id133	1	-0,2461	0,375874	-0,15341	-0,46161	-0,236483	-0,352916	-0,64189	0,239572	-0,15859
Ağ-Kanat-2										
Candidate Modes	mode6	mode9	mode10	mode12	mode18	mode21	mode22	mode24	mode26	mode32
Real Modes	mode1			Mode2						
Modal Freq	2,706119	3,552225	4,067741	8,442712	14,72825	16,40219	19,21563	20,66818	24,18024	27,51111
id128	0,141231	0,375701	0,382616	-0,06396	0,64255	0,134578	0,250504	0,353792	0,281963	-0,60359
id130	0,157018	0,535896	0,588891	-0,21875	0,556401	0,211787	0,111043	-0,38341	-0,3178	-1
id132	-0,1163	0,698213	0,523933	0,319514	1	0,296501	-0,352538	-0,50341	-0,67957	-0,10142
id134	0,219407	1	1	0,408332	-0,14182	0,043284	-0,176817	-0,1338	-0,149	-0,29825

Tablo 4.4 Yapısal modlar ve modal deplasmanlar y yönü için

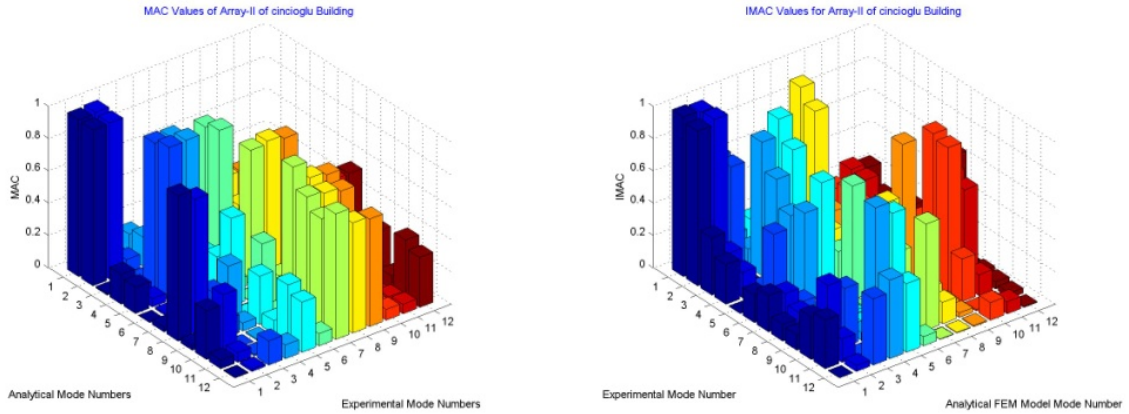
Ağ-Kanat-1								
Candidate Modes	mode3	mode4	mode8	mode9	mode10	mode13	mode15	mode17
Real Modes	mode1	mode2	mode3	mode4				
Modal Freq	2,131481	2,750501	3,577522	8,600669	10,0772	14,77269	17,1568	27,31142
id127	0,306785	0,582342	0,139058	0,781601	0,796339	0,360448	1	0,235755
id129	0,433495	1	-0,25816	0,888681	1	-0,69237	-0,35081	0,240708
id131	0,902025	-0,07398	-0,07077	-0,62245	0,157996	-0,75389	-0,14865	0,174223
id133	1	-0,56501	-0,12302	0,976008	-0,12127	-0,10682	0,319111	0,122965
Ağ-Kanat-2								
Candidate Modes	mode3	mode4	mode8	mode9	mode10	mode13	mode15	mode17
Real Modes	mode1	mode2	mode3	mode4				
Modal Freq	2,131481	2,750501	3,577522	8,600669	10,0772	14,77269	17,1568	27,31142
id128	0,389547	0,099068	-0,13582	-0,92973	0,410621	1	0,544266	0,529123
id130	0,603945	0,169246	-0,65159	-1	0,589057	0,207536	-0,47774	0,479179
id132	0,634083	0,311403	1	-0,09153	0,097536	-0,88525	0,162903	1
id134	0,991764	0,259861	-0,16582	0,348049	-0,25946	0,124609	0,203971	0,530148

### 4.3 Sonlu Eleman Model Güncellenmesi

Serbest titreşim veya zorlama altında tek dinamik yük ve/veya toplam dinamik yük şartlarında davranışları izlenen çalışma yapısı için oluşturulmuş olan nümerik modellerin benzeşim çalışmaları içinde modal kalibrasyonlarında yapıdan elde edilen karakteristik modal bilgiler kullanılmıştır. Çalışmada hedef nümerik modelde hâkim yatay ilk x ve y yönü yatay modların mevcut yapıda alınan deneysel verilerden elde edilen ilk yatay modlarla tutarlılığının sağlanması olduğuna göre bazı yapılarda ilk modların burulma çıkması durumunda sonraki mod sıralarına bakarak değerlendirmemizi yapacağımız akıldan çıkarılmamalıdır. İleri kayan yanal modlarda özellikle verilere hiç dokunulmamış, nümerik model yorumunun bir sonraki kısımda verilen ilgili modal kütle katılım oranı tablosunda renklendirilmiş olan yanal mod sırasına göre değerlendirilmesi yapılmıştır.

Çalışılan mevcut yapının üstünde ölçülen davranışları aynı doğrulukta sonlu eleman modelinde elde edilebilmesi için deneysel ve analitik modellerin modal şekiller arası korelasyon teknikleriyle (örneğin; *MAC*, *COMAC* veya *ICOMAC*) değerlendirme yapılmış ölçülen hata matrisinin minimize edilme teknikleri nümerik modele uygulanarak modal kalibrasyonları tamamlanmıştır. Türk Deprem

Yönetmeliğinin (2007) 7.4.5, 7.4.6 ve 7.4.7 şartlarını sağlayan analitik model daha sonra hasar görebilirlik analizlerinde kullanılmıştır.



Şekil 4.3.1 Cincioğlu binasından elde edilen iki veri setine göre mod gerçekleşme değerleri

Şekil 4.3.1'de Cincioğlu binasından elde edilen iki veri setinin modal davranışıyla nümerik modelin davranışları arasında güncellemeden sonra hesaplanan mod gerçekleşme değerlerinin modlar arası etkilerini göz önüne alan dağılımı verilmiştir. Takip eden bölümde verilen Tablo 4.4.1'de nümerik model modal kütle katılım oranı olarak ilk iki hâkim mod x yönünde %37 ile yanal ve %82 ile y yönünde yanal çıkarken 3ncü sırada burulma ve 3ncü sırada %52'lik burulma %45'lik modal kütle katılım oranıyla kompleks burulmalı yanal mod davranışı göstermektedir. 4, 5 ve 6. sırada yanal modlar açığa çıkıyor ve mod gerçekleşme dağılımı diagonal eksen üzerinde iyi bir tutarlılık değeriyle deneysel ile sayısal modların istatistiki mukayesesinde kendini göstermektedir. Çalışmamızda hâkim yanal mod tutarlılığının sağlanması analizlerde yeterli olması nedeniyle güncellenmiş sonlu eleman modelinin güvenilir olarak analizlerde kullanılabilme imkanı oluşmuştur. Deprem öncesi yapısal şartlar hasarla oluşan mafsalların rijid eleman birleşim noktalarına çevrilmesiyle elde edilmiştir.

#### 4.4 Modal Analiz Sonuçları

Yapı analizinde, günümüz hesap teknolojileri içinde kullanılan sonlu eleman analiz (SEA) paket programlarından SAP2000 (2011) yazılımı modal analizlerde kullanılmıştır. Analizi yapılacak yapının geometrik, malzeme, yük ve sınır şartlarının laboratuvar ve arazi raporlarından derlenen bilgiler ışığında modellenmesiyle güvenilir ve gerçeğe yakın yapı nümerik model modal davranışı elde edilmiştir. Yapının titreşim modlarının, modal frekanslarının ve mod şekil bilgilerinin çalıştığımız mevcut yapıyı temsil etme tutarlılığını yükseltmek için uygulanan güncellemeler sonucu kalibre edilmiş mühendislik parametreleriyle gerçeği olabilecek doğrulukta yansıtan ve modellemeden kaynaklanan hataları tartışma dışına çıkaran son nümerik model sonuçlarıyla, deneysel modal sonuçlarını kabul edilebilir seviyede ilk önemli hâkim modlar için örtüşüren güncellenmiş modelin modal frekansları ve modal kütle katılım oranları Tablo 4.4.1'de özetlenmiştir.

Önemli modların bulunduğu hücrelerin renklendirildiği Tablo 4.4.1'den görüleceği gibi yapı %37'lik modal kütle katılım oranıyla ilk hâkim modunu x yönünde yapmaktadır. %28'lik modal kütle katılım oranıyla burulma etkisi altındayken y yönünde %82 modal kütle katılım oranıyla hâkim yatay modal davranış gerçekleşmektedir. Üçüncü sırada %52 oranında modal kütle katılımıyla burulmaya girerken x yönünde yanal ötelenme %45 ile katılım ile kompleks mod sergilemektedir. %5 x yönünde %10 y yönünde modal kütle katılım oranlarına sahip olan yanal modları, 6. sırada %11'lik modal kütle katılım oranıyla burulma davranışı izlemektedir.

Tablo 4.4.1 Modal kütle katılım oranları

Modal Participating Mass Ratios										
OutputCase	StepType	StepNum	Period	Frequency	UX	UY	UZ	RX	RY	RZ
Text	Text	Unitless	Sec	Cyc/sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	0,510698	1,9581	0,3722	0,00672	7,61E-07	0,00511	0,21103	0,01527
MODAL	Mode	2	0,461052	2,169	0,00078	0,82483	4,26E-06	0,56485	0,00033	0,28857
MODAL	Mode	3	0,434336	2,3024	0,4541	0,00141	1,12E-05	0,00134	0,25043	0,52602
MODAL	Mode	4	0,170793	5,855	0,05397	0,00029	7,31E-06	0,00018	6,81E-11	0,00046
MODAL	Mode	5	0,150867	6,6283	0,01507	0,10202	1,46E-07	0,00013	0,00014	0,01136
MODAL	Mode	6	0,144676	6,912	0,05391	0,02265	9,43E-05	3,99E-07	5,38E-05	0,11559
MODAL	Mode	7	0,099455	10,055	0,01664	0,00068	5,56E-07	6,67E-05	0,00112	4,03E-07
MODAL	Mode	8	0,085136	11,746	0,01355	0,0124	5,09E-05	0,00037	0,00102	0,00074
MODAL	Mode	9	0,079925	12,512	0,00431	0,02014	0,00019	0,00123	5,21E-05	0,03173
MODAL	Mode	10	0,071964	13,896	1,79E-05	4,12E-05	0,02566	0,00065	0,03345	2,55E-05
MODAL	Mode	11	0,0697	14,347	0,00418	0,0003	0,00976	0,00141	0,01032	4,71E-05
MODAL	Mode	12	0,068943	14,505	0,00031	1,22E-05	0,10315	0,00958	0,13314	1,07E-06

#### 4.5 Sonuç

Serbest titreşim yük şartlarında davranışları izlenen çalışma yapısı için oluşturulmuş olan nümerik model güncellenmiş son haliyle hedef hâkim yatay x ve y yönü modlarını mevcutta izlendiği gibi yeterli tutarlılık seviyesinde ilgili bileşen modunda sağlamıştır. Çalışmamızda hâkim yanal mod tutarlılığının sağlanması analizlerde yeterli olması nedeniyle güncellenmiş sonlu eleman modelinin güvenilir olarak analizlerde kullanılabilme imkanı oluşturmuştur.



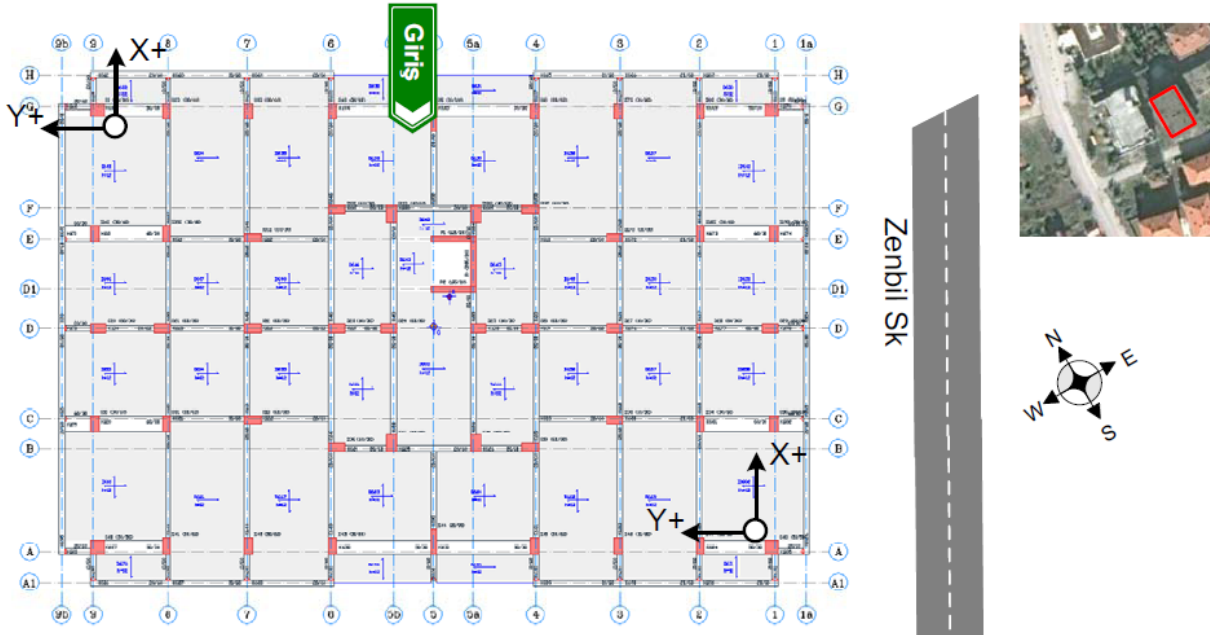
## 5 Dayal İnşaat A Blok (dayalins\_amb\_20100624)

### 5.1 Bina Cihaz Yerleşim ve Yönelim Bilgisi

Bina üzerine kurulan ivme duyarlı ölçüm cihazlarının yapısal noktalar üstündeki konumu ve yönelimlerinin plandaki görünümü Şekil 5.1'de, üç bileşene sahip her bir ivme ölçer cihazın konum ve bileşen yönelimlerinin 3 boyutlu sonlu eleman yapı modeli üzerinde oluşturdukları gözlem-ölçüm ağı ise Şekil 5.2'de gösterilmiştir. Ayrıca Tablo 5.1'de yapı üzerinde kullanılan cihazların düşey yapısal noktalar üzerindeki dağılımı ve sonlu eleman modelde ilgili hesap düğüm noktaları parantez içinde verilmiştir.

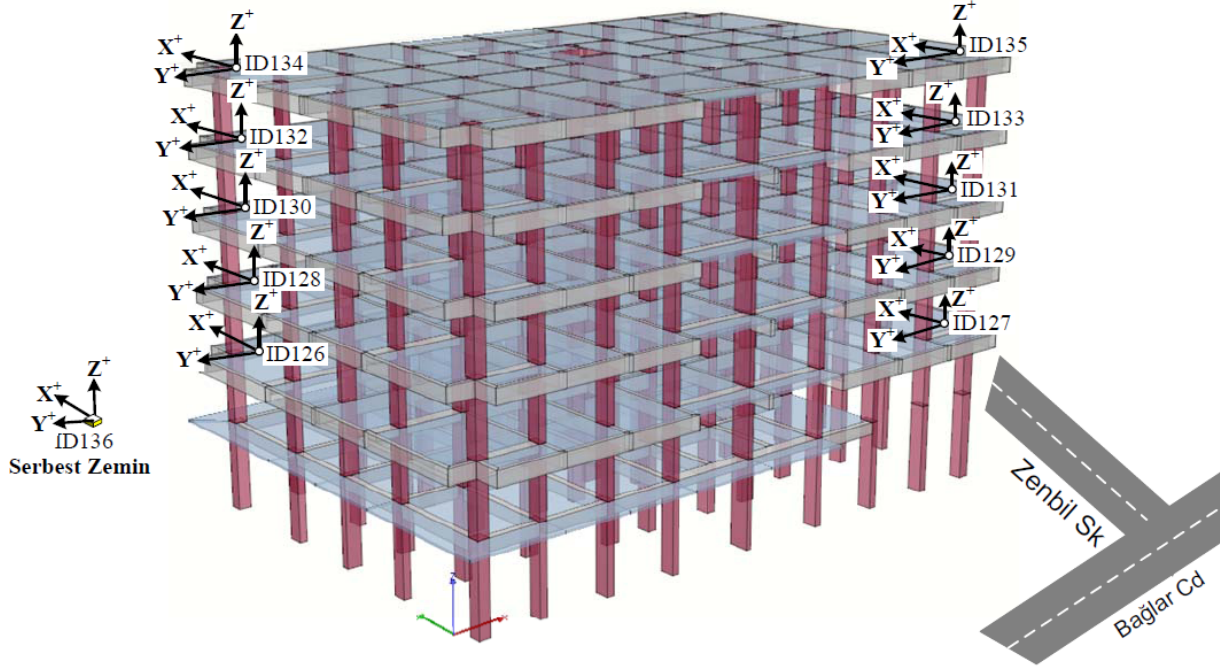
Tablo 5.1 Yapı cihaz dağılımı ve sonlu eleman modelde düğüm noktaları

dayalins_amb_20100624		
Kat serbestlikleri	Ağ-kanat-1	Ağ-kanat-2
Çatı katı	id134(J1002)	id135(J1062)
4. Kat	id132(J963)	id133(J1052)
3. Kat	id130(J924)	id131(J1042)
2. Kat	id128(J881)	id129(J781)
1. Kat	id126(J129)	id127(J780)
Asma kat	cihaz yok	Cihaz yok
Giriş kat	cihaz yok	Cihaz yok
Serbest saha	id136	



Şekil 5.1 Cihaz konumlarının ve yönelimlerinin planda görünüşü

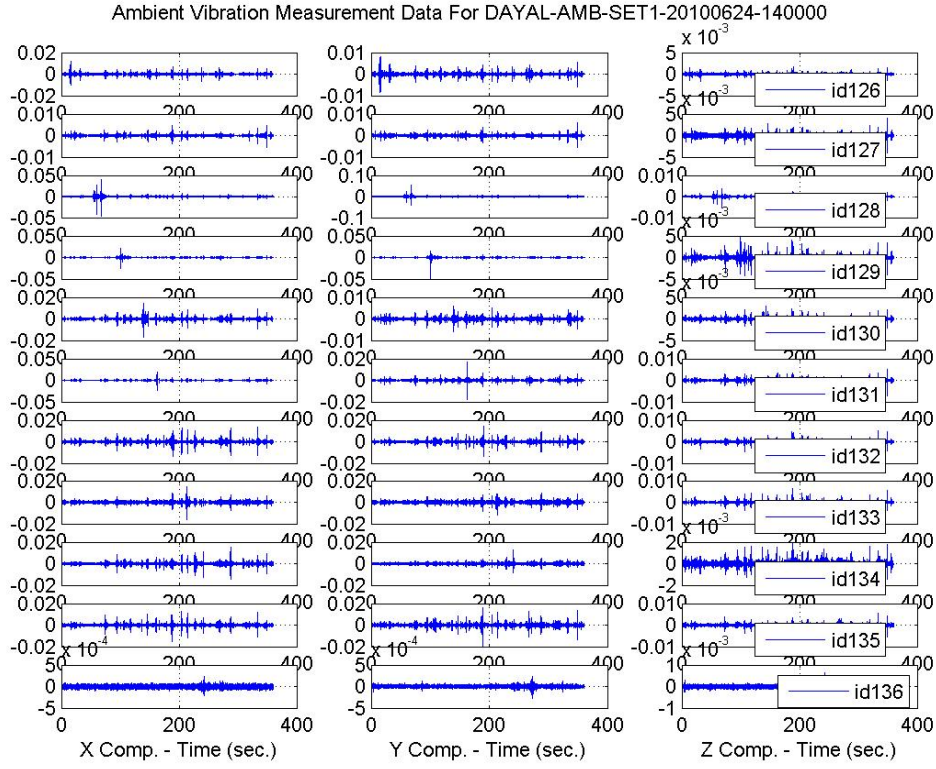




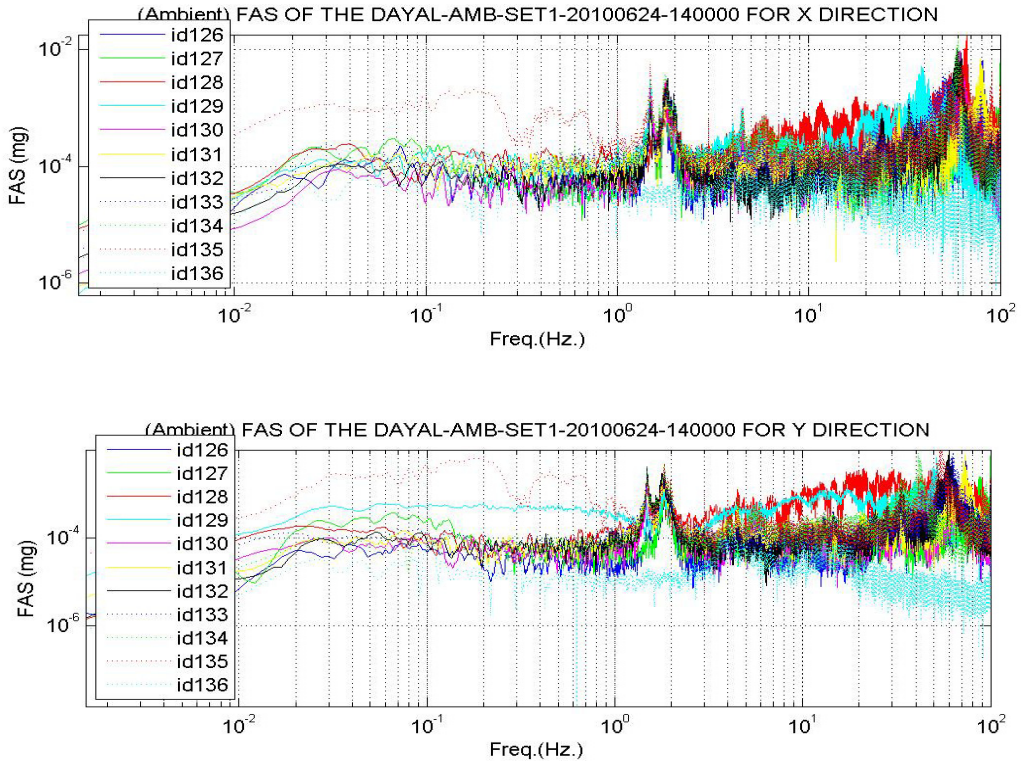
Şekil 5.2 Üç boyutlu sonlu eleman yapı modeli üzerinde kurulan ağı

## 5.2 Yapı Tanılama Sonuçları

Adapazarında bulunan Dayal inşaat binası karkas halde inşaat safhasında 17 Ağustos 1999 Kocaeli depremini hasar almadan atlattır. Çalışılan zaman diliminde alınan izinler çerçevesinde çevrel titreşim ölçümleri ve zorlama kuvvet testleri yapılmıştır. Ayrıca yapı civarında alınan açık saha mikro-titreşimleri (microtremors) yerel zemin şartlarında yapıya giren titreşim kaynağını oluşturan yerel etkenler olarak kaydedilmiştir. Yapı üzerinde ve açık sahadan elde edilen titreşim sinyallerinin zaman tanım alanındaki hikeyeleri Şekil 5.2.1'de, frekans tanım alanında çizilmiş olan yapı davranışının frekans muhteviyatı ise Şekil 5.2.2'de girdi-çıkı ilişkilerini yansıtacak transfer fonksiyonlar ise Şekil 5.2.3'de x ve y yönleri için verilmiştir.



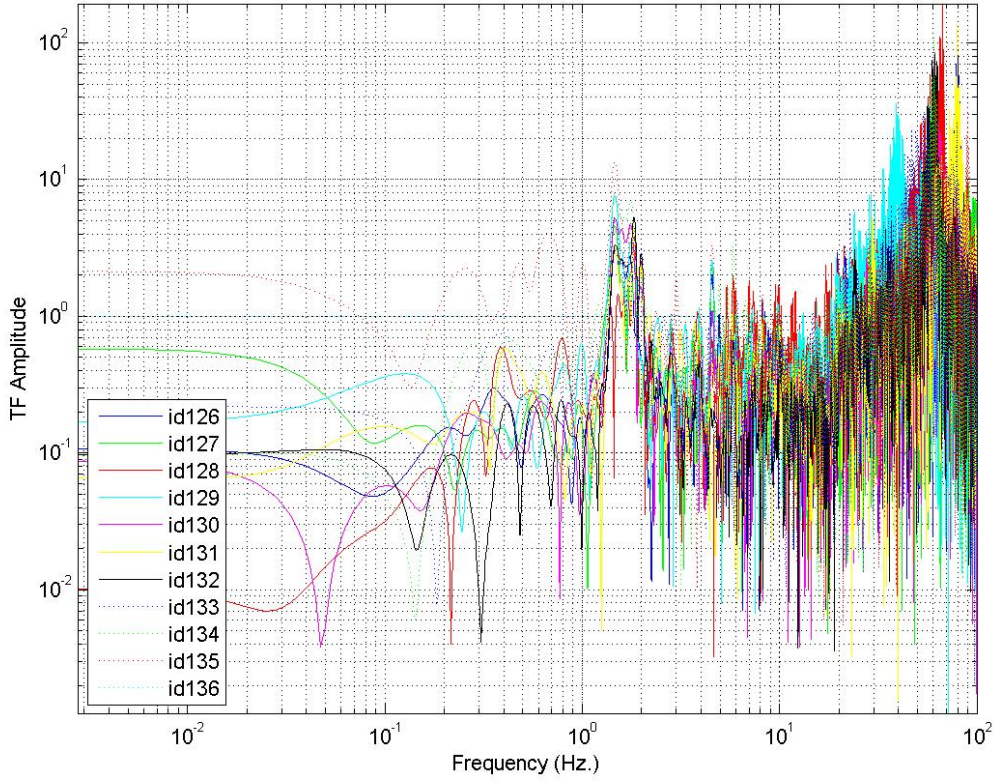
Şekil 5.2.1 Dayal inşaat binası çevrel titreşimlerin neden olduğu üç bileşende izlenen yapısal titreşimler



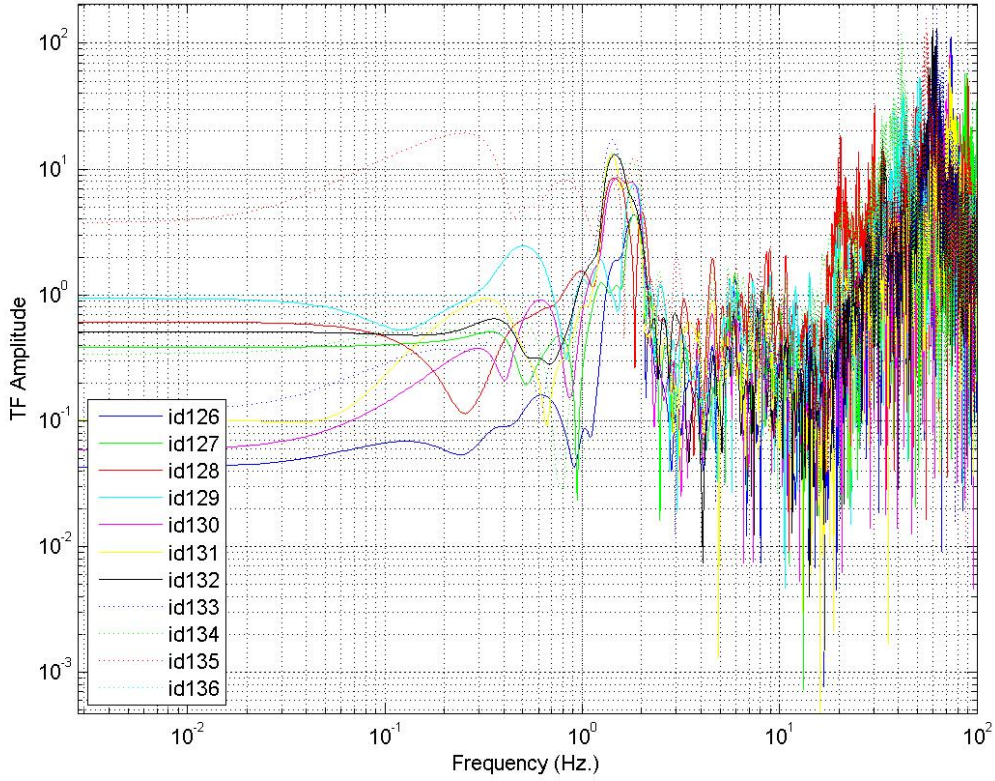
Şekil 5.2.2 Yapısal davranışın x ve y yönündeki frekans muhteiyatı



(Ambient) TFs bw The Structural Points and The Ground For DAYAL-AMB-SET1-20100624-140000 FOR X



(Ambient) TFs bw The Structural Points and The Ground For DAYAL-AMB-SET1-20100624-140000 For Y



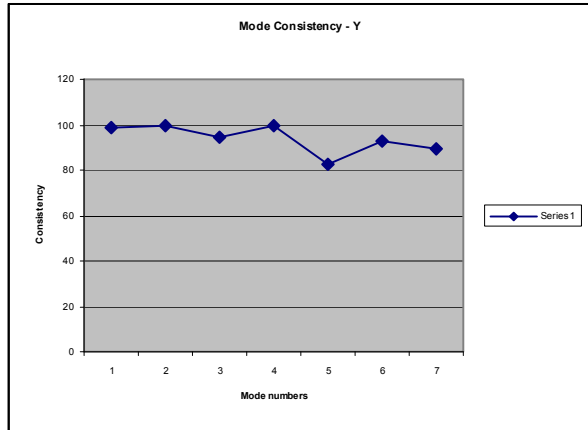
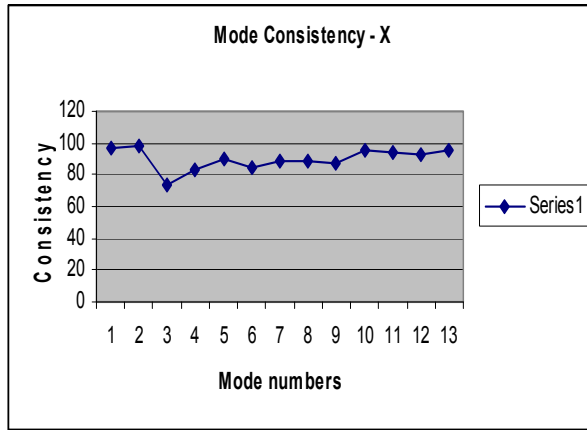
Şekil 5.2.3 Yapısal sistemde meydana gelen girdi ve yapısal tepki çıktıları arasındaki ilişkileri veren transfer fonksiyonları, üstte x yönü için altta y yönü için verilmiştir

Tablo 5.2a x bileşeni için modal tutarlılık değerleri

Candidate Modes	mode5	mode7	mode8	mode9	mode10	mode11	mode12	mode15
Real Modes	mode1	mode2		mode3	mode4			
Modal_Freq	1,780599	4,516245	8,307567	11,313	14,60469	22,8495	24,02027	31,41296
consist_mod_indicator_X	97,45132	98,71957	73,07159	83,275	89,36267	84,65906	88,09002	88,79093
modal_Hist_predict_indicator_X	99,99997	99,99863	99,9825	99,98478	99,99618	99,99371	99,98154	99,96773
norm_mod_singular_value_X	40,09064	14,07338	13,19998	10,02975	10,53044	11,01647	14,14896	16,0951
Eigen values in Z-Domain_X	0,997756	0,988327	0,959335	0,931998	0,892755	0,749177	0,724527	0,547315

Tablo 5.2b y bileşeni için modal tutarlılık değerleri

Candidate Modes	mode3	mode4	mode5	mode6	mode7	mode8	mode9	mode10	mode11	mode12
Real Modes					mode1	mode2	mode3			
Modal_Freq	0,666089	1,485005	1,784381	1,856414	1,920246	3,021232	3,966086	4,077778	22,87535	30,61883
consist_mod_indicator_Y	98,90786	99,6154	94,10964	99,59228	82,89208	92,46351	89,4082	67,33501	56,04914	98,35252
modal_Hist_predict_indicator_Y	99,99829	99,99956	99,99994	99,99997	99,99977	99,99548	99,99235	99,99244	99,99336	99,99538
norm_mod_singular_value_Y	8,22897	12,63554	17,63963	28,31173	14,23331	3,289997	3,176918	3,457105	7,456375	20,18035
Eigen values in Z-Domain_Y	0,994609	0,998565	0,997857	0,997079	0,994523	0,990746	0,988903	0,985738	0,748527	0,567604



Şekil 5.2.4 x ve y bileşenleri için modal tutarlılık oranlarının aday modlara göre dağılımı

Yapı tanı çalışması sonucu elde edilen yapı karakteristiğini yansıtan aday modların Tablo 5.2'de verilen tutarlılık oranı indeks değerleri referans alınmış ve bu yaklaşım içinde Şekil 5.2.4'de tutarlılık değeri salınımlarında görülen %80 ve üstü olan istatistiksel tutarlılığın yanısıra modal şekil tutarlılığı da değerlendirilmeye alınmıştır. Yapının planda büyük ve mütemadi çerçeve yapısının kazandırdığı rijidlik daha çok sayıda cihazdan oluşan izleme ağ şartlarında zorlama kuvvetleri altında tanımlama çalışmalarını gerektirmektedir. Ayrıca deneysel çalışma sonuçları incelendiğinde kayda giren bir çok lokal etkenin (hasarlı eleman vs.) yanısıra yüksek sensör hasaslığının sunduğu global yapısal davranışa katkı vermeyen gürültü olarak nitelendirilebileceğimiz modlar da ayıklamaya tabi tutulmuşlardır. Gerçek yapısal modlar kullanılan cihaz sayısı ve serilim özelliklerinin sınırları içinde seçilmiş ve Tablo 5.2'de gösterildiği gibi renklendirilmiştir. Tablo 5.3 ve 5.4'de sırasıyla x ve y yönü için tutarlılık oranı en yüksek değerler alan gerçek modlar belirlenmiştir.

Tablo 5.3 Yapısal modlar ve modal deplasmanlar x yönü için

Ağ-Kanat-1								
Candidate Modes	mode5	mode7	mode8	mode9	mode10	mode11	mode12	mode15
Real Modes	mode2	mode4	mode5	mode6	mode7	mode8	mode9	mode10
Modal Freq	1,780599	4,516245	8,307567	11,313	14,60469	22,8495	24,02027	31,41296
id127	0,272056	-0,747	-0,8752	0,841371	0,595516	0,028685	0,021359	-0,08152
id129	0,361772	-0,81046	-0,31254	-0,28738	-0,93364	-0,31046	-0,42398	0,132733
id131	0,422231	-0,13038	0,197709	-0,55959	-0,04562	0,133738	-0,06256	-0,06942
id133	0,541618	0,06542	0,088888	-0,34428	0,807829	-1	-0,12663	-0,24654
id135	0,743619	1	-1	1	-1	0,048065	0,107217	-0,15291
Ağ-Kanat-2								
Candidate Modes	mode5	mode7	mode8	mode9	mode10	mode11	mode12	mode15
Real Modes	mode2	mode4	mode5	mode6	mode7	mode8	mode9	mode10
Modal Freq	1,780599	4,516245	8,307567	11,313	14,60469	22,8495	24,02027	31,41296
id126	0,304777	0,634502	0,879769	0,887124	0,500247	0,082231	0,220438	0,044906
id128	0,328223	0,150941	0,445641	0,310405	-0,15521	-0,22525	0,216771	1
id130	0,705133	0,32567	-0,44351	-0,69432	-0,17937	-0,09871	-0,04168	0,16582
id132	0,673147	-0,04082	-0,30402	-0,43958	0,896719	-0,21507	1	0,336625
id134	1	-0,65555	0,562205	0,983379	-0,77934	0,047663	0,030074	0,427135

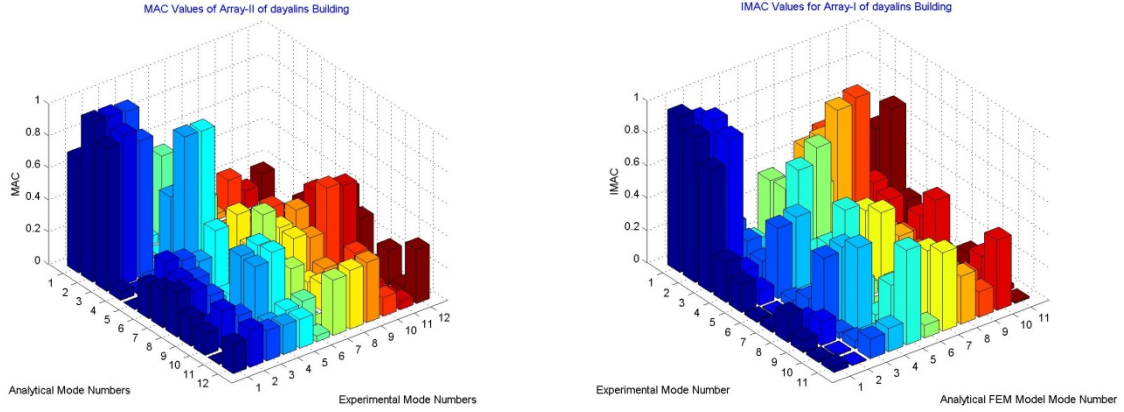
Tablo 5.4 Yapısal modlar ve modal deplasmanlar y yönü için

Ağ-Kanat-1								
Candidate Modes	mode7	mode8	mode9	mode12	mode14	mode15	mode16	mode20
Real Modes	mode1	mode2	mode3	mode4				
Modal_Freq	1,920246	3,021232	3,966086	30,61883	34,59384	37,29337	38,41236	41,47709
id127	0,276849	0,03416	0,279262	-0,00459	-0,02462	-0,00491	-0,01432	0,002849
id129	0,459608	0,06524	0,340054	-0,01164	0,032104	0,040071	-0,03239	-0,10195
id131	0,35971	0,088593	-0,3285	0,004412	0,010254	-0,00345	0,025504	-0,0297
id133	0,47677	0,106598	0,115312	0,003986	0,063786	0,024891	-0,02739	0,036113
id135	1	-1	0,369399	-0,03015	-0,04551	0,025915	0,021536	-0,13488
Ağ-Kanat-2								
Candidate Modes	mode7	mode8	mode9	mode12	mode14	mode15	mode16	mode20
Real Modes	mode1	mode2	mode3	mode4				
Modal_Freq	1,920246	3,021232	3,966086	30,61883	34,59384	37,29337	38,41236	41,47709
id126	0,293981	0,007194	0,417915	0,011166	0,013629	0,006626	0,012248	0,009925
id128	0,291932	0,187791	1	1	1	-1	1	-0,03123
id130	0,615166	0,077234	0,6544	0,003479	-0,00308	0,004415	-0,02144	-0,04389
id132	0,574187	-0,00837	0,274938	0,013115	-0,05496	-0,02985	0,030247	0,034772
id134	0,857207	-0,04088	-0,31018	0,023944	0,094987	-0,02901	0,065987	-1

### 5.3 Sonlu Eleman Model Güncellenmesi

Serbest titreşim veya zorlama altında tek dinamik yük ve/veya toplam dinamik yük şartlarında davranışları izlenen çalışma yapısı için oluşturulmuş olan nümerik modellerin benzeşim çalışmaları içinde model kalibrasyonlarında yapıdan elde edilen karakteristik modal bilgiler kullanılmıştır. Çalışmada hedef nümerik modelde hâkim yatay ilk x ve y yönü yatay modların mevcut yapıda alınan deneysel verilerden elde edilen ilk yatay modlarla tutarlılığının sağlanması olduğuna göre bazı yapılarda ilk modların burulma çıkması durumunda sonraki mod sıralarına bakarak değerlendirmemizi yapacağımız akıldan çıkarılmamalıdır. İleri kayan yanal modlarda özellikle verilere hiç dokunulmamış, nümerik model yorumunun bir sonraki kısımda verilen ilgili modal kütle katılım oranı tablosunda renklendirilmiş olan yanal mod sırasına göre değerlendirilmesi yapılmıştır.

Çalışılan mevcut yapının üstünde ölçülen davranışları aynı doğrulukta sonlu eleman modelinde elde edilebilmesi için deneysel ve analitik modellerin modal şekiller arası korelasyon teknikleriyle (örneğin; *MAC*, *COMAC* veya *ICOMAC*) değerlendirme yapılmış ölçülen hata matrisinin minimize edilme teknikleri nümerik modele uygulanarak model kalibrasyonları tamamlanmıştır. Türk Deprem Yönetmeliğinin (2007) 7.4.5, 7.4.6 ve 7.4.7 şartlarını sağlayan analitik model daha sonra hasar görebilirlik analizlerinde kullanılmıştır.



Şekil 5.3.1 Dayal binasından elde edilen iki veri setine göre mod gerçekleşme değerleri

Şekil 5.3.1'de Dayal binasından elde edilen iki veri setinin modal davranışıyla nümerik modelin davranışları arasında güncellemeden sonra hesaplanan mod gerçekleşme değerlerinin modlar arası etkilerini göz önüne alan dağılımı verilmiştir. Takip eden bölümde verilen Tablo 5.4.1'de nümerik model modal kütle katılım oranı olarak ilk hâkim modun %33 ile zayıf burulma olması mod gerçekleşme değerini %60 larda gerçekleştirmesine neden olmuştur sonraki yanal modların 2nci ve 3ncü sırada %71 ve % 83'lük modal kütle katılım oranıyla x ve y yönünde oluşması mod gerçekleşme değerini Şekil 5.3.1'de görüleceği gibi yükseltmiştir. 6ncı ve 7nci sırada oluşan yanal modlar mod gerçekleşme dağılımında diagonal eksen üzerinde iyi bir tutarlılık değeriyle deneysel ile sayısal modların istatistiki mukayesesinde kendini göstermektedir. Çalışmamızda hâkim yanal mod tutarlılığının sağlanması analizlerde yeterli olması nedeniyle güncellenmiş sonlu eleman modelinin güvenilir olarak analizlerde kullanılabilme imkanı oluşmuştur. Deprem öncesi yapısal şartlar hafif hasarlı olan bu yapı modelinde rijid eleman birleşim noktalarının geri çevrilmesiyle deprem öncesi hasarsız yapı elde edilmiştir.

## 5.4 Modal Analiz Sonuçları

Yapı analizinde, günümüz hesap teknolojileri içinde kullanılan sonlu eleman analiz (SEA) paket programlarından SAP2000 (2011) yazılımı modal analizlerde kullanılmıştır. Analizi yapılacak yapının geometrik, malzeme, yük ve sınır şartlarının laboratuvar ve arazi raporlarından derlenen bilgiler ışığında modellenmesiyle güvenilir ve gerçeğe yakın yapı nümerik model modal davranışı elde edilmiştir. Yapının titreşim modlarının, modal frekanslarının ve mod şekil bilgilerinin çalıştığımız mevcut yapıyı temsil etme tutarlılığını yükseltmek için uygulanan güncellemeler sonucu kalibre edilmiş mühendislik parametreleriyle gerçeği olabilecek doğrulukta yansıtan ve modellemeden kaynaklanan hataları tartışma dışına çıkaran son nümerik model sonuçlarıyla, deneysel modal sonuçlarını kabul edilebilir seviyede ilk önemli hâkim modlar için örtüştüren güncellenmiş modelin modal frekansları ve modal kütle katılım oranları Tablo 5.4.1'de özetlenmiştir.



Tablo 5.4.1 Modal kütle katılım oranları

Modal Participating Mass Ratios										
OutputCase	StepType	StepNum	Period	Frequency	UX	UY	UZ	RX	RY	RZ
Text	Text	Unitless	Sec	Cyc/sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	0,539639	1,8531	0,0009	0,00817	2,77E-08	0,00527	0,0005	0,33871
MODAL	Mode	2	0,494961	2,0204	0,71438	0,00036	1,18E-07	0,00025	0,35373	0,133
MODAL	Mode	3	0,436949	2,2886	0,00023	0,83642	4,42E-08	0,53783	0,00011	0,37246
MODAL	Mode	4	0,171708	5,8238	0,16213	6,42E-05	2,95E-07	8,56E-06	0,00332	0,02233
MODAL	Mode	5	0,162345	6,1597	0,01339	0,0008	1,27E-07	0,00017	0,00022	0,0362
MODAL	Mode	6	0,122171	8,1852	4,8E-06	0,08978	7,46E-08	0,0082	4,85E-07	0,03901
MODAL	Mode	7	0,092315	10,833	0,04257	8,26E-05	1,75E-07	7,28E-06	0,00145	0,008
MODAL	Mode	8	0,082367	12,141	0,00132	0,00423	3,2E-07	0,00028	9,87E-05	0,0054
MODAL	Mode	9	0,064935	15,4	3,7E-05	0,03468	3,57E-07	0,00456	1,12E-06	0,01347
MODAL	Mode	10	0,057426	17,414	0,01804	9,28E-06	0,00359	0,00085	0,01749	0,00259
MODAL	Mode	11	0,055507	18,016	0,00128	3,96E-05	0,05516	0,02981	0,08761	4,62E-05
MODAL	Mode	12	0,055023	18,174	0,00068	1,28E-05	0,01845	8,82E-06	0,02466	0,00021

Önemli modların bulunduğu hücrelerin renklendirildiği Tablo 5.4'den görüleceği gibi yapı yaklaşık %34'lük modal kütle katılım oranıyla burulmayı ilk mod olarak sergilerken, x yönünde %71'lik modal kütle katılım oranıyla burulmalı yanal ötelenme gerçekleşmektedir. Üçüncü sırada benzer burulmalı yanal davranış %83'lük modal kütle katılım oranıyla y yönündedir. Sonraki modlarda %16 ve %4 ile görülen x yönündeki tam yanal ötelenme modlarının aksine y yönünde yaklaşık %9'lük modal kütle katılım oranıyla burulma etkisinde yanal ötelenme izlenmektedir.

## 5.5 Sonuç

Serbest titreşim yük şartlarında davranışları izlenen çalışma yapısı için oluşturulmuş olan nümerik model güncellenmiş son haliyle hedef hâkim yatay x ve y yönü modlarını mevcutta izlendiği gibi yeterli tutarlılık seviyesinde ilgili bileşen modunda sağlamıştır. Çalışmamızda hâkim yanal mod tutarlılığının sağlanması analizlerde yeterli olması nedeniyle güncellenmiş sonlu eleman modelinin güvenilir olarak analizlerde kullanılabilme imkanı oluşturmuştur.



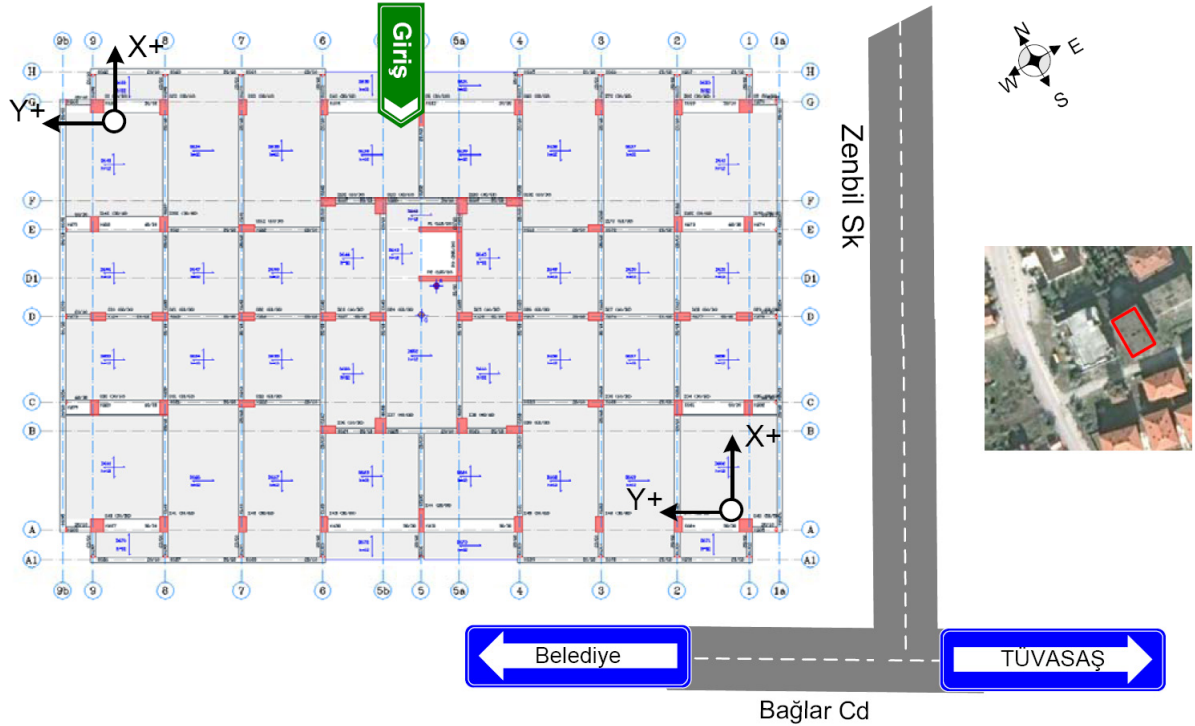
## 6 Dayal İnşaat A Blok (dayalins\_amb\_2010721)

### 6.1 Bina Cihaz Yerleşim ve Yönelim Bilgisi

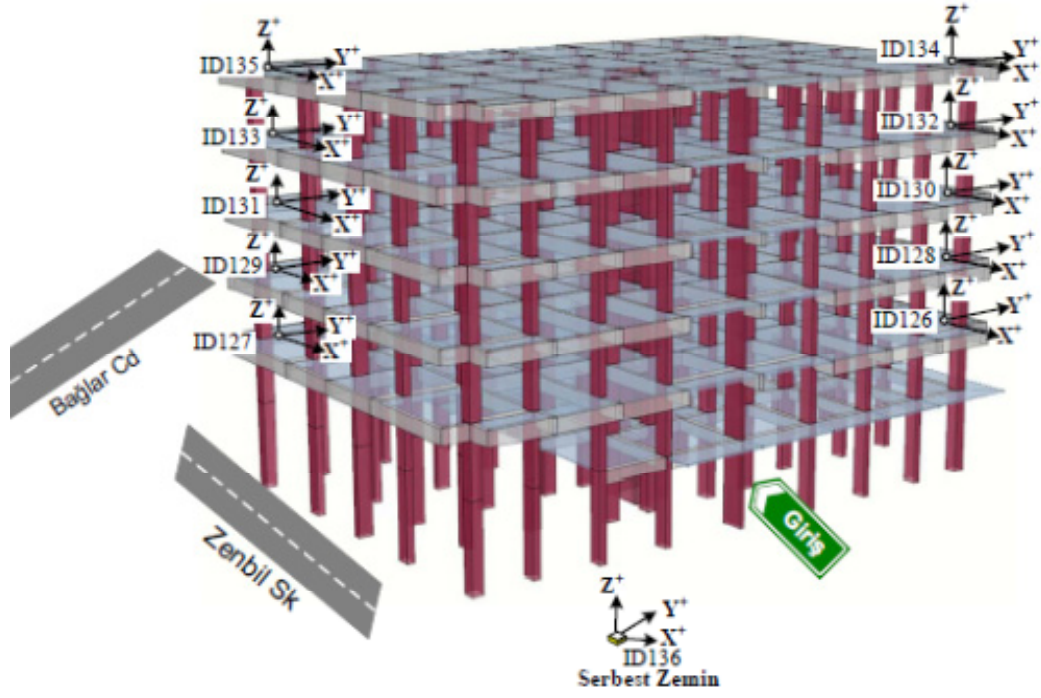
Bina üzerine kurulan ivme duyarlı ölçüm cihazlarının yapısal noktalar üstündeki konumu ve yönelimlerinin plandaki görünüşleri Şekil 6.1'de, üç bileşene sahip her bir ivme ölçer cihazın konum ve bileşen yönelimlerinin 3 boyutlu sonlu eleman yapı modeli üzerinde oluşturdukları gözlem-ölçüm ağı ise Şekil 6.2'de gösterilmiştir. Ayrıca Tablo 6.1'de yapı üzerinde kullanılan cihazların düşey yapısal noktalar üzerindeki dağılımı ve sonlu eleman modelde ilgili hesap düğüm noktaları parantez içinde verilmiştir.

Tablo 6.1 Yapı cihaz dağılımı ve sonlu eleman modelde düğüm noktaları

Dayalins_amb_20100721		
Kat serbestlikleri	Ağ-kanat-1	Ağ-kanat-2
Çatı katı	id135(J1062)	id134(J1002)
4. Kat	id133(J1052)	id132(J963)
3. Kat	id131(J1042)	id130(J924)
2. Kat	id129(J781)	id128(J881)
1. Kat	id127(J780)	id126(J129)
Asma kat	cihaz yok	Cihaz yok
Giriş kat	id136	
Serbest saha	id137	



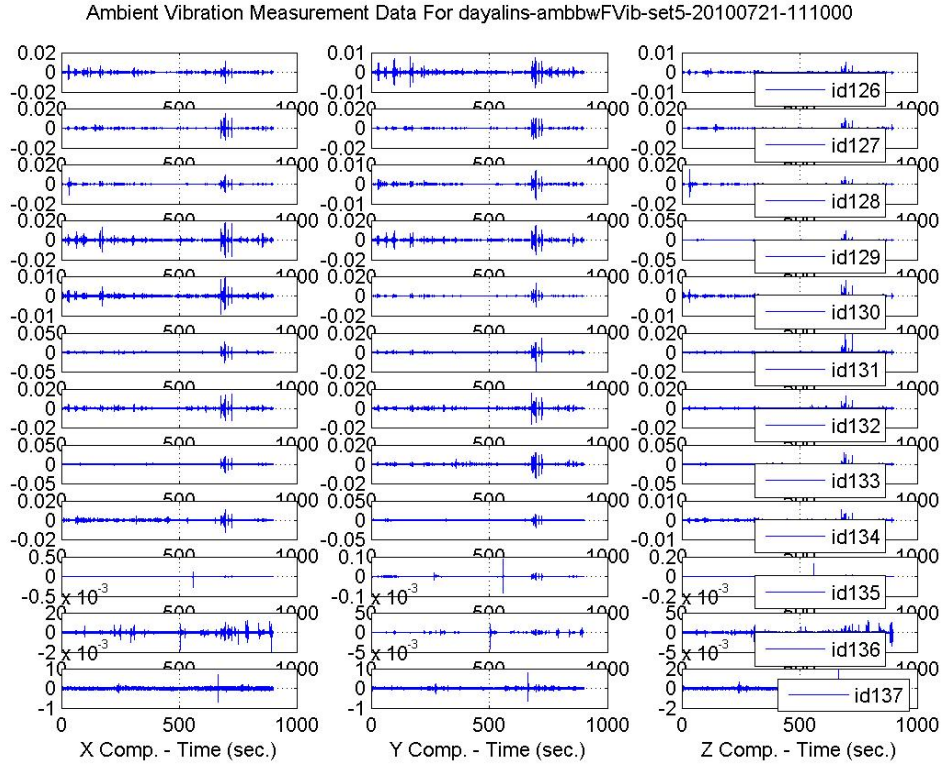
Şekil 6.1 Cihaz konumlarının ve yönelimlerinin planda görünüşü



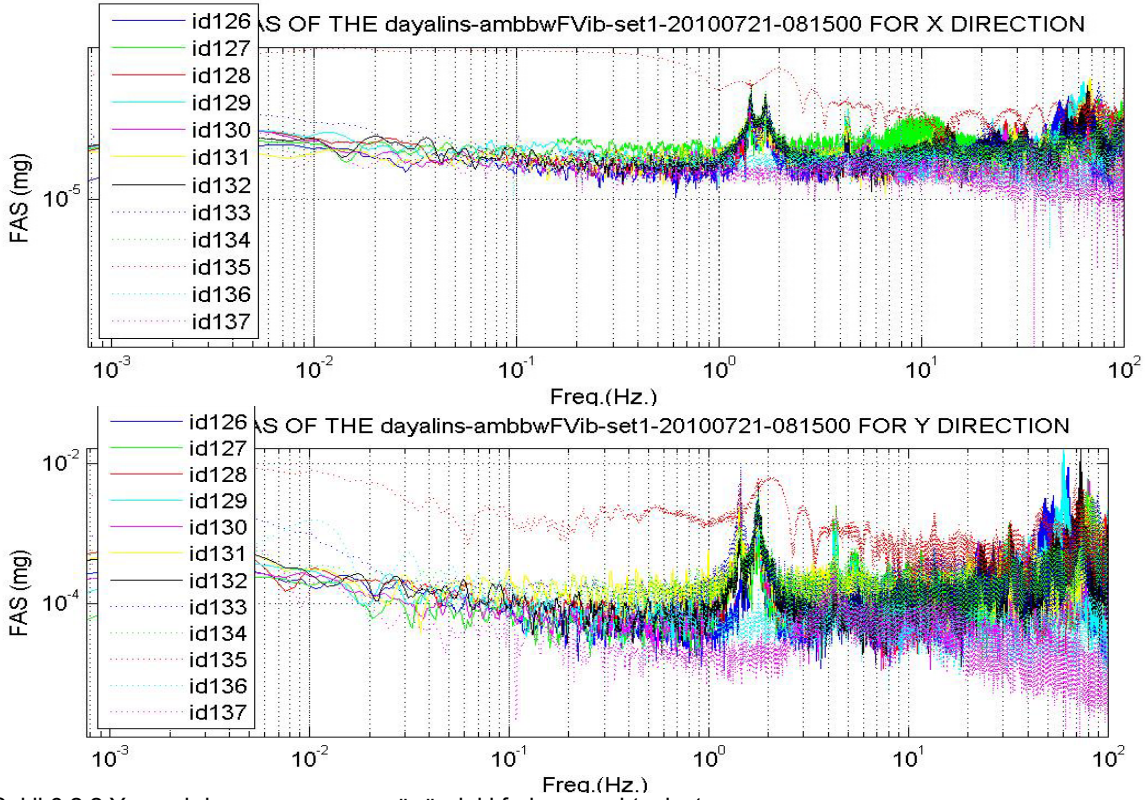
Şekil 6.2 Üç boyutlu sonlu eleman yapı modeli üzerinde kurulan ağı

## 6.2 Yapı Tanılama Sonuçları

Adapazarında bulunan Dayal inşaat binası karkas halde inşaat safhasında 17 Ağustos 1999 Kocaeli depremini hasar almadan atlattır. Çalışılan zaman diliminde alınan izinler çerçevesinde çevrel titreşim ölçümleri ve zorlama kuvvet testleri yapılmıştır. Ayrıca yapı civarında alınan açık saha mikro-titreşimleri (microtremors) yerel zemin şartlarında yapıya giren titreşim kaynağını oluşturan yerel etkenler olarak kaydedilmiştir. Yapı üzerinde ve açık sahadan elde edilen titreşim sinyallerinin zaman tanım alanındaki hikeyeleri Şekil 6.2.1'de, frekans tanım alanında çizilmiş olan yapı davranışının frekans muhteviyatı ise Şekil 6.2.2'de girdi-çıkı ilişkilerini yansıtacak transfer fonksiyonlar ise Şekil 6.2.3'de x ve y yönleri için verilmiştir.



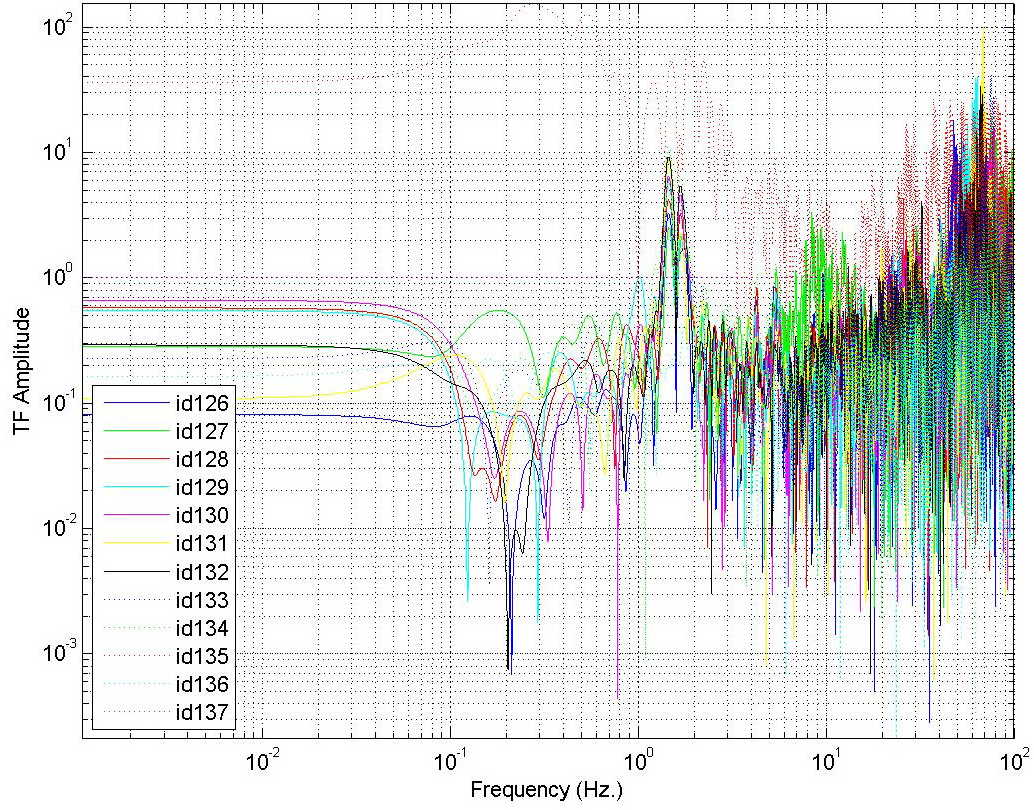
Şekil 6.2.1 Dayalınş binası çevrel titreşimlerin neden olduğu üç bileşende izlenen yapısal titreşimler



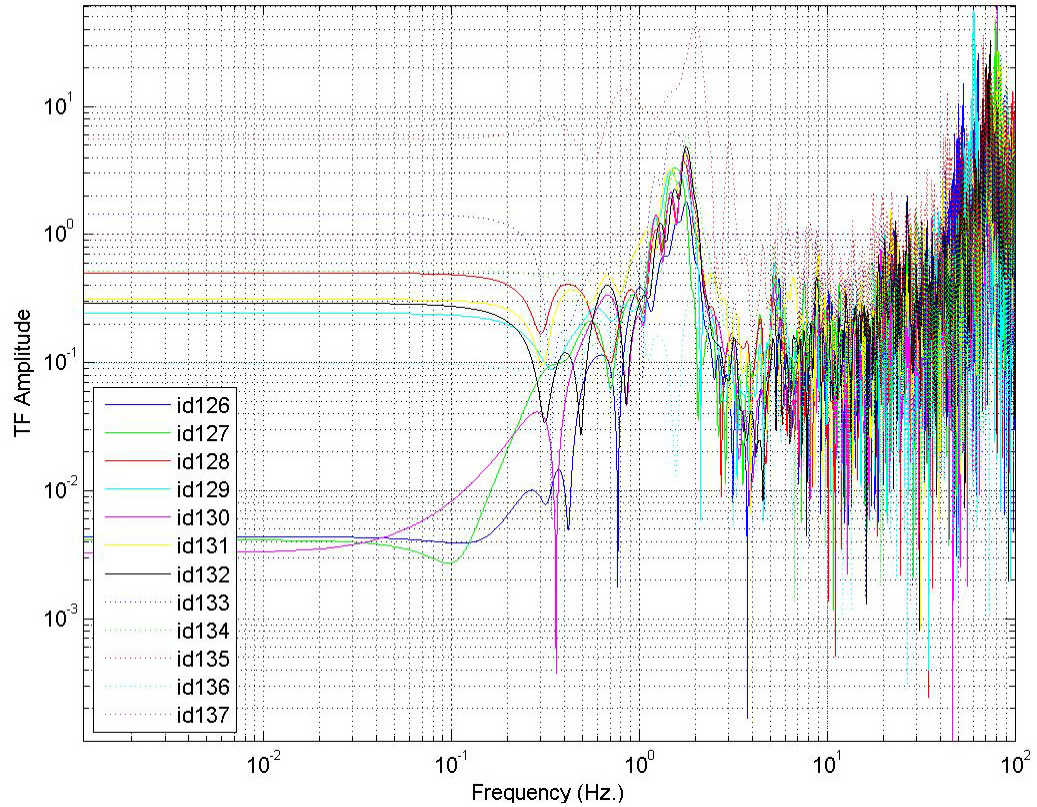
Şekil 6.2.2 Yapısal davranışın x ve y yönündeki frekans muhteviyatı



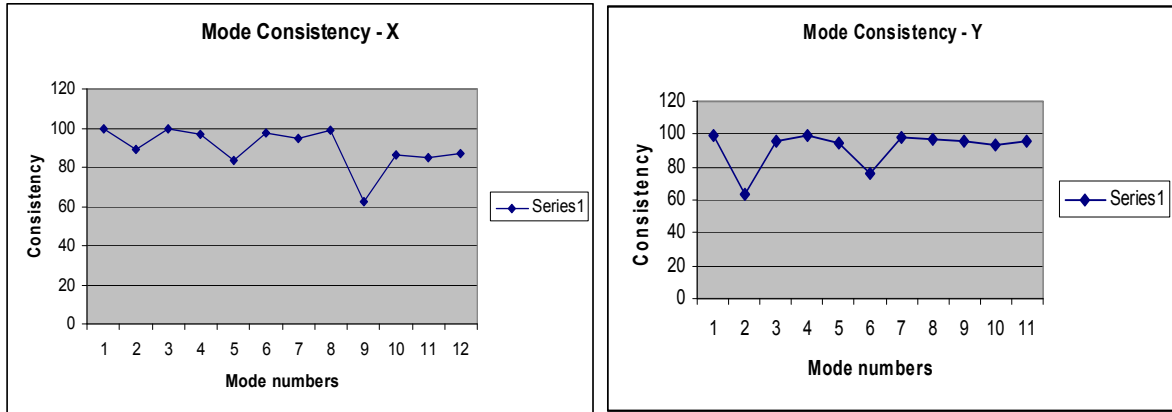
(Ambient) TFs bw The Structural Points and The Ground For dayalins-ambbwFVib-set1-20100721-081500 FOR X



(Ambient) TFs bw The Structural Points and The Ground For dayalins-ambbwFVib-set1-20100721-081500 For Y



Şekil 6.2.3 Yapısal sistemde meydana gelen girdi ve yapısal tepki çıktıları arasındaki ilişkileri veren transfer fonksiyonları, üstte x yönü için altta y yönü için verilmiştir



Şekil 6.2.4 x ve y bileşenleri için modal tutarlılık oranlarının aday modlara göre dağılımı

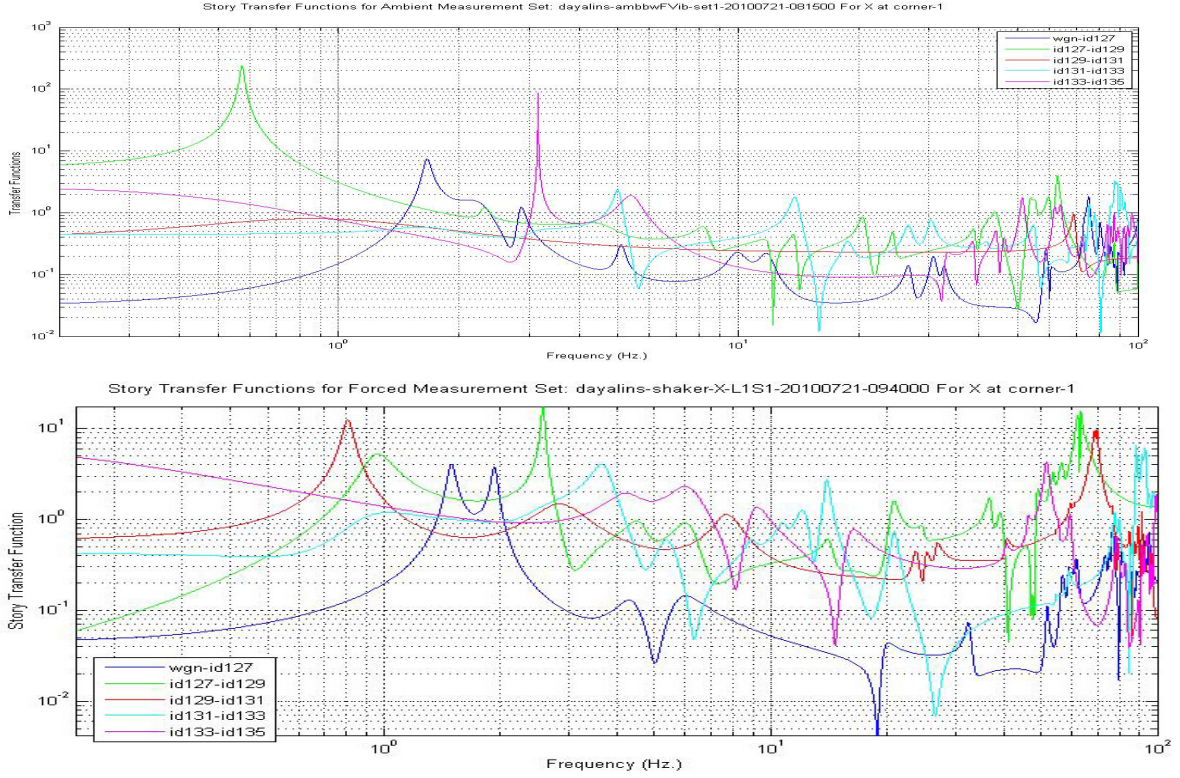
Tablo 6.2a x bileşeni için modal tutarlılık değerleri

Candidate Modes	mode7	mode9	mode11	mode14	mode15	mode16	mode18	mode19	mode20	mode21	mode25	mode31
Real Modes		mode1			mode2		mode3		mode4			mode5
Modal_Freq	1,432263	1,704074	2,011313	4,329754	5,472764	6,279674	8,331868	9,467085	11,6612	13,2826	22,6115	27,7587
consist_mod_indicator_X	99,63788	89,45178	99,88649	96,68721	83,44734	97,48191	94,80997	99,06925	62,65331	86,58315	85,21407	86,91833
modal_Hist_predict_indicator_X	99,99986	99,99999	99,99998	99,99815	99,97931	99,98774	99,95774	99,99722	99,99989	99,97911	99,98026	99,9613
norm_mod_singular_value_X	27,72888	36,72309	29,25185	15,61071	14,28781	12,26719	9,750332	9,958546	13,81622	8,404227	7,545756	13,25102
Eigen values in Z-Domain_X	0,998684	0,997425	0,993654	0,989013	0,97957	0,974135	0,95716	0,950641	0,930333	0,909067	0,754391	0,638979

Tablo 6.2b y bileşeni için modal tutarlılık değerleri

Candidate Modes	mode5	mode6	mode7	mode8	mode9	mode10	mode11	mode12	mode14	mode15	mode16	mode17
Real Modes			mode1					mode2		mode3		mode4
Modal_Freq	1,432678	1,701296	1,778034	2,08094	4,259655	4,275836	4,327667	5,270402	6,273939	8,288747	9,493373	11,65738
consist_mod_indicator_Y	99,29693	63,45211	95,27685	99,65398	94,74968	76,11012	98,61498	97,35974	95,76846	93,77357	95,56647	73,85067
modal_Hist_predict_indicator_Y	99,99944	99,99633	99,99989	99,99978	99,97012	99,97633	99,99595	99,99855	99,96414	99,97377	99,96538	99,99835
norm_mod_singular_value_Y	25,58964	16,08563	32,83738	13,04995	5,571721	6,745215	5,551859	7,295025	2,823928	6,639438	3,057073	5,724222
Eigen values in Z-Domain_Y	0,998695	0,997691	0,997572	0,99328	0,982692	0,982132	0,989369	0,981473	0,974255	0,956406	0,948498	0,930309

Yapı tanı çalışması sonucu elde edilen yapı karakteristiğini yansıtan aday modların Tablo 6.2a ve 6.2b'de verilen tutarlılık oran indeks değerleri referans alınmış ve bu yaklaşım içinde Şekil 6.2.4'de tutarlılık değer sınımlarında görüleceği gibi mod şekil tutarlılığının yanısıra mod tutarlılığı genelde %80-%100'lerin içinde kalacak değerlerde sağlanmıştır. İleri modlar çevrel titreşim kuvvet şartlarında yapının planda büyük ve mütemedi çerçeve yapısının kazandırdığı rijidlikten dolayı tetiklenememiştir, daha çok sayıda cihazdan oluşan izleme ağ şartlarında zorlama kuvvetler altında tanılama çalışmaları bu yapıda çalışılmıştır. Birbirini tamamlayıcı niteliği olan zorlama kuvvet altında yapılan davranış aynı izleme istasyon dağılımıyla izlenmiş, kaydedilmiş ve kat transfer fonksiyonları hesaplanmıştır. Çevrel ile beraber Şekil 6.2.5'e x yönü için çizilen kat spektrumları benzer karakteristik özellik gösteren modlara ilaveten zayıf çevrel kaynaklı titreşimlerin açığa çıkaramadığı bazı karakteristik modlarda görme şansımız olmuştur. Modal frekans ve sönüm özelliği bu yapı için ayrıca zayıf (çevrel) ve kuvvetli (harmonik zorlama) girdi kuvvetler altında çalışılmış ilk 12 mod değerleri Tablo 6.3'de verilmiştir. Tablo 6.4'de x yönü çevrel ve zorlama kuvvetler altında hâkim modal deplasmanların özellikle ilk modlarda verdiği tutarlılığı onaylayıcı özelliğiyle, ilave verdiği mod ve modal deplasmanları ise tamamlayıcı özelliğiyle değerlendirilerek yapı karakteristiği hakkında yeterli bilgiye ulaşılmıştır.



Şekil 6.2.5 x yönü çevrel (üst) ve zorlamam (alt) kuvvetler altında kat transfer spektrumları benzer hâkim mod ve modal frekanslarda davranış sergilemektedir.

Tablo 6.3 x yönü çevrel ve zorlama kuvvetler altında hâkim modlar ve yapısal sönüm oranları

Dayal binası x yönlü <b>zorlama kuvvetler altında</b> modal frekans ve yapısal sönüm oranları												
	mode1	mode2	mode3	mode4	mode5	mode6	mode7	mode8	mode9	mode10	mode11	mode12
Modal Frekanslar (Hz.)	1,429	1,662	1,916	2,013	4,348	5,397	7,536	14,000	17,480	24,983	47,668	48,695
Modal Sönüm oranları	2,445	5,234	11,950	33,140	3,199	4,891	8,343	2,699	7,030	2,374	1,574	1,376
Dayal binası x yönlü <b>çevrel titreşim altında</b> modal frekans ve yapısal sönüm oranları												
Modal Frekanslar (Hz.)	1,441	1,707	2,284	2,794	5,064	7,95	12,23	13,912	27,298	30,555	48,59	50,002
Modal Sönüm oranları	4,329	2,144	29,98	4,082	0,683	5	5,579	2,148	2,007	1,847	1,7142	2,072



Tablo 6.4 x yönü çevrel ve zorlama kuvvetler altında hâkim modal deplasmanlar

Modal Displacements of the Identified Modes in x for the Ambient Data of Dayalins													
Stno	Inst.no	mode1	mode2	Mode3	mode4	mode5	mode6	mode7	mode8	mode9	mode10	mode11	mode12
St1	id126	0,267	0,287	0,201	0,156	0,555	0,667	0,398	0,263	0,128	0,079	1,000	1,000
St2	id127	-0,047	0,458	0,484	0,727	0,583	-0,428	-0,221	0,237	0,126	-0,141	-0,050	-0,027
St3	id128	0,489	0,494	0,315	0,246	0,624	0,256	-0,604	-0,568	0,175	-0,219	-0,028	-0,033
St4	id129	-0,076	0,657	0,686	0,954	0,481	0,221	0,328	-0,804	0,191	-0,483	0,155	-0,041
St5	id130	0,674	0,660	0,389	0,328	0,364	-0,494	-0,490	-0,169	-0,216	-0,298	-0,016	0,042
St6	id131	-0,101	0,807	0,823	1,000	0,140	0,667	-0,046	-0,221	-0,249	-1,000	0,055	-0,011
St7	id132	0,821	0,805	0,463	0,409	-0,246	-0,553	0,601	0,915	-0,546	-0,740	-0,037	-0,128
St8	id133	-0,117	0,905	0,898	0,858	-0,310	0,302	-0,585	1,000	-0,481	-0,842	0,012	0,131
St9	id134	1,000	0,931	0,478	0,470	-1,000	0,375	-0,397	-0,688	-1,000	0,494	-0,079	0,103
St10	id135	-0,146	1,000	1,000	0,563	-0,788	-1,000	1,000	-0,748	-0,949	0,639	0,073	-0,115

Modal Displacements of the Identified Modes in x For the Forced Vibration Data of Dayalins													
Stno	Inst.no	Mode1	Mode2	Mode3	Mode4	Mode5	Mode6	Mode7	Mode8	Mode9	Mode10	Mode11	Mode12
St1	id126	0,219	0,284	0,238	0,505	0,463	0,539	0,429	0,055	0,088	0,618	1,000	1,000
St2	id127	-0,178	0,378	0,479	0,435	-0,635	0,818	-0,207	0,169	-0,047	0,225	-0,081	0,027
St3	id128	0,485	0,521	0,375	0,380	0,730	0,627	-0,152	-0,538	0,034	-1,000	0,054	0,023
St4	id129	-0,305	0,546	0,690	0,644	-0,655	0,669	0,136	-0,725	-0,081	-0,599	0,018	-0,256
St5	id130	0,672	0,703	0,493	0,357	0,484	0,371	-0,482	-0,158	-0,011	0,362	-0,036	-0,024
St6	id131	-0,395	0,678	0,844	0,760	-0,333	0,247	0,373	-0,046	-0,082	0,314	-0,056	-0,078
St7	id132	0,812	0,858	0,606	0,545	-0,106	-0,270	-0,282	0,955	-0,068	-0,440	-0,068	-0,042
St8	id133	-0,461	0,773	0,923	0,810	0,247	-0,361	0,143	1,000	-0,132	-0,309	-0,352	0,322
St9	id134	1,000	1,000	0,678	0,428	-0,944	-1,000	0,452	-0,791	0,020	0,219	0,199	-0,139
St10	id135	-0,574	0,878	1,000	1,000	1,000	-0,967	-1,000	-0,727	-1,000	0,209	-0,039	0,084

Ayrıca deneysel çalışma sonuçları incelendiğinde kayda giren bir çok lokal etkenin (hasarlı eleman vs.) yanısıra yüksek sensör hasaslığının sunduğu global yapısal davranışa katkı vermeyen gürültü olarak nitelendirebileceğimiz modlar da ayıklamaya tabi tutulmuşlardır. Gerçek yapısal modlar kullanılan cihaz sayısı ve serilim özelliklerinin sınırları içinde seçilmiş ve Tablo 6.2a ve 6.2b'de gösterildiği gibi renklendirilmiştir. Tablo 6.5 ve 6.6'da sırasıyla x ve y yönü için tutarlılık oranı en yüksek değerler alan gerçek modlar belirlenmiştir.



Tablo 6.5 Yapısal modlar ve modal deplasmanlar x yönü için

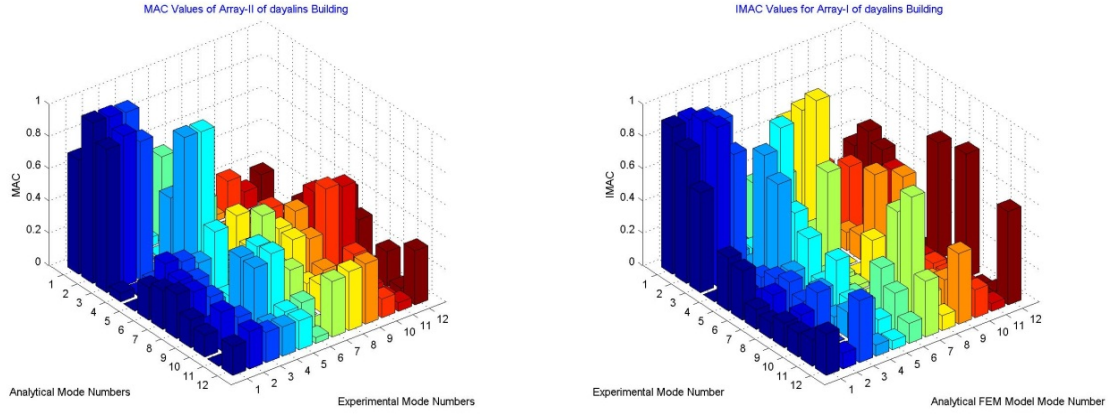
Ağ kanat -1 (Array-Corner_1)												
Candidate Modes	mode7	mode9	mode11	mode14	mode15	mode16	mode18	mode19	mode20	mode21	mode25	mode31
Real Modes		mode1			mode2		mode3		mode4			mode5
Modal Freq	1,432263	1,704074	2,011313	4,329754	5,472764	6,279674	8,331868	9,467085	11,6612	13,2826	22,6115	27,7587
id127	-0,16188	0,189358	0,000145	-0,26336	0,684218	-0,00393	0,025583	0,022594	0,582957	0,103968	0,124479	0,0585
id129	-0,54487	0,354762	-0,00032	-0,61759	0,829885	0,002126	-0,01157	-0,00325	-0,27282	0,73802	1	0,108028
id131	-0,79346	0,459544	-0,00018	-0,37713	0,336236	-0,00089	0,019234	-0,00429	-0,94341	-0,19037	-0,15576	0,08163
id133	-0,57678	0,471743	0,000188	0,118274	-0,24498	-0,00289	0,011061	-0,00292	-0,39161	-0,94368	-0,13054	0,059704
id135	-0,73017	0,659932	-1	0,745077	-1	1	1	1	0,666513	0,744592	-0,11429	-0,488
Ağ kanat -2 (Array-Corner_2)												
Candidate Modes	mode7	mode9	mode11	mode14	mode15	mode16	mode18	mode19	mode20	mode21	mode25	mode31
Real Modes		mode1			mode2		mode3		mode4			mode5
Modal Freq	1,432263	1,704074	2,011313	4,329754	5,472764	6,279674	8,331868	9,467085	11,6612	13,2826	22,6115	27,7587
id126	0,298089	0,239311	0,000237	0,662315	0,450411	0,001396	0,02394	0,00067	0,879	0,389637	0,231556	0,113447
id128	0,376113	0,487339	0,000216	0,605774	0,844237	0,000934	0,012625	-0,00263	0,462837	0,63763	-0,04423	-0,1286
id130	0,5665	0,677561	0,000181	0,417127	0,502928	0,000599	-0,01199	-0,00513	-1	0,156675	-0,23399	0,200628
id132	0,825693	0,832262	-0,00013	-0,15583	-0,19194	-0,00156	-0,02839	-0,00221	-0,62793	-0,65462	0,185897	-0,66226
id134	1	1	-0,00019	-1	-0,95749	0,003819	0,025927	0,005333	0,769387	1	0,04162	-1

Tablo 6.6 Yapısal modlar ve modal deplasmanlar y yönü için

Ağ kanat -2 (Array-Corner_1)										
Candidate Modes	mode5	mode7	mode8	mode11	mode12	mode14	mode15	mode16	mode17	mode18
Real Modes		mode1			mode2		mode3		mode4	
Modal Freq	1,432678	1,778034	2,08094	4,327667	5,270402	6,273939	8,288747	9,493373	11,65738	13,62388
id136(base motion)	0,001396	0,022494	0,000432	0,010443	0,106679	-0,00464	-0,00544	0,00445	-0,10308	0,036561
id127	0,447989	0,176969	0,001094	1	0,721392	-0,00256	-0,06722	0,005299	-0,74732	0,106244
id129	0,460839	0,499482	0,0012	0,700026	0,832423	0,0057	0,02998	0,016249	0,245049	-0,17593
id131	0,414366	0,699658	0,002743	0,3047	0,475067	-0,01702	0,024607	-0,04834	0,363915	0,145157
id133	1	0,693021	0,002648	-0,26165	-0,24351	-0,00393	-0,06354	0,032987	0,29992	0,233528
id135	0,740557	1	-1	-0,88575	-0,86289	-1	1	1	-1	-1
Ağ kanat -2 (Array-Corner_2)										
Candidate Modes	mode5	mode7	mode8	mode11	mode12	mode14	mode15	mode16	mode17	mode18
Real Modes		mode1			mode2		mode3		mode4	
Modal Freq	1,432678	1,778034	2,08094	4,327667	5,270402	6,273939	8,288747	9,493373	11,65738	13,62388
id126	0,031384	0,280099	0,001109	0,165635	0,477741	0,001904	0,012261	0,032798	0,525318	0,06371
id128	-0,40726	0,483669	0,00041	-0,61977	0,898817	0,01229	0,013661	0,012166	0,261091	-0,18165
id130	-0,46042	0,694739	0,00103	-0,28447	0,542144	-0,01039	0,009382	-0,01743	0,300024	-0,08366
id132	-0,15929	0,866873	0,001716	0,048841	-0,16743	-0,00318	-0,0251	0,025766	-0,1827	0,18271
id134	-0,24558	0,993665	0,002602	0,198237	-1	-0,01346	0,05886	0,014723	0,074684	0,19707

### 6.3 Sonlu Eleman Model Güncellenmesi

Bir önceki bölümde dayal inşaat binası 24-06-2010 tarihli veri setiyle çalışılmış ve mod gerçekleşme değerleri karakteristik modal davranış sırası içinde tutarlı çıkmıştı. 21-07-2010 tarihli çevrel titreşim verileriyle yürütülen çalışmada benzer mod gerçekleşme kriterleri tutturulmuş Şekil 6.3.1'de sadece grafikleri verilmiştir.



Şekil 6.3.1 Dayal binasından elde edilen iki veri setine göre mod gerçekleşme değerleri

## 6.4 Modal Analiz Sonuçları

Yapı analizinde, günümüz hesap teknolojileri içinde kullanılan sonlu eleman analiz (SEA) paket programlarından SAP2000 (2011) yazılımı modal analizlerde kullanılmıştır. Analizi yapılacak yapının geometrik, malzeme, yük ve sınır şartlarının laboratuvar ve arazi raporlarından derlenen bilgiler ışığında modellenmesiyle güvenilir ve gerçeğe yakın yapı nümerik modal davranışı elde edilmiştir. Yapının titreşim modlarının, modal frekanslarının ve mod şekil bilgilerinin çalıştığımız mevcut yapıyı temsil etme tutarlılığını yükseltmek için uygulanan güncellemeler sonucu kalibre edilmiş mühendislik parametreleriyle gerçeği olabilecek doğrulukta yansıtan ve modellemekten kaynaklanan hataları tartışma dışına çıkaran son nümerik modal sonuçlarıyla, deneysel modal sonuçlarını kabul edilebilir seviyede ilk önemli hâkim modlar için örtüşüren güncellenmiş modelin modal frekansları ve modal kütle katılım oranları Tablo 6.4.1’de özetlenmiştir.

Tablo 6.4.1 Modal kütle katılım oranları

Modal Participating Mass Ratios										
OutputCase	StepType	StepNum	Period	Frequency	UX	UY	UZ	RX	RY	RZ
Text	Text	Unitless	Sec	Cyc/sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	0,539639	1,8531	0,0009	0,00817	2,77E-08	0,00527	0,0005	0,33871
MODAL	Mode	2	0,494961	2,0204	0,71438	0,00036	1,18E-07	0,00025	0,35373	0,133
MODAL	Mode	3	0,436949	2,2886	0,00023	0,83642	4,42E-08	0,53783	0,00011	0,37246
MODAL	Mode	4	0,171708	5,8238	0,16213	6,42E-05	2,95E-07	8,56E-06	0,00332	0,02233
MODAL	Mode	5	0,162345	6,1597	0,01339	0,0008	1,27E-07	0,00017	0,00022	0,0362
MODAL	Mode	6	0,122171	8,1852	4,8E-06	0,08978	7,46E-08	0,0082	4,85E-07	0,03901
MODAL	Mode	7	0,092315	10,833	0,04257	8,26E-05	1,75E-07	7,28E-06	0,00145	0,008
MODAL	Mode	8	0,082367	12,141	0,00132	0,00423	3,2E-07	0,00028	9,87E-05	0,0054
MODAL	Mode	9	0,064935	15,4	3,7E-05	0,03468	3,57E-07	0,00456	1,12E-06	0,01347
MODAL	Mode	10	0,057426	17,414	0,01804	9,28E-06	0,00359	0,00085	0,01749	0,00259
MODAL	Mode	11	0,055507	18,016	0,00128	3,96E-05	0,05516	0,02981	0,08761	4,62E-05
MODAL	Mode	12	0,055023	18,174	0,00068	1,28E-05	0,01845	8,82E-06	0,02466	0,00021

Önemli modların bulunduğu hücrelerin renklendirildiği Tablo 6.6’de görülen sonuçlar Tablo 5.4’dekilerle aynı olup, aynı nümerik modal model 21/7/2010 tarihinde gerçekleştirilen bir başka çevrel titreşim çalışmasının sonuçlarıyla tekrar değerlendirilmeye alınmıştır.

## 6.5 Sonuç

Serbest titreşim yük şartlarında davranışları izlenen çalışma yapısı için oluşturulmuş olan nümerik model güncellenmiş son haliyle hedef hâkim yatay x ve y yönü modlarını mevcutta izlendiği gibi yeterli tutarlılık seviyesinde ilgili bileşen modunda sağlamıştır. Çalışmamızda hâkim yanal mod tutarlılığının sağlanması analizlerde yeterli olması nedeniyle güncellenmiş sonlu eleman modelinin güvenilir olarak analizlerde kullanılabilme imkanı oluşmuştur.

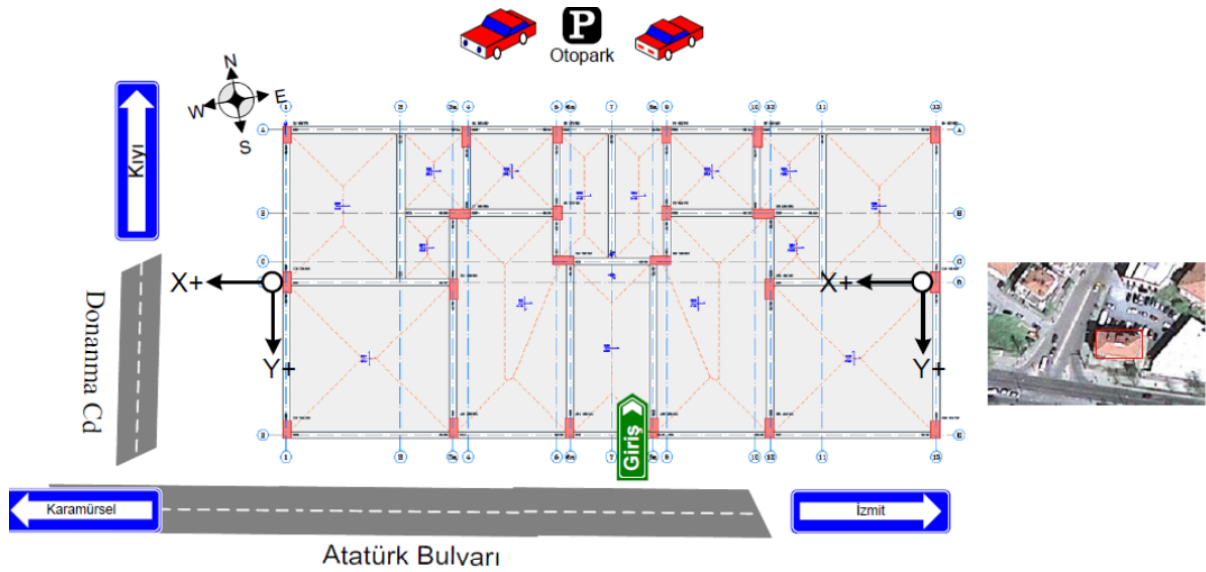
## 7 Durusoy Apartmanı (durusoy\_amb\_20101103)

### 7.1 Bina Cihaz Yerleşim ve Yönelim Bilgisi

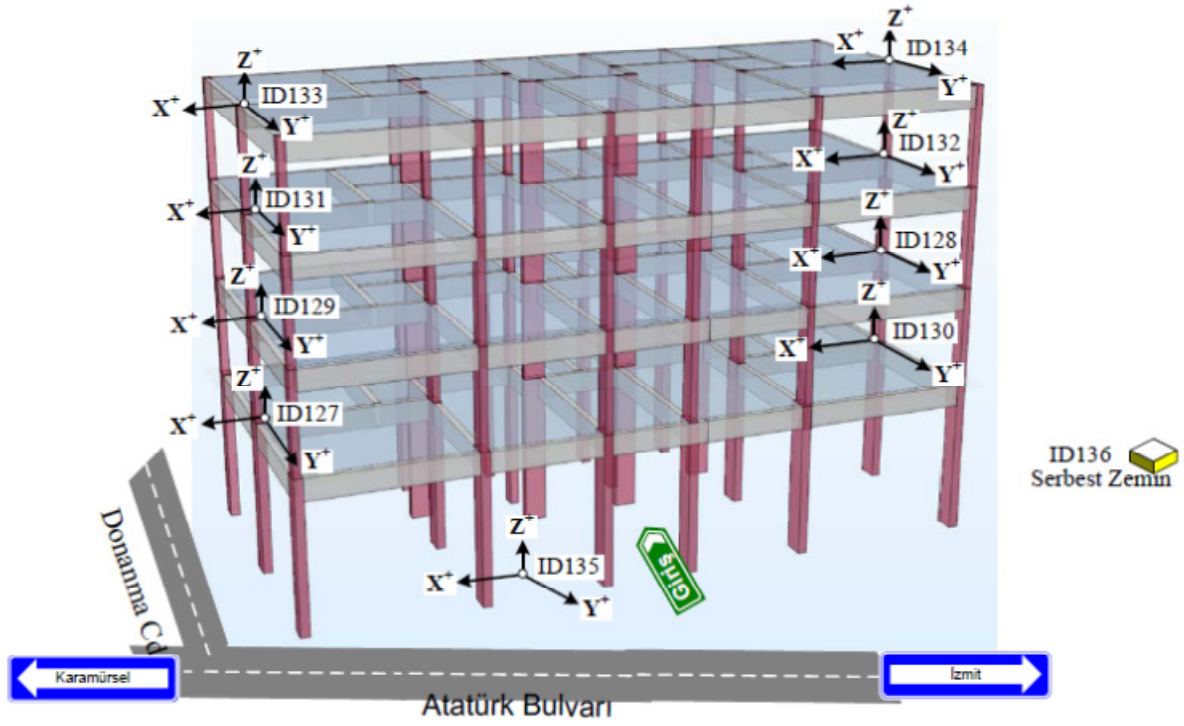
Bina üzerine kurulan ivme duyarlı ölçüm cihazlarının yapısal noktalar üstündeki konumu ve yönelimlerinin plandaki görünümü Şekil 7.1'de, üç bileşene sahip her bir ivme ölçer cihazın konum ve bileşen yönelimlerinin 3 boyutlu sonlu eleman yapı modeli üzerinde oluşturdukları gözlem-ölçüm ağı ise Şekil 7.2'de gösterilmiştir. Ayrıca Tablo 7.1'de yapı üzerinde kullanılan cihazların dikey yapısal noktalar üzerindeki dağılımı ve sonlu eleman modelde ilgili hesap düğüm noktaları parantez içinde verilmiştir.

Tablo 7.1 Yapı cihaz dağılımı ve sonlu eleman modelde düğüm noktaları

Durusoy_amb_20101103		
Kat serbestlikleri	Ağ-kanat-1	Ağ-kanat-2
Ç. Kat	id133(J148)	id134(J143)
3. Kat	id131(J114)	id132(J109)
2. Kat	id129(J80)	id130(J75)
1. Kat	id127(J46)	id128(J41)
Giriş kat	id135(J32)	
Serbest saha	id136	



Şekil 7.1 Cihaz konumlarının ve yönelimlerinin planda görünüşü

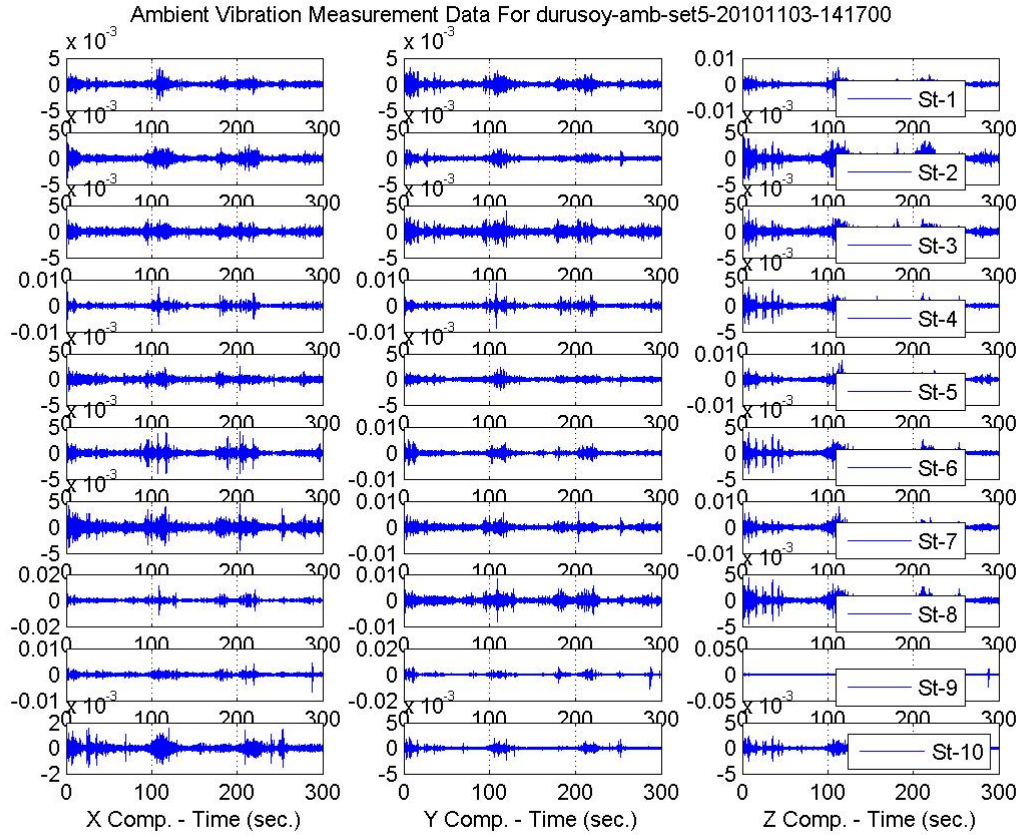


Şekil 7.2 Üç boyutlu sonlu eleman yapı modeli üzerinde kurulan ağı

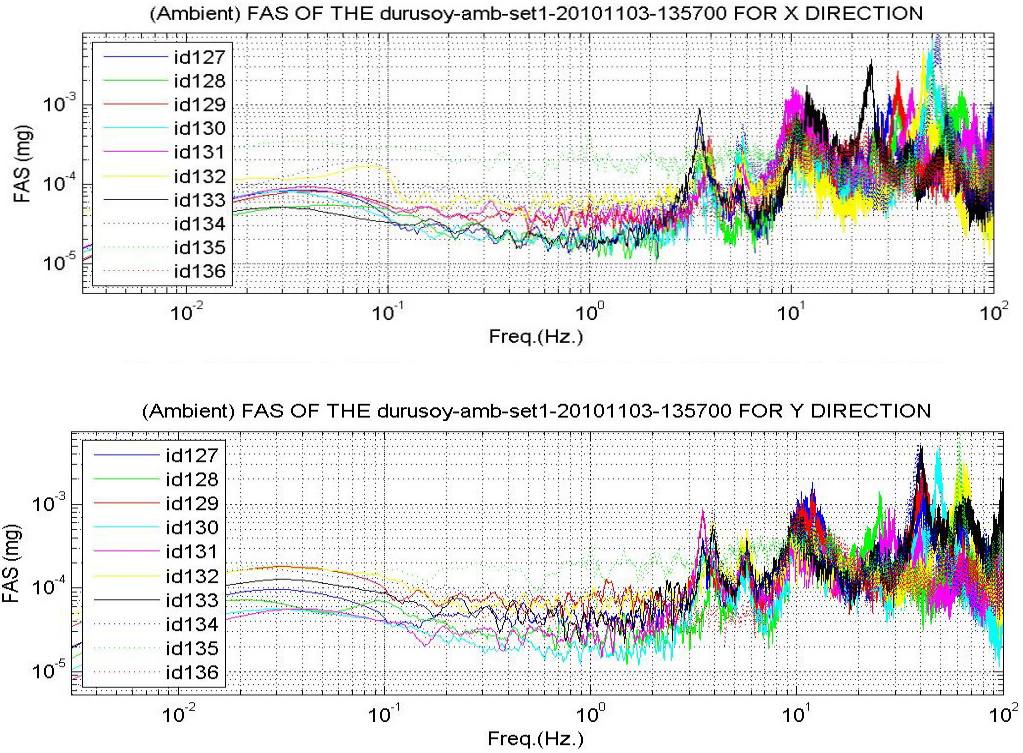
## 7.2 Yapı Tanılama Sonuçları

Kocaeli, Gölcük içinde bulunan Durusoy binası 17 Ağustos 1999 Kocaeli depremini hasar almadan atlattır. Çalışılan zaman diliminde alınan izinler çerçevesinde çevrel titreşim ölçümleri yapılmıştır. Ayrıca yapı civarında alınan açık saha mikro-titreşimleri (microtremors) yerel zemin şartlarında yapıya giren titreşim kaynağını oluşturan yerel etkenler olarak kaydedilmiştir. Yapı üzerinde ve açık sahadan elde edilen titreşim sinyallerinin zaman tanım alanındaki hikeyeleri Şekil 7.2.1'de, frekans tanım alanında çizilmiş olan yapı davranışının frekans muhteviyatı ise Şekil 7.2.2'de girdi-çıkı ilişkilerini yansıtabacak transfer fonksiyonlar ise Şekil 7.2.3'de x ve y yönleri için verilmiştir.

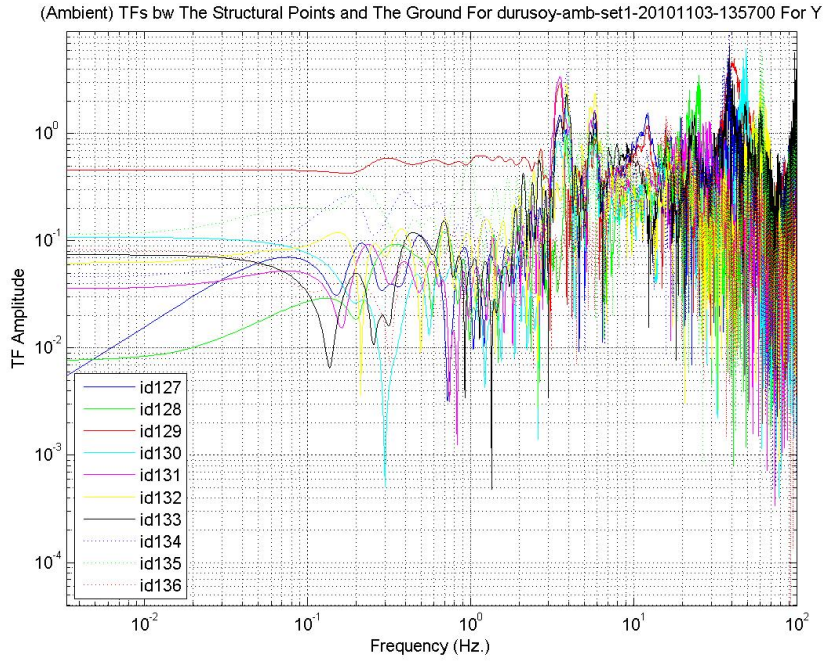
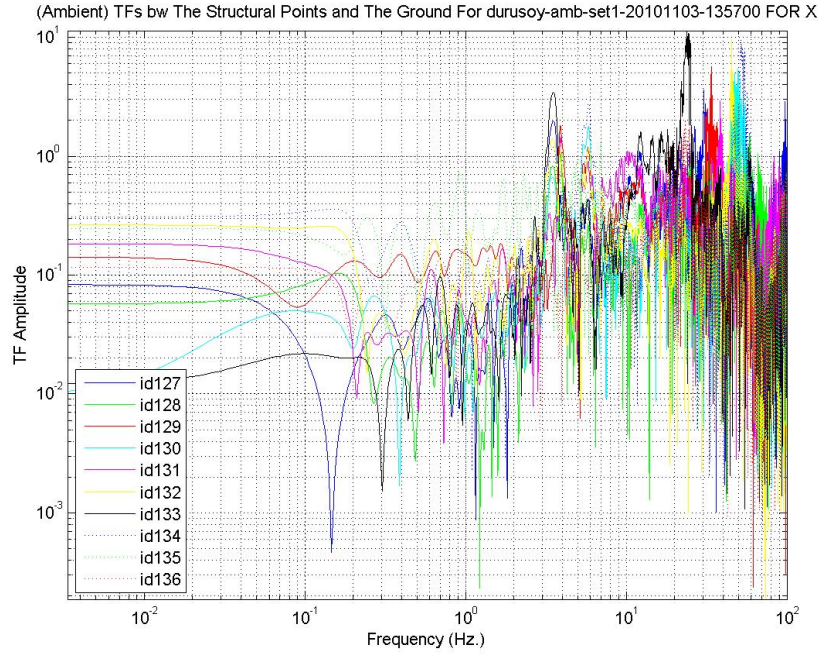




Şekil 7.2.1 Durusoy binası çevrel titreşimlerin neden olduğu üç bileşende izlenen yapısal titreşimler.



Şekil 7.2.2 Yapısal davranışın x ve y yönündeki frekans muhtevisiyatı



Şekil 7.2.3 Yapısal sistemde meydana gelen girdi ve yapısal tepki çıktıları arasındaki ilişkileri veren transfer fonksiyonları, üstte x yönü için altta y yönü için verilmiştir

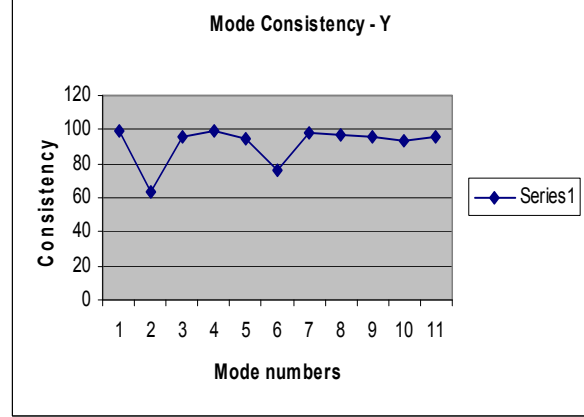
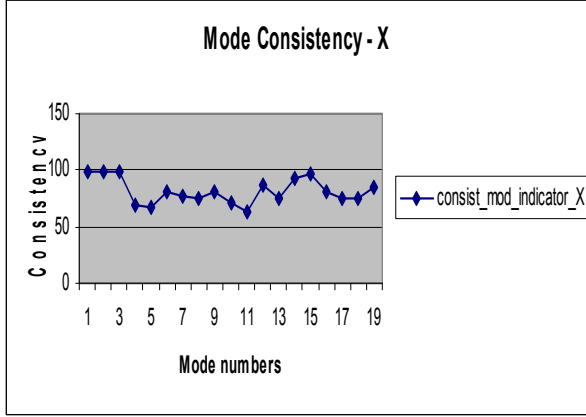
Tablo 7.2a x bileşeni için modal tutarlılık değerleri

Candidate Modes	mode4	mode5	mode6	mode7	mode8	mode13	mode17	mode19	mode22
Real Modes	mode1			mode2					
Modal Freq	3,502825	3,914175	5,701173	7,185393	9,268817	10,30062	11,99051	12,59656	14,40035
consist_mod_indicator_X	99,07409	97,83635	98,48338	69,64548	66,2401	81,34329	77,89849	75,12782	80,6806
modal_Hist_predict_indicator_X	99,9997	99,99682	99,99937	99,46471	99,92381	99,75891	99,94907	99,97069	99,97411
norm_mod_singular_value_X	52,40383	26,66149	48,94276	13,25398	23,93764	25,6578	27,76363	22,223	32,33178
Eigen values in Z-Domain_X	0,992048	0,989611	0,978062	0,957612	0,941579	0,936241	0,919143	0,910122	0,887923



Tablo 7.2b y bileşeni için modal tutarlılık değerleri

Candidate Modes	mode5	mode6	mode7	mode8	mode9	mode10	mode11	mode12	mode14	mode15	mode16	mode17
Real Modes			mode1					mode2		mode3		mode4
Modal Freq	1,432678	1,701296	1,778034	2,08094	4,259655	4,275836	4,327667	5,270402	6,273939	8,288747	9,493373	11,65738
consist_mod_indicator_Y	99,29693	63,45211	95,27685	99,65398	94,74968	76,11012	98,61498	97,35974	95,76846	93,77357	95,56647	73,85067
modal_Hist_predict_indicator_Y	99,99944	99,99633	99,99989	99,99978	99,97012	99,97633	99,99595	99,99855	99,96414	99,97377	99,96538	99,99835
norm_mod_singular_value_Y	25,58964	16,08563	32,83738	13,04995	5,571721	6,745215	5,551859	7,295025	2,823928	6,639438	3,057073	5,724222
Eigen values in Z-Domain_Y	0,998695	0,997691	0,997572	0,99328	0,982692	0,982132	0,989369	0,981473	0,974255	0,956406	0,948498	0,930309



Şekil 7.2.4 x ve y bileşenleri için modal tutarlılık oranlarının aday modlara göre dağılımı

Yapı tanı çalışması sonucu elde edilen yapı karakteristiğini yansıtan aday modların Tablo 7.2'de verilen tutarlılık oranı indeks değerleri referans alınmış ve bu yaklaşım içinde Şekil 7.2.4'de tutarlılık değeri salınımlarında görüleceği gibi yaklaşık %60-%80 ve üstünü sağlayan mod tutarlılığı (mode consistency) ve doğru mod şekillerini veren modlar tanılama için değerlendirmeye alınmıştır. Yapının planda büyük ve perde elemanlarla rijid davranış gösteren dinamik davranış karakteristiği daha çok sayıda cihazdan oluşan izleme ağ şartlarında zorlama kuvvetleri altında tanılama çalışmalarını gerektirmekle beraber ilk birkaç modun elde edilmesi yeterli bulunmuştur. Ayrıca deneysel çalışma sonuçları incelendiğinde kayda giren bir çok lokal etkenin (hasarlı eleman vs.) yanı sıra yüksek sensör hasarlığının sunduğu global yapısal davranışa katkı vermeyen gürültü olarak nitelendirilebileceğimiz modlar da ayıklamaya tabi tutulmuşlardır. Gerçek yapısal modlar kullanılan cihaz sayısı ve serilim özelliklerinin sınırları içinde seçilmiş ve Tablo 7.2'de gösterildiği gibi renklendirilmiştir. Tablo 7.3 ve 7.4'de sırasıyla x ve y yönü için tutarlılık oranı en yüksek değerler alan gerçek modlar belirlenmiştir.

Tablo 7.3 Yapısal modlar ve modal deplasmanlar x yönü için

Ağ-Kanat-1								
Candidate Modes	mode4	mode5	mode6	mode7	mode8	mode13	mode17	mode19
Real Modes	mode1			mode2				
Modal Freq	3,502825	3,914175	5,701173	7,185393	9,268817	10,30062	11,99051	12,59656
id127	0,584759	0,320282	0,160274	0,1681	0,463192	0,396689	0,889517	1
id129	-0,01858	1	-0,42312	0,098542	0,524288	-0,4222	-0,08779	0,029708
id131	0,095144	0,782221	-0,24692	0,505281	1	-1	-0,22266	-0,38528
id133	1	0,208506	0,174764	-0,34504	-0,60327	-0,35761	-1	-0,98957
Ağ-Kanat-2								
Candidate Modes	mode4	mode5	mode6	mode7	mode8	mode13	mode17	mode19
Real Modes	mode1			mode2				
Modal Freq	3,502825	3,914175	5,701173	7,185393	9,268817	10,30062	11,99051	12,59656
id128	0,26938	0,63059	-0,07123	0,060123	0,68402	-0,06825	0,453818	0,491674
id130	0,193637	-0,26803	-0,64662	0,190857	0,359997	-0,10167	-0,11789	0,058884
id132	0,438452	0,765844	-0,39097	0,116051	0,220717	-0,2403	-0,19411	-0,23645
id134	0,335017	-0,43384	-1	-0,13665	0,340373	-0,30578	-0,16204	-0,33812

Tablo 7.4 Yapısal modlar ve modal deplasmanlar y yönü için

Ağ-Kanat-1									
Candidate Modes	mode5	mode7	mode8	mode11	mode12	mode14	mode15	mode16	mode17
Real Modes		mode1			mode2		mode3		mode4
Modal Freq	1,432678	1,778034	2,08094	4,327667	5,270402	6,273939	8,288747	9,493373	11,65738
id136(base motion)	0,001396	0,022494	0,000432	0,010443	0,106679	-0,00464	-0,00544	0,00445	-0,10308
id127	0,447989	0,176969	0,001094	1	0,721392	-0,00256	-0,06722	0,005299	-0,74732
id129	0,460839	0,499482	0,0012	0,700026	0,832423	0,0057	0,02998	0,016249	0,245049
id131	0,414366	0,699658	0,002743	0,3047	0,475067	-0,01702	0,024607	-0,04834	0,363915
id133	1	0,693021	0,002648	-0,26165	-0,24351	-0,00393	-0,06354	0,032987	0,29992
id135	0,740557	1	-1	-0,88575	-0,86289	-1	1	1	-1

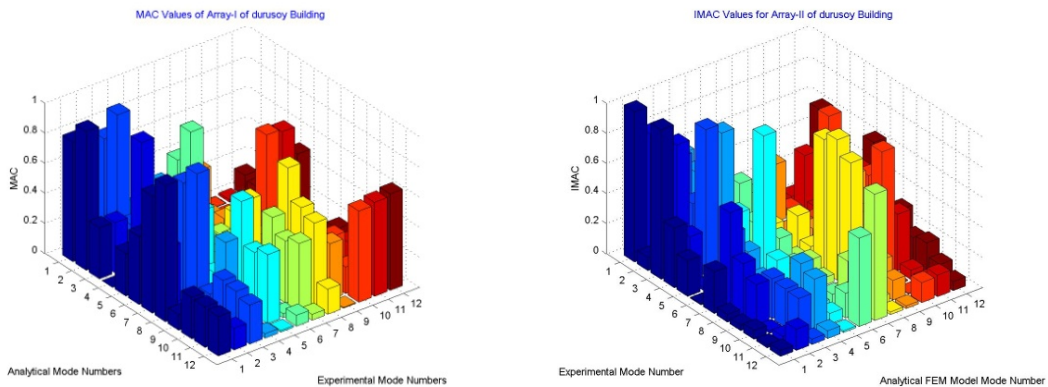
  

Ağ-Kanat-2									
Candidate Modes	mode5	mode7	mode8	mode11	mode12	mode14	mode15	mode16	mode17
Real Modes		mode1			mode2		mode3		mode4
Modal Freq	1,432678	1,778034	2,08094	4,327667	5,270402	6,273939	8,288747	9,493373	11,65738
id126	0,031384	0,280099	0,001109	0,165635	0,477741	0,001904	0,012261	0,032798	0,525318
id128	-0,40726	0,483669	0,00041	-0,61977	0,898817	0,01229	0,013661	0,012166	0,261091
id130	-0,46042	0,694739	0,00103	-0,28447	0,542144	-0,01039	0,009382	-0,01743	0,300024
id132	-0,15929	0,866873	0,001716	0,048841	-0,16743	-0,00318	-0,0251	0,025766	-0,1827
id134	-0,24558	0,993665	0,002602	0,198237	-1	-0,01346	0,05886	0,014723	0,074684

### 7.3 Sonlu Eleman Model Güncellenmesi

Serbest titreşim veya zorlama altında tek dinamik yük ve/veya toplam dinamik yük şartlarında davranışları izlenen çalışma yapısı için oluşturulmuş olan nümerik modellerin benzeşim çalışmaları içinde model kalibrasyonlarında yapıdan elde edilen karakteristik modal bilgiler kullanılmıştır. Çalışmada hedef nümerik modelde hâkim yatay ilk x ve y yönü yatay modların mevcut yapıda alınan deneysel verilerden elde edilen ilk yatay modlarla tutarlılığının sağlanması olduğuna göre bazı yapılarda ilk modların burulma çıkması durumunda sonraki mod sıralarına bakarak değerlendirmemizi yapacağımız akıldan çıkarılmamalıdır. İleri kayan yanal modlarda özellikle verilere hiç dokunulmamış, nümerik model yorumunun bir sonraki kısımda verilen ilgili modal kütle katılım oranı tablosunda renklendirilmiş olan yanal mod sırasına göre değerlendirilmesi yapılmıştır.

Çalışılan mevcut yapının üstünde ölçülen davranışları aynı doğrulukta sonlu eleman modelinde elde edilebilmesi için deneysel ve analitik modellerin modal şekiller arası korelasyon teknikleriyle (örneğin; MAC, COMAC veya ICOMAC) değerlendirme yapılmış ölçülen hata matrisinin minimize edilme teknikleri nümerik modele uygulanarak model kalibrasyonları tamamlanmıştır. Türk Deprem Yönetmeliğinin (2007) 7.4.5, 7.4.6 ve 7.4.7 şartlarını sağlayan analitik model daha sonra hasar görebilirlik analizlerinde kullanılmıştır.



Şekil 7.3.1 Durusoy binasından elde edilen iki veri setine göre mod gerçekleşme değerleri

Şekil 7.3.1'de Durusoy binasından elde edilen iki veri setinin modal davranışıyla nümerik modelin davranışları arasında güncellemeden sonra hesaplanan mod gerçekleşme değerlerinin modlar arası etkilerini göz önüne alan dağılımı verilmiştir. Takip eden bölümde verilen Tablo 7.4.1'de nümerik model modal kütle katılım oranı olarak ilk hâkim modun %67 ve %43 ile iki yanal modun etkin olduğu davranış içinde %19 ile zayıf burulma davranışı tam kompleks bir modun oluşmasına neden olmuştur. Sonraki yanal modların %5 - %6 modal kütle katılım etkilerini barındırması Şekil 7.3.1'de görülmektedir. Çalışmamızda hâkim yanal ilk modların tutarlılığının sağlanması analizler için yeterli olduğu için güncellenmiş sonlu eleman modelinin güvenilir olarak analizlerde kullanılabilme imkanı oluşmuştur.

## 7.4 Modal Analiz Sonuçları

Yapı analizinde, günümüz hesap teknolojileri içinde kullanılan sonlu eleman analiz (SEA) paket programlarından SAP2000 (2011) yazılımı modal analizlerde kullanılmıştır. Analizi yapılacak yapının geometrik, malzeme, yük ve sınır şartlarının laboratuvar ve arazi raporlarından derlenen bilgiler ışığında modellenmesiyle güvenilir ve gerçeğe yakın yapı nümerik model modal davranışı elde edilmiştir. Yapının titreşim modlarının, modal frekanslarının ve mod şekil bilgilerinin çalıştığımız mevcut yapıyı temsil etme tutarlılığını yükseltmek için uygulanan güncellemeler sonucu kalibre edilmiş mühendislik parametreleriyle gerçeği olabilecek doğrulukta yansıtan ve modellemeden kaynaklanan hataları tartışma dışına çıkaran son nümerik model sonuçlarıyla, deneysel modal sonuçlarını kabul edilebilir seviyede ilk önemli hâkim modlar için örtüşüren güncellenmiş modelin modal frekansları ve modal kütle katılım oranları Tablo 7.4.1'de özetlenmiştir.

Tablo 7.4.1 Modal kütle katılım oranları

Modal Participating Mass Ratios										
OutputCase	StepType	StepNum	Period	Frequency	UX	UY	UZ	RX	RY	RZ
Text	Text	Unitless	Sec	Cyc/sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	0,365488	2,736067	0,676499	0,438954	0	0	0	0,19215587
MODAL	Mode	2	0,289197	3,457852	0,037	0,782078	0	0	0	0,05128099
MODAL	Mode	3	0,253344	3,947208	0,154253	0,069656	0	0	0	0,06190763
MODAL	Mode	4	0,128135	7,804239	0,084199	0,001708	0	0	0	0,01664294
MODAL	Mode	5	0,102179	9,786733	0,002963	0,099702	0	0	0	0,00176276
MODAL	Mode	6	0,091184	10,96685	0,020888	0,008545	0	0	0	0,07889973
MODAL	Mode	7	0,078725	12,70243	0,019337	0,000343	0	0	0	0,00118353
MODAL	Mode	8	0,064488	15,5067	0,000578	0,01493	0	0	0	0,00001756
MODAL	Mode	9	0,0635	15,74795	0,005128	0,004133	0	0	0	0,00022759
MODAL	Mode	10	0,058548	17,07987	0,003728	0,000676	0	0	0	0,00195714
MODAL	Mode	11	0,053459	18,70599	6,58E-08	0,014934	0	0	0	0,00042968
MODAL	Mode	12	0,049814	20,07469	0,002121	0,000583	0	0	0	0,00786189

Önemli modların bulunduğu hücrelerin renklendirildiği Tablo 7.4.1'den görüleceği gibi yapı yaklaşık %67'lük modal kütle katılım oranıyla ilk mod olarak x yönünde yanal mod sergilerken, aynı anda %43'lük kütle katılım oranıyla y yönünde ve %19 ile burulma etkisi altında kompleks mod karakteristiği gösteriyor. %78'lik modal kütle katılım oranıyla hafif burulma etkisi altında y yönünde yatay mod 2. sırada görünürken 3. sırada %15'lik oran ile x yönünde yatay modal hareket izleniyor. Sonraki modlarda %8'lik x ve %10'luk y yönü modal davranış 4 ve 5. sırada geliyor.

## 7.5 Sonuç

Serbest titreşim yük şartlarında davranışları izlenen çalışma yapısı için oluşturulmuş olan nümerik model güncellenmiş son haliyle hedef hâkim yatay x ve y yönü modlarını mevcutta izlendiği gibi yeterli tutarlılık seviyesinde ilgili bileşen modunda sağlamıştır. Çalışmamızda hâkim yanal mod tutarlılığının sağlanması analizlerde yeterli olması nedeniyle güncellenmiş sonlu eleman modelinin güvenilir olarak analizlerde kullanılabilme imkanı oluşmuştur.

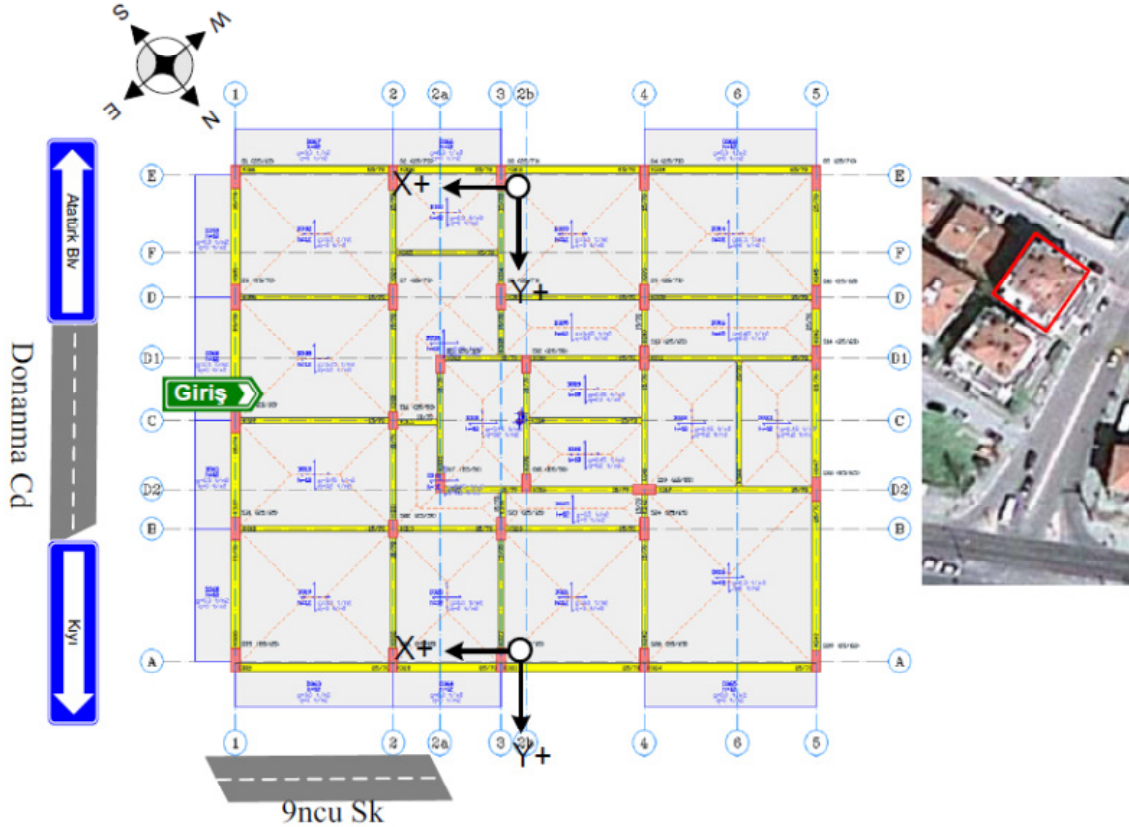
## 8 Hisar Apartmanı A Blok (hisarapt\_amb\_20101103)

### 8.1 Bina Cihaz Yerleşim ve Yönelim Bilgisi

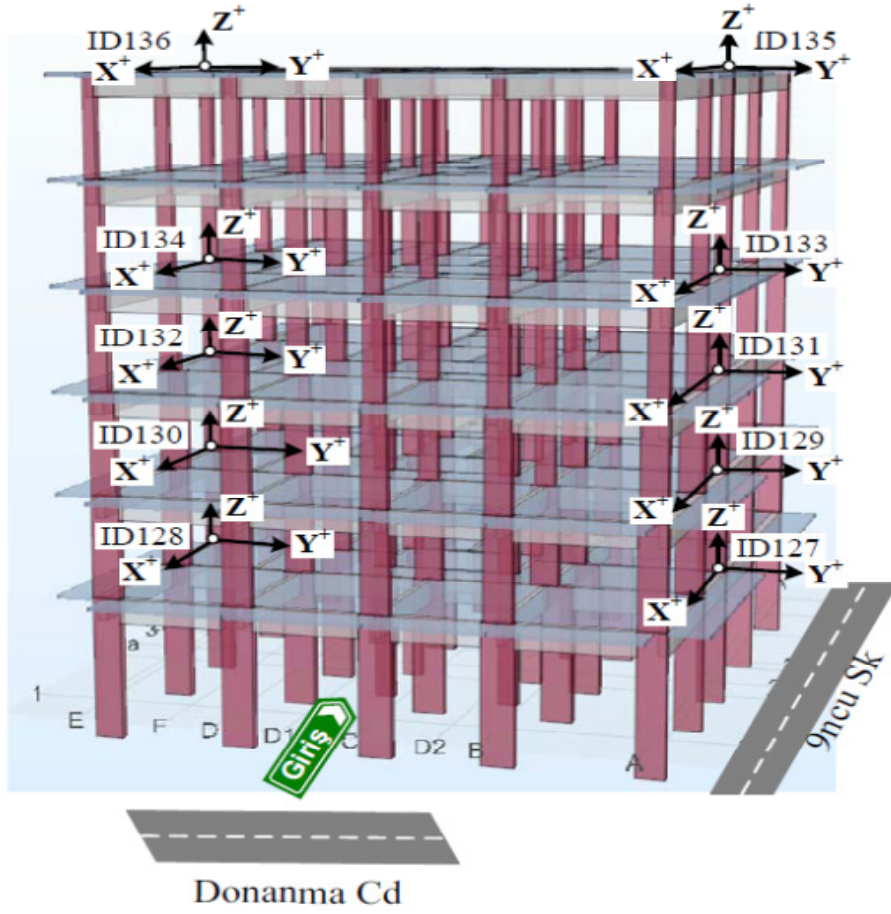
Bina üzerine kurulan ivme duyarlı ölçüm cihazlarının yapısal noktalar üstündeki konumu ve yönelimlerinin plandaki görünüşleri Şekil 8.1'de, üç bileşene sahip her bir ivme ölçer cihazın konum ve bileşen yönelimlerinin 3 boyutlu sonlu eleman yapı modeli üzerinde oluşturdukları gözlem-ölçüm ağı ise Şekil 8.2'de gösterilmiştir. Ayrıca Tablo 8.1'de yapı üzerinde kullanılan cihazların düşey yapısal noktalar üzerindeki dağılımı ve sonlu eleman modelde ilgili hesap düğüm noktaları parantez içinde verilmiştir.

Tablo 8.1 Yapı cihaz dağılımı ve sonlu eleman modelde düğüm noktaları

Hisarapt_amb_20101103		
Kat serbestlikleri	Ağ-kanat-1	Ağ-kanat-2
Çatı katı	id135(J1454)	id136(J1479)
5. Kat	cihaz yok	cihaz yok
4. Kat	id133(J902)	id134(J927)
3. Kat	id131(J626)	id132(J651)
2. Kat	id129(J350)	id130(J375)
1. Kat	id127(J43)	id128(J68)
Giriş kat	cihaz yok	cihaz yok
Serbest saha	id137	



Şekil 8.1 Cihaz konumlarının ve yönelimlerinin planda görünüşü

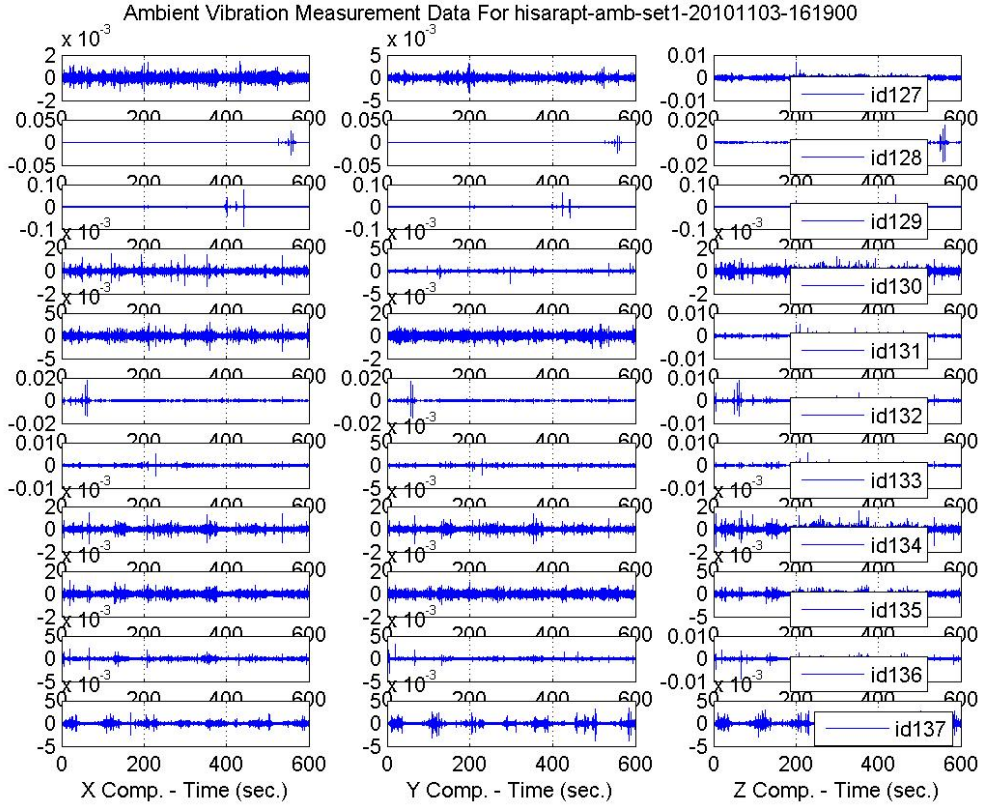


Şekil 8.2 Üç boyutlu sonlu eleman yapı modeli üzerinde kurulan ağ

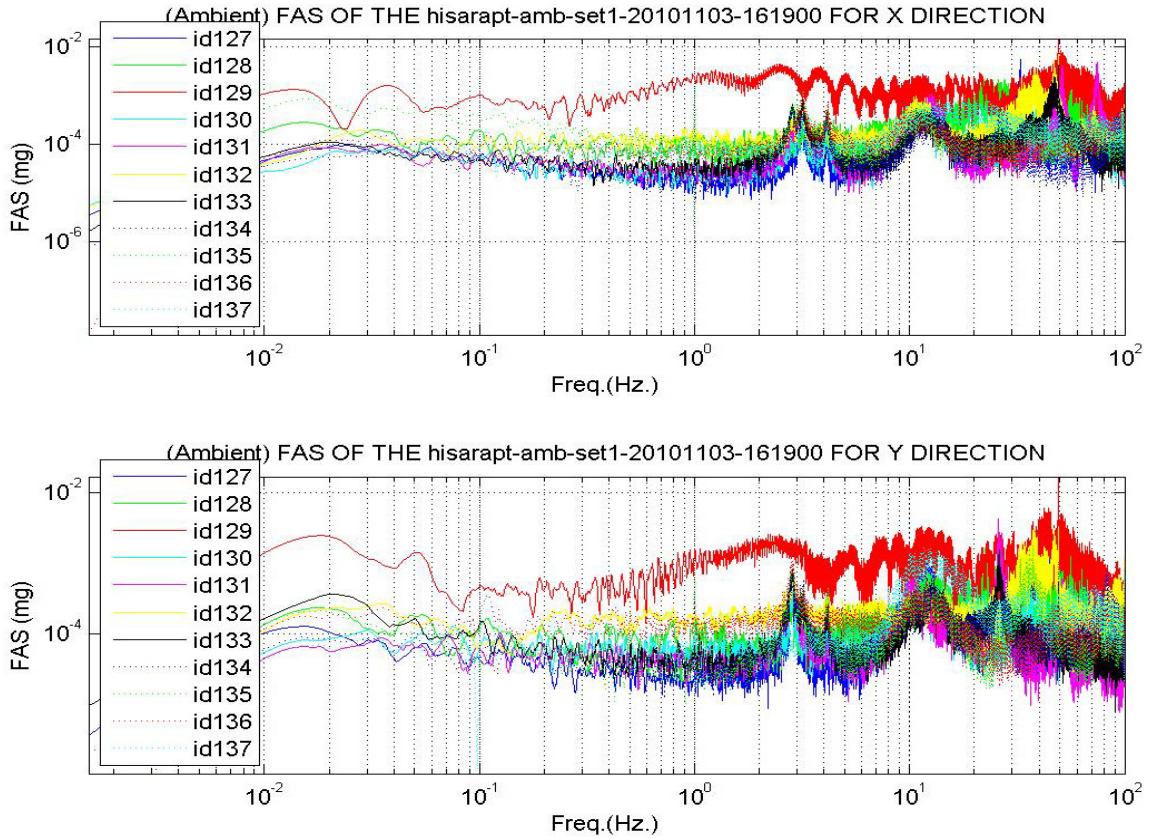
## 8.2 Yapı Tanılama Sonuçları

Kocaeli, Gölcük içinde bulunan Hisar apartmanı 17 Ağustos 1999 Kocaeli depremini hasar almadan atlattır. Çalışılan zaman diliminde alınan izinler çerçevesinde çevrel titreşim ölçümleri yapılmıştır. Ayrıca yapı civarında alınan açık saha mikro-titreşimleri (microtremors) yerel zemin şartlarında yapıya giren titreşim kaynağını oluşturan yerel etkenler olarak kaydedilmiştir. Yapı üzerinde ve açık sahadan elde edilen titreşim sinyallerinin zaman tanım alanındaki hikeyeleri Şekil 8.2.1'de, frekans tanım alanında çizilmiş olan yapı davranışının frekans muhteviyatı ise Şekil 8.2.2'de girdi-çıkı ilişkilerini yansıtacak transfer fonksiyonlar ise Şekil 8.2.3'de x ve y yönleri için verilmiştir.



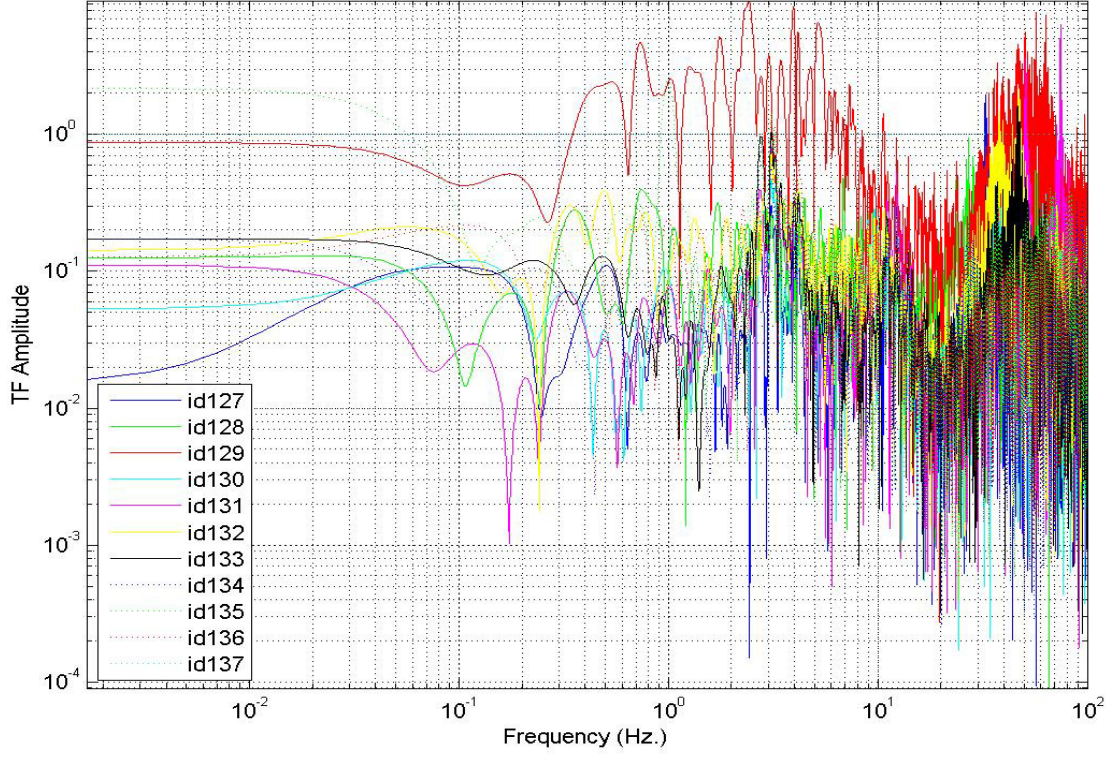


Şekil 8.2.1 Hisar apartmanı çevrel titreşimlerin neden olduğu üç bileşende izlenen yapısal titreşimler

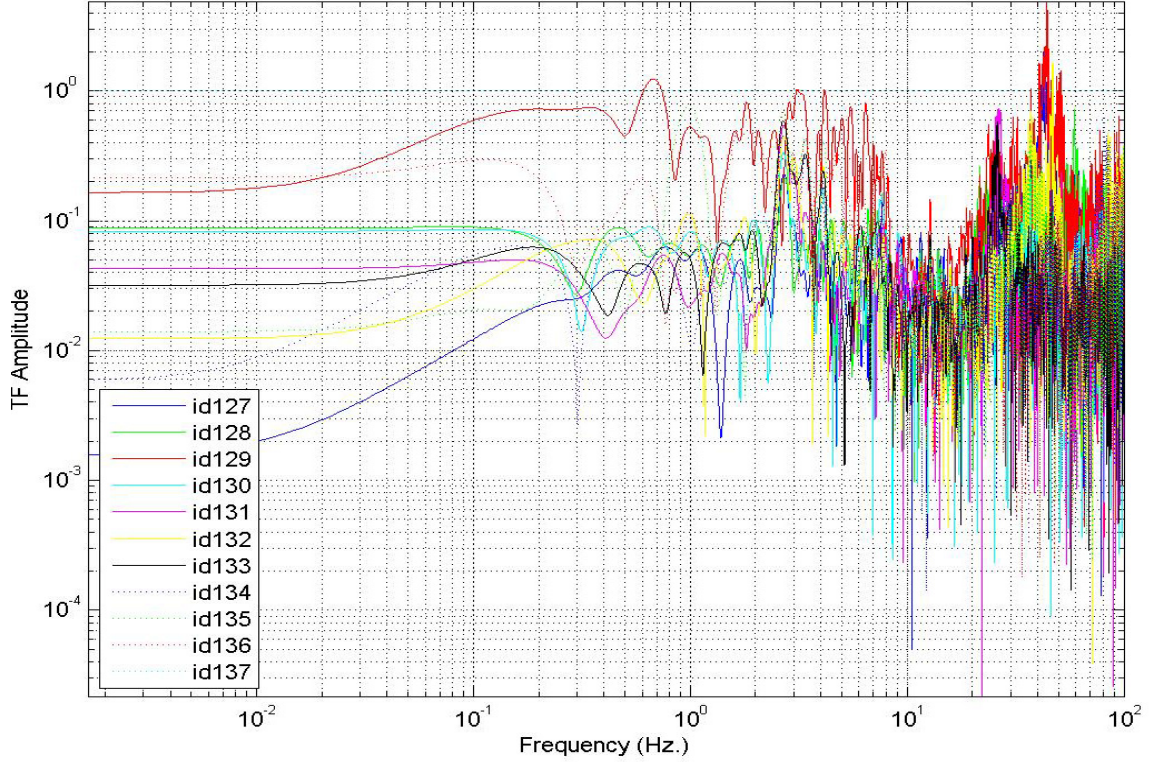


Şekil 8.2.2 Yapısal davranışın x ve y yönündeki frekans muhteviyatı

(Ambient) TFs bw The Structural Points and The Ground For hisarapt-amb-set1-20101103-161900 FOR X



(Ambient) TFs bw The Structural Points and The Ground For hisarapt-amb-set1-20101103-161900 For Y



Şekil 8.2.3 Yapısal sistemde meydana gelen girdi ve yapısal tepki çıktıları arasındaki ilişkileri veren transfer fonksiyonları, üstte x yönü için altta y yönü için

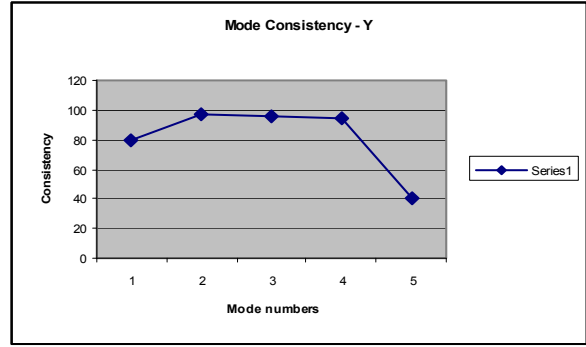
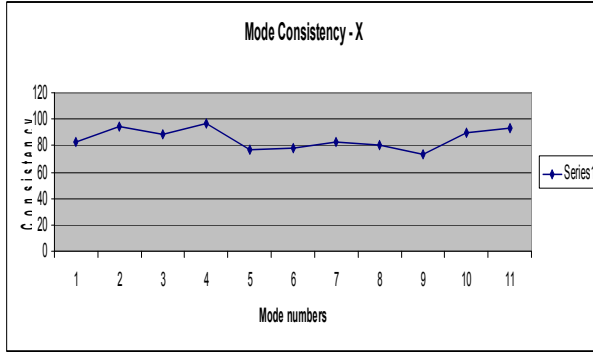


Tablo 8.2a x bileşeni için modal tutarlılık değerleri

Candidate Modes	mode5	mode7	mode8	mode10	mode11	mode12	mode17	mode18	mode25	mode26
Real Modes		mode1			mode2	mode3		mode4		
Modal_Freq	2,85141	3,154641	3,683738	4,132113	5,020577	7,979129	11,26738	12,09945	18,08756	21,40227
consist_mod_indicator_X	83,04506	94,61633	89,12534	96,21081	77,16095	78,56667	82,49132	42,76058	80,21916	73,33417
modal_Hist_predict_indicator_X	99,99026	99,99051	99,74298	99,99291	99,4878	99,85275	99,6278	99,52824	99,55848	99,17717
norm_mod_singular_value_X	10,77538	9,827702	24,44679	13,66063	9,558566	7,046352	8,89286	8,923904	2,122045	4,489321
Eigen values in Z-Domain_X	0,994524	0,99285	0,979942	0,989631	0,975528	0,960248	0,927784	0,918533	0,837135	0,77364

Tablo 8.2b y bileşeni için modal tutarlılık değerleri

Candidate Modes	mode7	mode8	mode10	mode12	mode16
Real Modes		mode1		mode2	
Modal_Freq	0,999028	2,851781	3,147415	4,142806	10,86785
consist_mod_indicator_Y	78,89058	97,21865	95,51005	94,54313	39,77617
modal_Hist_predict_indicator_Y	99,99759	99,98806	99,97257	99,99863	99,89141
norm_mod_singular_value_Y	15,70424	20,56154	14,33705	17,85328	10,74729
Eigen values in Z-Domain_Y	0,998486	0,994857	0,993216	0,989605	0,932779



Şekil 8.2.4 x ve y bileşenleri için modal tutarlılık oranlarının aday modlara göre dağılımı

Yapı tanı çalışması sonucu elde edilen yapı karakteristiğini yansıtan aday modların Tablo 9.2'de verilen tutarlılık oran indeks değerleri referans alınmış ve bu yaklaşım içinde Şekil 9.2.4'de tutarlılık değer salınımlarında görüleceği gibi yaklaşık %80 ve üstünü sağlayan mod tutarlılığını (mode consistency) sağlayan ve doğru mod şekillerini veren modlar tanılama için değerlendirmeye alınmıştır. Ayrıca deneysel çalışma sonuçları incelendiğinde kayda giren bir çok lokal etkenin (hasarlı eleman vs.) yanısıra yüksek sensör hasaslığının sunduğu global yapısal davranışa katkı vermeyen gürültü olarak nitelendirebileceğimiz modlar da ayıklamaya tabi tutulmuşlardır. Gerçek yapısal modlar kullanılan cihaz sayısı ve serilim özelliklerinin sınırları içinde seçilmiş ve Tablo 9.2'de gösterildiği gibi renklendirilmiştir. Tablo 9.3 ve 9.4'de sırasıyla x ve y yönü için tutarlılık oranı en yüksek değerler alan gerçek modlar belirlenmiştir.

Tablo 8.3 Yapısal modlar ve modal deplasmanlar x yönü için

Ağ-Kanat-1											
Candidate Modes	mode5	mode6	mode7	mode8	mode9	mode10	mode11	mode12	mode16	mode17	mode18
Real Modes			mode1				mode2	mode3			mode4
Modal Freq	2,85141	3,017009	3,154641	3,683738	3,925811	4,132113	5,020577	7,979129	10,95227	11,26738	12,09945
id127	0,105359	0,031715	0,215598	0,004253	0,017883	0,182391	0,020959	0,030339	0,728666	0,027558	0,34859
id129	0,165612	0,144462	0,411695	0,048928	-0,0548	0,341793	-0,14636	-0,12024	1	0,074713	0,546175
id131	0,432258	1	0,717629	1	0,765904	0,211073	1	-1	0,985686	1	-1
id133	1	0,095478	0,757449	-0,00175	0,085764	0,619812	-0,04325	-0,03057	0,395098	-0,02787	0,288988
id135	0,840447	0,229532	0,874343	-0,018	0,102696	0,561182	0,064479	0,191502	-0,61881	-0,08231	-0,14964
Ağ-Kanat-1											
Candidate Modes	mode5	mode6	mode7	mode8	mode9	mode10	mode11	mode12	mode16	mode17	mode18
Real Modes			mode1				mode2	mode3			mode4
Modal Freq	2,85141	3,017009	3,154641	3,683738	3,925811	4,132113	5,020577	7,979129	10,95227	11,26738	12,09945
id128	-0,22564	-0,01515	0,182284	-0,01126	0,057673	-0,12219	-0,04048	-0,04751	0,486611	0,083096	-0,25771
id130	0,326418	-0,01765	0,265443	0,007462	-1	-0,36799	-0,153	0,051065	-0,34324	0,075117	-0,25637
id132	-0,69718	0,080822	0,521422	0,012075	-0,14988	-0,42203	0,028915	-0,0565	0,743079	0,171573	-0,24073
id134	0,713724	0,035593	0,497384	0,010089	0,03686	-0,69541	0,007436	0,038905	0,31236	0,073033	-0,21931
id136	0,05953	0,057903	1	0,022596	0,038021	-1	-0,04061	0,41005	0,687929	-0,08442	0,238154

Tablo 8.4 Yapısal modlar ve modal deplasmanlar y yönü için

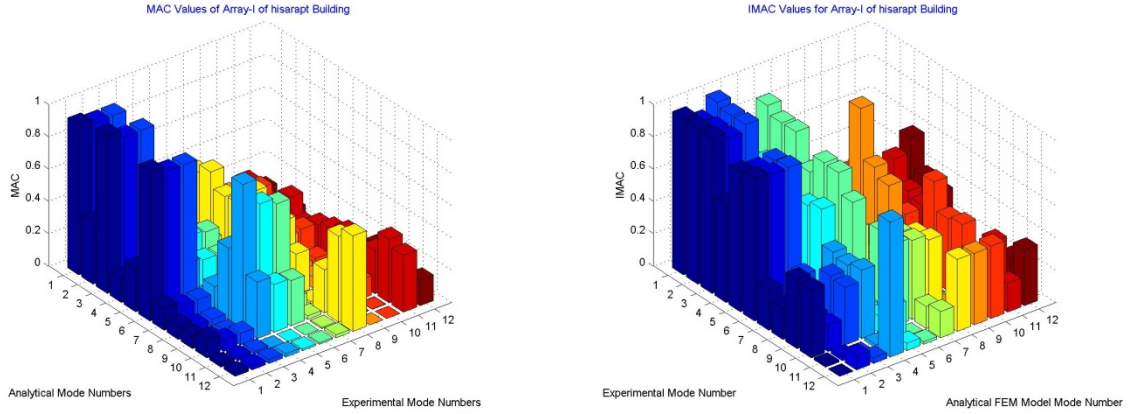
Ağ-Kanat-1					
Candidate Modes	mode7	mode8	mode10	mode12	mode16
Real Modes		mode1		mode2	
Modal Freq	0,999028	2,851781	3,147415	4,142806	10,86785
id127	0,0397	0,235636	0,104247	0,076985	1
id129	-0,09127	0,428857	-0,14649	0,219768	0,289557
id131	0,196472	0,560349	0,159329	-0,17025	-0,50544
id133	-0,07794	0,643609	0,579643	-0,63996	0,33675
id135	-1	0,932185	0,407798	-1	-0,70632
Ağ-Kanat-1					
Candidate Modes	mode7	mode8	mode10	mode12	mode16
Real Modes		mode1		mode2	
Modal Freq	0,999028	2,851781	3,147415	4,142806	10,86785
id128	0,038236	0,139038	-0,16272	-0,35015	0,553991
id130	-0,04475	0,362042	0,475298	0,254463	0,548621
id132	0,027608	0,438097	-0,40642	-0,92843	0,120694
id134	-0,03323	0,669431	1	0,720709	0,410213
id136	-0,35447	1	0,580481	-0,27987	-0,49785

### 8.3 Sonlu Eleman Model Güncellenmesi

Serbest titreşim veya zorlama altında tek dinamik yük ve/veya toplam dinamik yük şartlarında davranışları izlenen çalışma yapısı için oluşturulmuş olan nümerik modellerin benzeşim çalışmaları içinde model kalibrasyonlarında yapıdan elde edilen karakteristik modal bilgiler kullanılmıştır. Çalışmada hedef nümerik modelde hâkim yatay ilk x ve y yönü yatay modların mevcut yapıda alınan deneysel verilerden elde edilen ilk yatay modlarla tutarlılığının sağlanması olduğuna göre bazı yapılarda ilk modların burulma çıkması durumunda sonraki mod sıralarına bakarak değerlendirmemizi yapacağımız akıldan çıkarılmamalıdır. İleri kayan yanal modlarda özellikle verilere hiç dokunulmamış,

nümerik model yorumunun bir sonraki kısımda verilen ilgili modal kütle katılım oranı tablosunda renklendirilmiş olan yanal mod sırasına göre değerlendirilmesi yapılmıştır.

Çalışılan mevcut yapının üstünde ölçülen davranışları aynı doğrulukta sonlu eleman modelinde elde edilebilmesi için deneysel ve analitik modellerin modal şekiller arası korelasyon teknikleriyle (örneğin; *MAC*, *COMAC* veya *ICOMAC*) değerlendirme yapılmış ölçülen hata matrisinin minimize edilme teknikleri nümerik modele uygulanarak model kalibrasyonları tamamlanmıştır. Türk Deprem Yönetmeliğinin (2007) 7.4.5, 7.4.6 ve 7.4.7 şartlarını sağlayan analitik model daha sonra hasar görülebilirlik analizlerinde kullanılmıştır.



Şekil 8.3.1 Hisar apartmanından elde edilen iki veri setine göre mod gerçekleşme değerleri

Şekil 8.3.1'de Hisar apartmanından elde edilen iki veri setinin modal davranışıyla nümerik modelin davranışları arasında güncellemeden sonra hesaplanan mod gerçekleşme değerlerinin modlar arası etkilerini göz önüne alan dağılımı verilmiştir. Takip eden bölümde verilen Tablo 8.4.1'de nümerik model modal kütle katılım oranı olarak ilk hâkim modun %80 ile x yönünde gerçekleştiğini 2. sırada burulmalı yanal ve sonraki yanal modların hafif burulmalı gerçekleştiği Şekil 8.3.1'de verilen modları arası etkileşimi sergileyen mod gerçekleşme grafiğinde de görülmektedir. Çalışmamızda hâkim yanal ilk modların tutarlılığının sağlanması analizler için yeterli olduğu için güncellenmiş sonlu eleman modelinin güvenilir olarak analizlerde kullanılabilme imkanı oluşmuştur.

## 8.4 Modal Analiz Sonuçları

Yapı analizinde, günümüz hesap teknolojileri içinde kullanılan sonlu eleman analiz (SEA) paket programlarından SAP2000 (2011) yazılımı modal analizlerde kullanılmıştır. Analizi yapılacak yapının geometrik, malzeme, yük ve sınır şartlarının laboratuvar ve arazi raporlarından derlenen bilgiler ışığında modellenmesiyle güvenilir ve gerçeğe yakın yapı nümerik model modal davranışı elde edilmiştir. Yapının titreşim modlarının, modal frekanslarının ve mod şekil bilgilerinin çalıştığımız mevcut yapıyı temsil etme tutarlılığını yükseltmek için uygulanan güncellemeler sonucu kalibre edilmiş mühendislik parametreleriyle gerçeği olabilecek doğrulukta yansıtan ve modellemeden kaynaklanan hataları tartışma dışına çıkaran son nümerik model sonuçlarıyla, deneysel modal sonuçlarını kabul edilebilir seviyede ilk önemli hâkim modlar için örtüşüren güncellenmiş modelin modal frekansları ve modal kütle katılım oranları Tablo 8.4.1'de özetlenmiştir.

Tablo 8.4.1 Modal kütle katılım oranları

Modal Participating Mass Ratios										
OutputCase	StepType	StepNum	Period	Frequency	UX	UY	UZ	RX	RY	RZ
Text	Text	Unitless	Sec	Cyc/sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	0,562012	1,7793	0,80609	3,98E-07	4,58E-07	1,94E-07	0,60507	0,25356
MODAL	Mode	2	0,359968	2,778	1,75E-06	0,20694	4,51E-07	0,18994	3,59E-07	0,45761
MODAL	Mode	3	0,340144	2,9399	3,69E-06	0,52145	5,98E-07	0,47713	4,41E-07	0,04596
MODAL	Mode	4	0,210152	4,7585	0,11558	4,11E-07	1,52E-06	9,95E-07	0,00081	0,03496
MODAL	Mode	5	0,145063	6,8936	0,00011	0,024	3,75E-09	0,00056	4,65E-08	0,08062
MODAL	Mode	6	0,137047	7,2968	7,84E-05	0,11558	4,14E-07	0,00233	7,76E-07	0,01724
MODAL	Mode	7	0,129018	7,7509	0,03772	0,000053	1,74E-09	9,83E-07	0,00062	0,0099
MODAL	Mode	8	0,095435	10,478	0,02005	9,73E-06	3,96E-07	2,88E-07	2,96E-06	0,00823
MODAL	Mode	9	0,089176	11,214	0,00017	0,00564	2,09E-06	9,6E-05	1,45E-06	0,0229
MODAL	Mode	10	0,08346	11,982	9,07E-06	0,04781	3E-06	0,00067	1,08E-06	0,01038

Önemli modların bulunduğu hücrelerin renklendirildiği Tablo 8.4.1'den görüleceği gibi yapı %80'lik modal kütle katılım oranıyla ilk mod olarak x yönünde yanal mod sergilerken, aynı anda %25'lik kütle katılım oranıyla burulma almaktadır. Y yönünde %20 ile yanal ötelenme %45'lik modal kütle katılım oranıyla burulma hâkim kompleks mod karakteristiği gösteriyor. %52'lik modal kütle katılım oranıyla y yönünde yatay ilk mod görünürken 4. sırada %11'lik oran ile x yönünde yatay modal hareketi %8 ile ikinci burulma modu, %11 ile ikinci y yanal mod ve %4 ile üçüncü yanal mod izliyor.

## 8.5 Sonuç

Serbest titreşim yük şartlarında davranışları izlenen çalışma yapısı için oluşturulmuş olan nümerik model güncellenmiş son haliyle hedef hâkim yatay x ve y yönü modlarını mevcutta izlendiği gibi yeterli tutarlılık seviyesinde ilgili bileşen modunda sağlamıştır. Çalışmamızda hâkim yanal mod tutarlılığının sağlanması analizlerde yeterli olması nedeniyle güncellenmiş sonlu eleman modelinin güvenilir olarak analizlerde kullanılabilme imkanı oluşturmuştur.

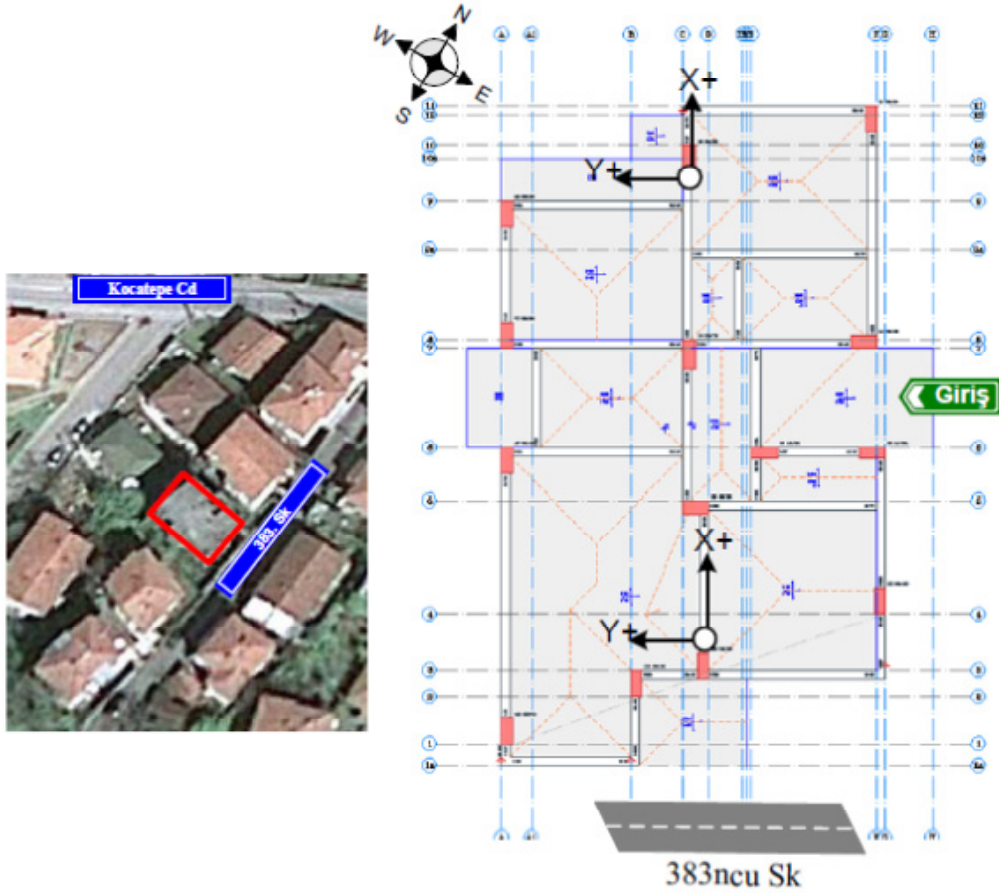
## 9 Hikmet Şahin Apartmanı (hsahin\_amb\_20101103)

### 9.1 Bina Cihaz Yerleşim ve Yönelim Bilgisi

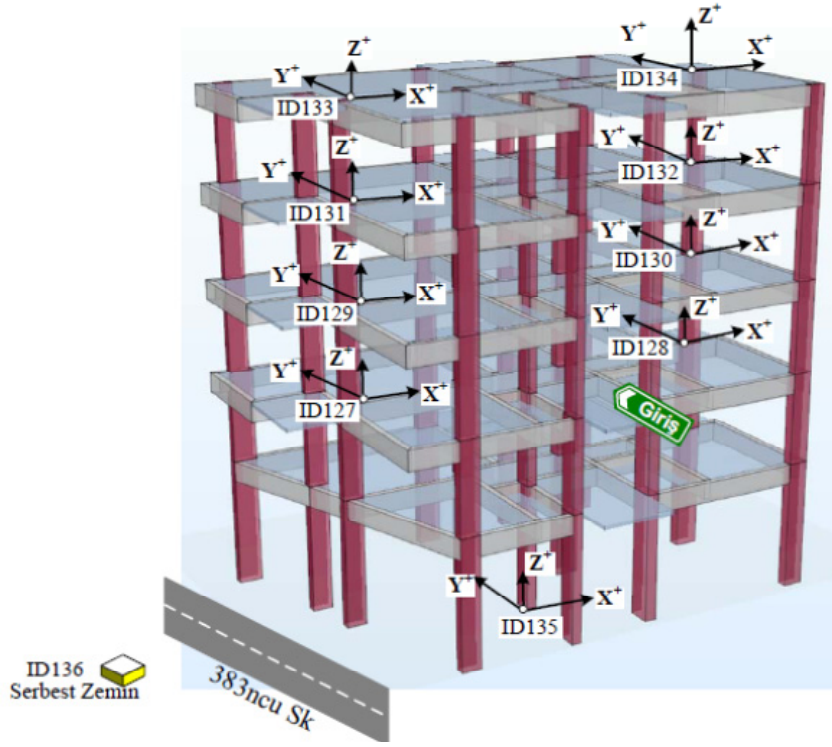
Bina üzerine kurulan ivme duyarlı ölçüm cihazlarının yapısal noktalar üstündeki konumu ve yönelimlerinin plandaki görünümü Şekil 9.1'de, üç bileşene sahip her bir ivme ölçer cihazın konum ve bileşen yönelimlerinin 3 boyutlu sonlu eleman yapı modeli üzerinde oluşturdukları gözlem-ölçüm ağı ise Şekil 9.2'de gösterilmiştir. Ayrıca Tablo 9.1'de yapı üzerinde kullanılan cihazların dikey yapısal noktalar üzerindeki dağılımı ve sonlu eleman modelde ilgili hesap düğüm noktaları parantez içinde verilmiştir.

Tablo 9.1 Yapı cihaz dağılımı ve sonlu eleman modelde düğüm noktaları

Hşahin_amb_20101103		
Kat serbestlikleri	Ağ-kanat-1	Ağ-kanat-2
Çatı katı	id133(J253)	id134(J267)
5. Kat	id131(J213)	id132(J227)
4. Kat	id129(J173)	id130(J187)
3. Kat	id127(J133)	id128(J147)
2. Kat	cihaz yok	cihaz yok
1. Kat	cihaz yok	cihaz yok
Giriş kat	id135(J12)	
Serbest saha	id136	



Şekil 9.1 Cihaz konumlarının ve yönelimlerinin planda görünüşü

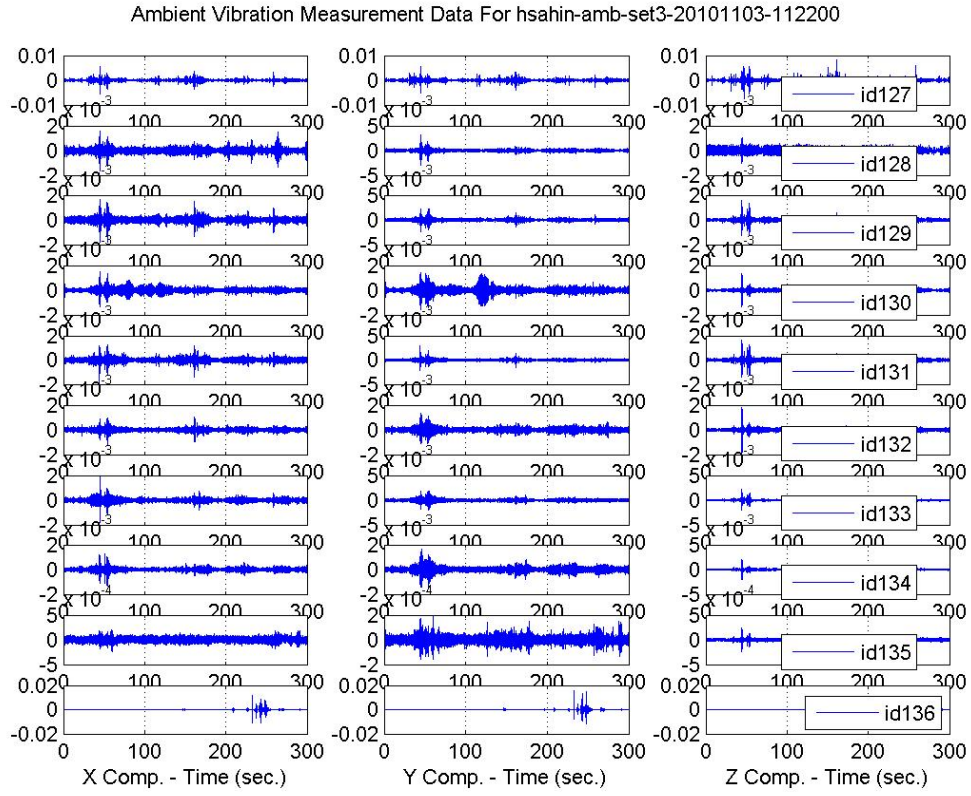


Şekil 9.2 Üç boyutlu sonlu eleman yapı modeli üzerinde kurulan ağ

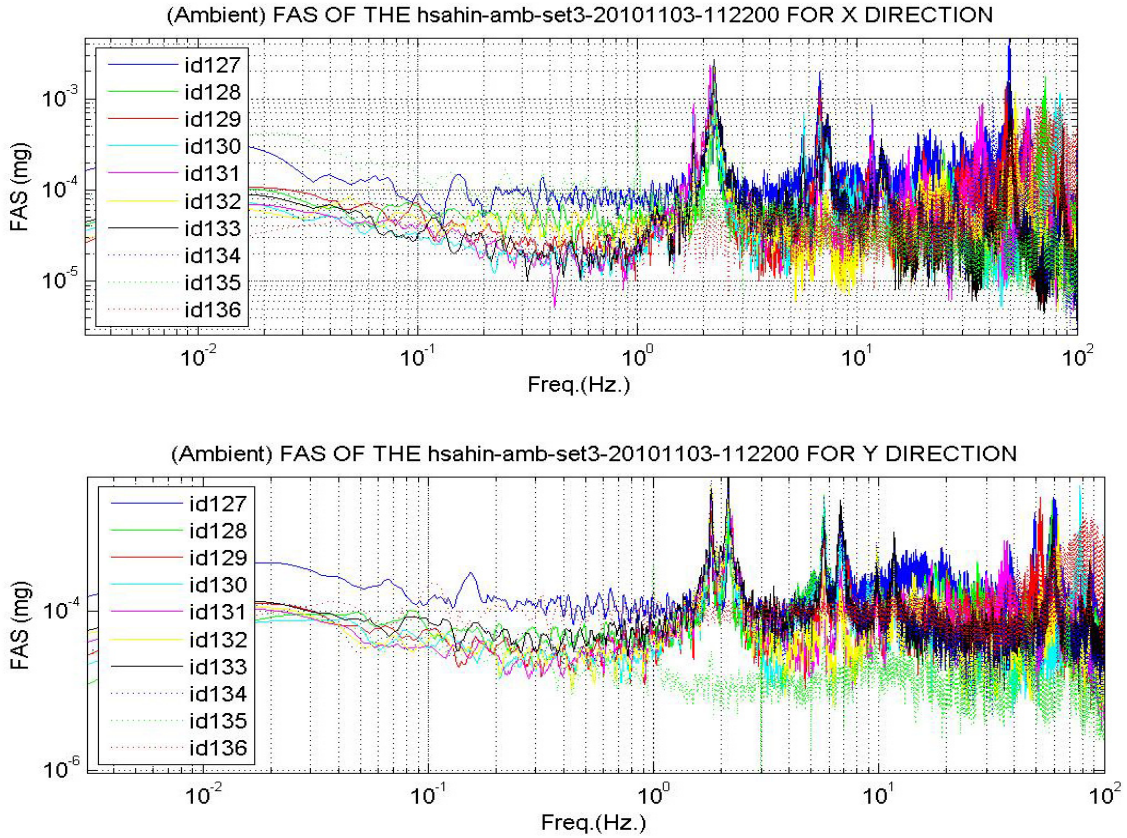
## 9.2 Yapı Tanılama Sonuçları

Kocaeli Gölcük'te bulunan Hikmet Şahin binası 17 Ağustos 1999 Kocaeli depremini hafif hasar ile atlattır. Çalışılan zaman diliminde alınan izinler çerçevesinde çevrel titreşim ölçümleri yapılmıştır. Ayrıca yapı civarında alınan açık saha mikro-titreşimleri (microtremors) yerel zemin şartlarında yapıya giren titreşim kaynağını oluşturan yerel etkenler olarak kaydedilmiştir. Yapı üzerinde ve açık sahadan elde edilen titreşim sinyallerinin zaman tanım alanındaki hikeyeleri Şekil 9.2.1'de, frekans tanım alanında çizilmiş olan yapı davranışının frekans muhteviyatı ise Şekil 9.2.2'de girdi-çıkı ilişkilerini yansıtabilecek transfer fonksiyonlar ise Şekil 9.2.3'de x ve y yönleri için verilmiştir.





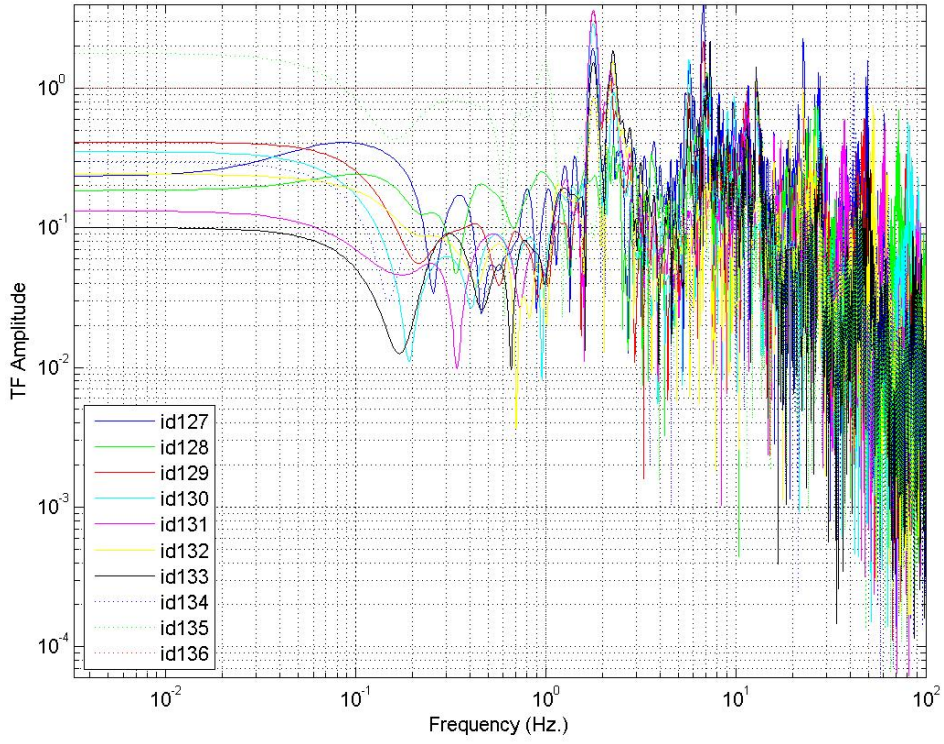
Şekil 9.2.1 Hikmet Şahin binası çevrel titreşimlerin neden olduğu üç bileşende izlenen yapısal titreşimler



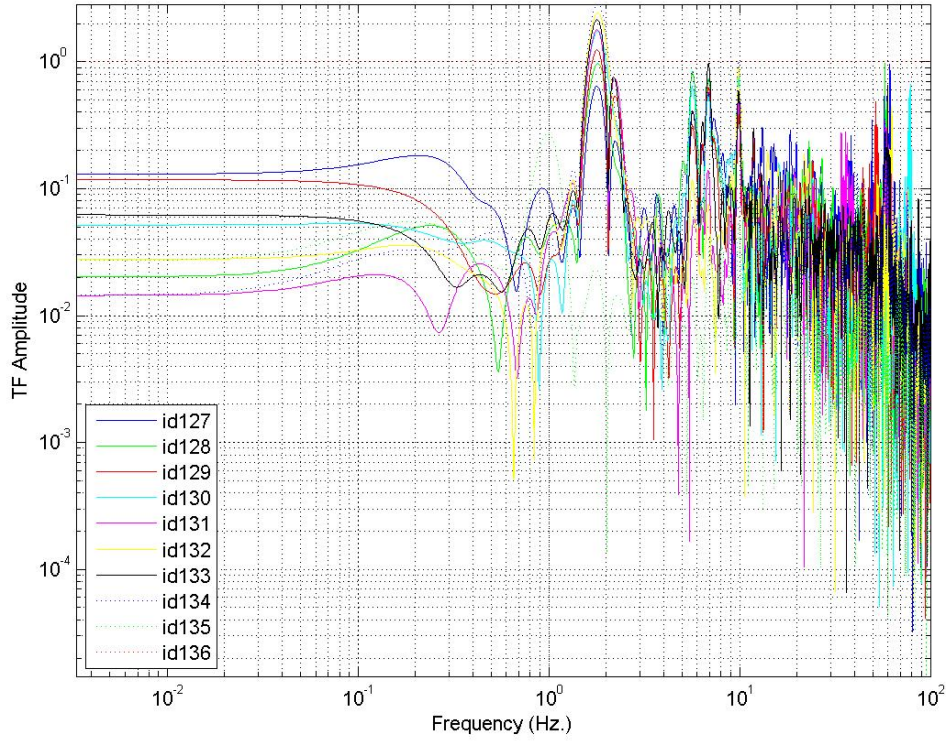
Şekil 9.2.2 Yapısal davranışın x ve y yönündeki frekans muhteviyatı



(Ambient) TFs bw The Structural Points and The Ground For hsahin-amb-set3-20101103-112200 FOR X



(Ambient) TFs bw The Structural Points and The Ground For hsahin-amb-set3-20101103-112200 For Y



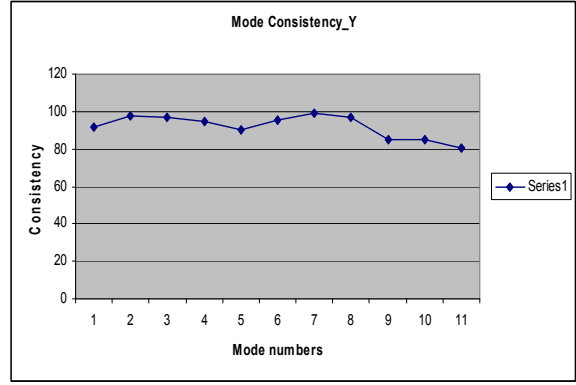
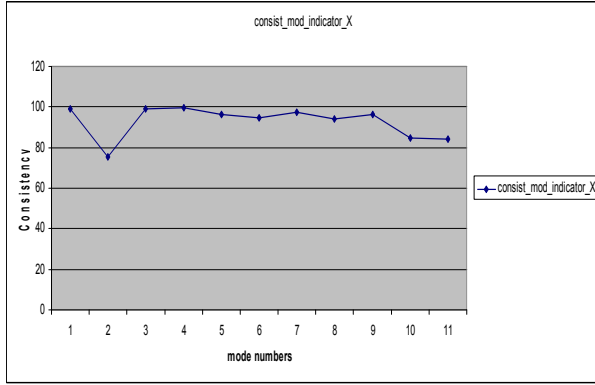
Şekil 9.2.3 Yapısal sistemde meydana gelen girdi ve yapısal tepki çıktıları arasındaki ilişkileri veren transfer fonksiyonları, üstte x yönü için altta y yönü için verilmiştir

Tablo 9.2a x bileşeni için modal tutarlılık değerleri

Candidate Modes	mode9	mode15	mode16	mode18	mode21	mode26	mode28	mode29	mode37	mode39	mode40
Real modes	mode1			mode2			mode3				mode4
Modal_Freq	2,22842	4,709775	5,704203	6,693902	7,315321	9,793961	11,67899	12,74071	19,02936	19,24642	19,90075
consist_mod_indicator_X	99,02734	75,57808	98,89363	99,53018	96,56628	94,95066	97,50488	94,0513	96,15765	84,78026	84,39128
modal_Hist_predict_indicator_X	99,99897	99,87263	99,99984	99,99983	99,98966	99,99794	99,99455	99,92778	99,97924	99,99209	99,98753
norm_mod_singular_value_X	100	29,06145	67,62684	90,99192	87,09406	29,50136	52,63595	36,83805	24,18823	26,43025	18,31242
Eigen values in Z-Domain_X	0,996791	0,982333	0,983162	0,97578	0,970134	0,950357	0,931118	0,91469	0,822336	0,818468	0,805559

Tablo 9.2b y bileşeni için modal tutarlılık değerleri

Candidate Modes	mode8	mode12	mode14	mode15	mode16	mode18	mode24	mode29	mode35	mode37	mode38
Real modes	mode1				mode2		mode3	mode4		mode5	
Modal_Freq	2,340427	5,699802	6,697578	6,890329	6,999761	7,315496	9,786815	11,67067	13,21611	14,20879	15,28454
consist_mod_indicator_X	91,64829	97,90282	96,86414	94,62797	90,43954	95,08875	98,99998	97,20744	76,96051	84,7048	78,2813
modal_Hist_predict_indicator_X	99,95996	99,99104	99,97625	99,95419	99,89024	99,97777	99,99877	99,99916	99,88531	99,86036	99,99124
norm_mod_singular_value_X	20,40123	72,86204	35,68441	31,97946	20,38634	16,33111	45,04003	45,11523	17,9959	15,45678	13,29947
Eigen values in Z-Domain_X	0,990143	0,983147	0,976172	0,973121	0,971713	0,970676	0,950364	0,931042	0,909016	0,895831	0,88059



Şekil 9.2.4 x ve y bileşenleri için modal tutarlılık oranlarının aday modlara göre dağılımı

Yapı tanı çalışması sonucu elde edilen yapı karakteristiğini yansıtan aday modların Tablo 9.2'de verilen tutarlılık oran indeksi değerleri referans alınmış ve bu yaklaşım içinde Şekil 9.2.4'de tutarlılık değeri salınımlarında görüleceği gibi yaklaşık %80 ve üstünü sağlayan mod tutarlılığını (mode consistency) sağlayan ve doğru mod şekillerini veren modlar tanılama için değerlendirmeye alınmıştır. Ayrıca deneysel çalışma sonuçları incelendiğinde kayda giren bir çok lokal etkenin (hasarlı eleman vs.) yanısıra yüksek sensör hasaslığının sunduğu global yapısal davranışa katkı vermeyen gürültü olarak nitelendirebileceğimiz modlar da ayıklamaya tabi tutulmuşlardır. Gerçek yapısal modlar kullanılan cihaz sayısı ve serilim özelliklerinin sınırları içinde seçilmiş ve Tablo9.2'de gösterildiği gibi renklendirilmiştir. Tablo 9.3 ve 9.4'de sırasıyla x ve y yönü için tutarlılık oranı en yüksek değerler alan gerçek modlar belirlenmiştir.

Tablo 9.3 Yapısal modlar ve modal deplasmanlar x yönü için

Ağ-Kanat-1 (Array Side 1)											
Candidate Modes	mode9	mode15	mode16	mode18	mode21	mode26	mode28	mode29	mode37	mode39	mode40
Real modes	mode1			mode2			mode3				mode4
Modal Freq	2,22842	4,709775	5,704203	6,693902	7,315321	9,793961	11,67899	12,74071	19,02936	19,24642	19,90075
id127	0,196637	1	0,929562	1	0,637071	0,689987	1	0,433436	1	0,614113	0,529367
id129	0,478817	0,044766	0,653124	0,633543	0,599191	-0,83739	-0,66837	-0,62614	-0,23224	1	-1
id131	0,708087	-0,35376	-0,11404	-0,123	-0,1177	-0,56582	-0,62913	-0,64348	0,158947	-0,91714	0,843225
id133	1	-0,62488	0,39368	-0,21841	-1	-0,4689	0,179548	1	-0,14357	0,442309	-0,36644
Ağ-Kanat-2 (Array Side 2)											
Candidate Modes	mode9	mode15	mode16	mode18	mode21	mode26	mode28	mode29	mode37	mode39	mode40
Real modes	mode1			mode2			mode3				mode4
Modal Freq	2,22842	4,709775	5,704203	6,693902	7,315321	9,793961	11,67899	12,74071	19,02936	19,24642	19,90075
id128	0,340106	0,315547	-0,10295	0,297146	0,96873	-0,39533	0,257085	0,809823	-0,05445	-0,56467	0,225423
id130	0,555268	0,224337	-1	0,347161	0,698526	1	-0,33221	-0,69999	-0,12162	0,879604	-0,4909
id132	0,860315	-0,27752	-0,07913	-0,05201	-0,12343	-0,01563	-0,20046	-0,84689	0,169628	-0,83256	0,545301
id134	0,982347	-0,49535	-0,1009	-0,29597	-0,97952	0,01826	0,285293	0,957565	-0,08817	0,495976	-0,3006

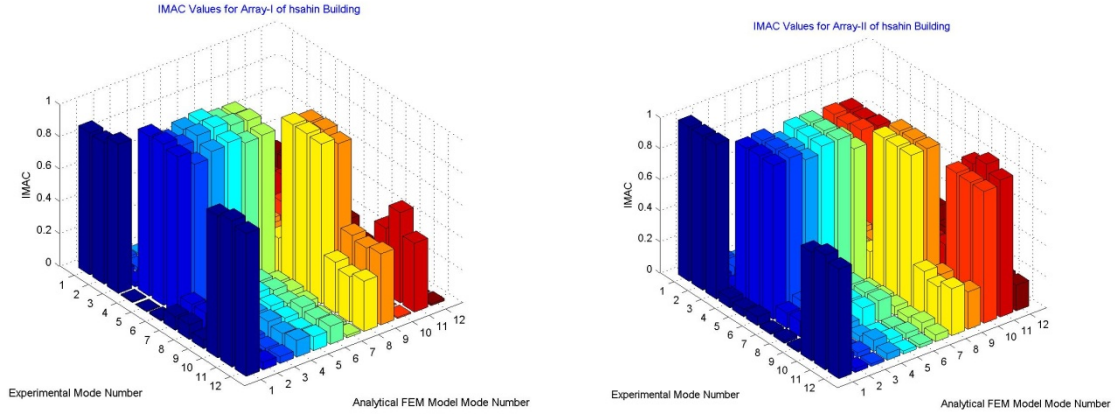
Tablo 9.4 Yapısal modlar ve modal deplasmanlar y yönü için

Ağ-Kanat-1											
Candidate Modes	mode8	mode12	mode13	mode14	mode15	mode16	mode18	mode24	mode29	mode35	mode37
Real modes	mode1					mode2		mode3	mode4		mode5
Modal Freq	2,340427	5,699802	6,087396	6,697578	6,890329	6,999761	7,315496	9,786815	11,67067	13,21611	14,20879
id127	0,11994	0,515197	1	0,572705	0,675938	0,632886	1	0,468249	0,573582	1	0,088669
id129	0,401181	0,406191	0,46647	0,613953	0,750137	0,672185	0,731189	-0,40466	-0,6789	-0,1947	-0,42348
id131	0,673718	-0,06681	-0,14882	-0,14186	-0,14853	-0,17525	-0,0948	-0,4499	-0,75473	0,334899	0,362601
id133	1	-0,51751	-0,54697	-1	-1	-0,93931	-0,26931	0,549019	1	-0,52174	-0,17144
Ağ-Kanat-2											
Candidate Modes	mode8	mode12	mode13	mode14	mode15	mode16	mode18	mode24	mode29	mode35	mode37
Real modes											
Modal Freq	2,340427	5,699802	6,087396	6,697578	6,890329	6,999761	7,315496	9,786815	11,67067	13,21611	14,20879
id128	-0,17168	1	0,856017	-0,52864	-0,67481	-0,90718	-0,31903	0,850496	-0,49238	0,082744	-0,19306
id130	-0,33996	0,760574	0,819088	-0,34425	-0,56518	-0,86886	-0,45167	-0,78345	0,364019	0,3517	-0,63253
id132	-0,44057	-0,11915	-0,07537	0,095589	0,068219	0,093394	0,069846	-0,88858	0,466488	0,389097	1
id134	-0,50392	-0,99055	-0,9262	0,545663	0,696776	1	0,184283	1	-0,55533	-0,52705	-0,52962

### 9.3 Sonlu Eleman Model Güncellenmesi

Serbest titreşim veya zorlama altında tek dinamik yük ve/veya toplam dinamik yük şartlarında davranışları izlenen çalışma yapısı için oluşturulmuş olan nümerik modellerin benzeşim çalışmaları içinde model kalibrasyonlarında yapıdan elde edilen karakteristik modal bilgiler kullanılmıştır. Çalışmada hedef nümerik modelde hâkim yatay ilk x ve y yönü yatay modların mevcut yapıda alınan deneysel verilerden elde edilen ilk yatay modlarla tutarlılığının sağlanması olduğuna göre bazı yapılarda ilk modların burulma çıkması durumunda sonraki mod sıralarına bakarak değerlendirmemizi yapacağımız akıldan çıkarılmamalıdır. İleri kayan yanal modlarda özellikle verilere hiç dokunulmamış, nümerik model yorumunun bir sonraki kısımda verilen ilgili modal kütle katılım oranı tablosunda renklendirilmiş olan yanal mod sırasına göre değerlendirilmesi yapılmıştır.

Çalışılan mevcut yapının üstünde ölçülen davranışları aynı doğrulukta sonlu eleman modelinde elde edilebilmesi için deneysel ve analitik modellerin modal şekiller arası korelasyon teknikleriyle (örneğin; *MAC*, *COMAC* veya *ICOMAC*) değerlendirme yapılmış ölçülen hata matrisinin minimize edilme teknikleri nümerik modele uygulanarak model kalibrasyonları tamamlanmıştır. Türk Deprem Yönetmeliğinin (2007) 7.4.5, 7.4.6 ve 7.4.7 şartlarını sağlayan analitik model daha sonra hasar görebilirlik analizlerinde kullanılmıştır.



Şekil 9.3.1 Hikmet Şahin apartmanından elde edilen iki veri setine göre mod gerçekleşme değerleri

Şekil 9.3.1'de Hikmet Şahin apartmanından elde edilen iki veri setinin modal davranışıyla nümerik modelin davranışları arasında güncellemeden sonra hesaplanan mod gerçekleşme değerlerinin modlar arası etkilerini göz önüne alan dağılımı verilmiştir. Takip eden bölümde verilen Tablo 9.4.1'de nümerik model modal kütle katılım oranı olarak ilk hâkim modun %77 ile x yönünde gerçekleşirken %53'lük modal kütle katılım oranıyla önemli bir burulmayıda beraberinde getirdiği görülüyor. 2. mod burulma olarak gerçekleşiyor. Modal davranışların tamamında burulma etkisi değişik oranlarda varlığını hissettirdiğinden yapı karışık davranış sergilemektedir. 6., 7. ve 8. sıralar olan ileri yanal modlarda burulma etkisi azalmaktadır. Şekil 9.3.1'de verilen modlar arası etkileşimi sergileyen mod gerçekleşme grafiği burulma modu 2. satır sütünde zayıf ilişki verip sonrasında tutarlılığı tekrar yükselten bir model deneysel sonuç ilişkisi göstermektedir. Çalışmamızda yapı karakteristik davranış sırası içinde açığa çıkan hâkim yanal modların tutarlılığının sağlanması analizler için yeterli olduğu için güncellenmiş sonlu eleman modelinin güvenilir olarak analizlerde kullanılabilme imkanı oluşmuştur.

## 9.4 Modal Analiz Sonuçları

Yapı analizinde, günümüz hesap teknolojileri içinde kullanılan sonlu eleman analiz (SEA) paket programlarından SAP2000 (2011) yazılımı modal analizlerde kullanılmıştır. Analizi yapılacak yapının geometrik, malzeme, yük ve sınır şartlarının laboratuvar ve arazi raporlarından derlenen bilgiler ışığında modellenmesiyle güvenilir ve gerçeğe yakın yapı nümerik model modal davranışı elde edilmiştir. Yapının titreşim modlarının, modal frekanslarının ve mod şekil bilgilerinin çalıştığımız mevcut yapıyı temsil etme tutarlılığını yükseltmek için uygulanan güncellemeler sonucu kalibre edilmiş mühendislik parametreleriyle gerçeği olabilecek doğrulukta yansıtan ve modellemeden kaynaklanan hataları tartışma dışına çıkaran son nümerik model sonuçlarıyla, deneysel modal sonuçlarını kabul edilebilir seviyede ilk önemli hâkim modlar için örtüşüren güncellenmiş modelin modal frekansları ve modal kütle katılım oranları Tablo 9.4.1'de özetlenmiştir.

Tablo 9.4.1 Modal kütle katılım oranları

Modal Participating Mass Ratios										
OutputCase	StepType	StepNum	Period	Frequency	UX	UY	UZ	RX	RY	RZ
Text	Text	Unitless	Sec	Cyc/sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	0,454128	2,202	0,77596	0,00985	1,08E-05	0,00643	0,74488	0,53408
MODAL	Mode	2	0,427943	2,3368	0,00326	0,02656	2,4E-08	0,01685	0,00317	0,20484
MODAL	Mode	3	0,383202	2,6096	0,00844	0,74994	3,64E-05	0,49805	0,00748	0,04976
MODAL	Mode	4	0,151066	6,6196	0,12084	0,00173	1,72E-06	1,52E-07	1,25E-05	0,09715
MODAL	Mode	5	0,143593	6,9642	0,00621	0,00745	9E-06	9,41E-06	2,46E-06	0,01953
MODAL	Mode	6	0,124867	8,0086	0,00054	0,11239	0,00012	1,45E-05	9,24E-06	0,00623
MODAL	Mode	7	0,086824	11,518	0,04347	0,00082	6,37E-06	1,3E-05	0,00219	0,04014
MODAL	Mode	8	0,083534	11,971	0,0038	0,00388	7,79E-06	5,23E-05	0,00013	0,00572
MODAL	Mode	9	0,069398	14,41	5,95E-05	0,0443	0,00024	0,00122	1,7E-05	0,00243
MODAL	Mode	10	0,058375	17,131	0,02013	0,00013	0,00086	0,00011	0,00019	0,01474
MODAL	Mode	11	0,057478	17,398	0,00025	5,45E-06	0,13665	0,02086	0,00574	4,41E-05
MODAL	Mode	12	0,056615	17,663	0,00019	0,00193	0,00249	0,00097	0,00022	0,00563

Önemli modların bulunduğu hücrelerin renklendirildiği Tablo 9.4.1'den görüleceği gibi yapı %77'lik modal kütle katılım oranıyla ilk mod olarak x yönünde yanal mod sergilerken, aynı anda %53'lük kütle katılım oranıyla burulma almaktadır. %20 oranında modal kütle katılım ile ilk burulma modu 2. sırada açığa çıkarken, y yönünde yanal ötelenme zayıf burulma etkisinde %75'lik modal kütle katılım oranıyla hâkimdir. Kompleks mod karakteristiği %12 ve %9 ile x'de yanal ve z'de burulmayla ortaya çıkarken 5. sıra %2'yle ikinci burulma modunu %11 ile y yönünde yatay mod ve %4 ile x yönünde 3. yatay mod izlemektedir.

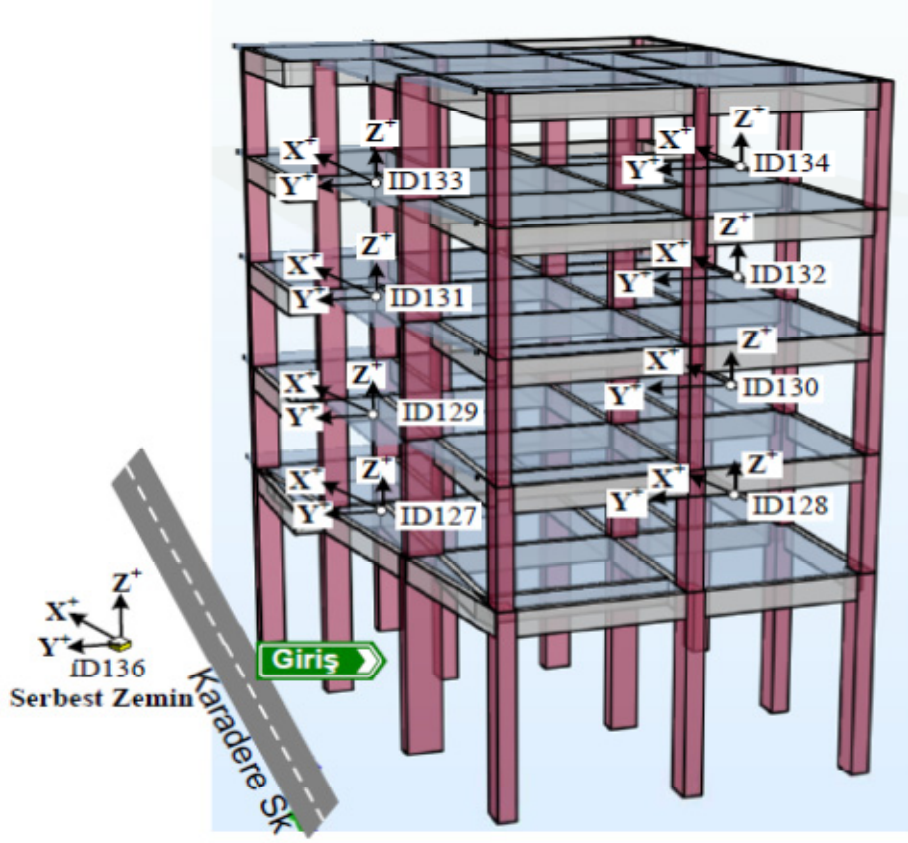
## 9.5 Sonuç

Serbest titreşim yük şartlarında davranışları izlenen çalışma yapısı için oluşturulmuş olan nümerik model güncellenmiş son haliyle hedef hâkim yatay x ve y yönü modlarını mevcutta izlendiği gibi yeterli tutarlılık seviyesinde ilgili bileşen modunda sağlamıştır. Çalışmamızda hâkim yanal mod tutarlılığının sağlanması analizlerde yeterli olması nedeniyle güncellenmiş sonlu eleman modelinin güvenilir olarak analizlerde kullanılabilme imkanı oluşmuştur







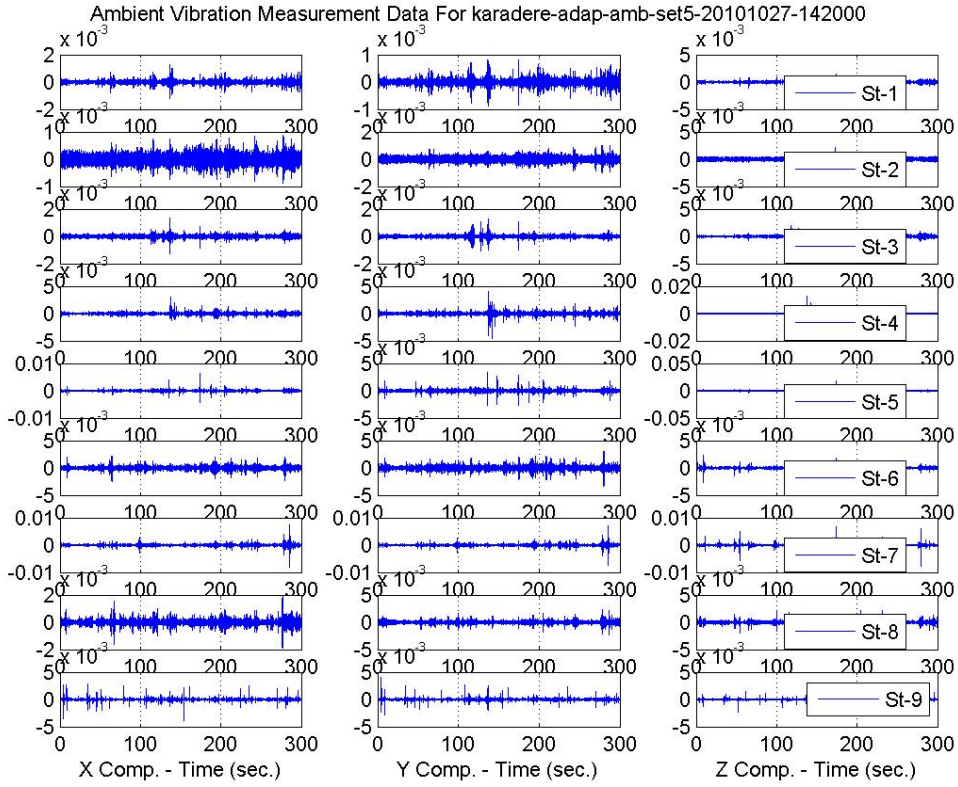


Serdivan Meydanı

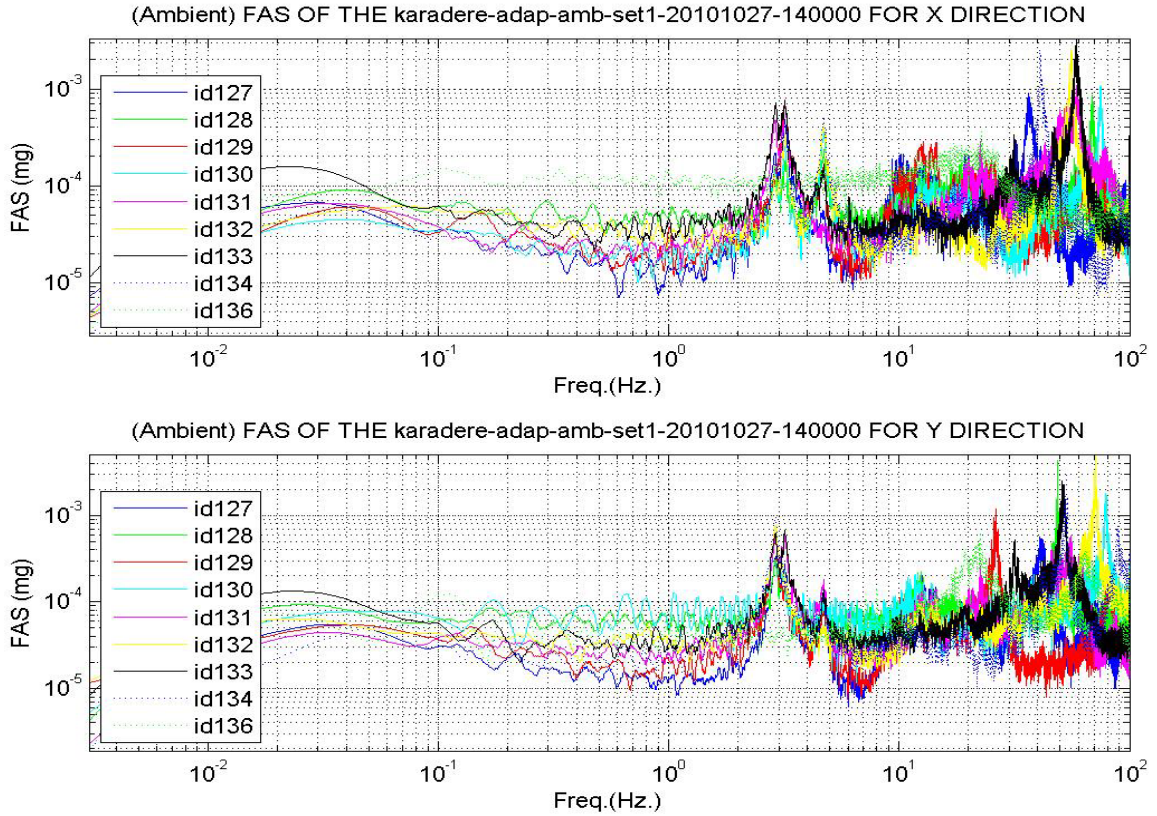
Şekil 10.2 Üç boyutlu sonlu eleman yapı modeli üzerinde kurulan ağı.

## 10.2 Yapı Tanılama Sonuçları

Adapazarı Serdivan bölgesinde bulunan Karadere apartmanı 17 Ağustos 1999 Kocaeli depremini hasar almadan atlattır. Çalışılan zaman diliminde alınan izinler çerçevesinde çevrel titreşim ölçümleri yapılmıştır. Ayrıca yapı civarında alınan açık saha mikro-titreşimleri (microtremors) yerel zemin şartlarında yapıya giren titreşim kaynağını oluşturan yerel etkenler olarak kaydedilmiştir. Yapı üzerinde ve açık sahadan elde edilen titreşim sinyallerinin zaman tanım alanındaki hikeyeleri Şekil 10.2.1'de, frekans tanım alanında çizilmiş olan yapı davranışının frekans muhteviyatı ise Şekil 10.2.2'de girdi-çıkı ilişkilerini yansıtacak transfer fonksiyonlar ise Şekil 10.2.3'de x ve y yönleri için verilmiştir.



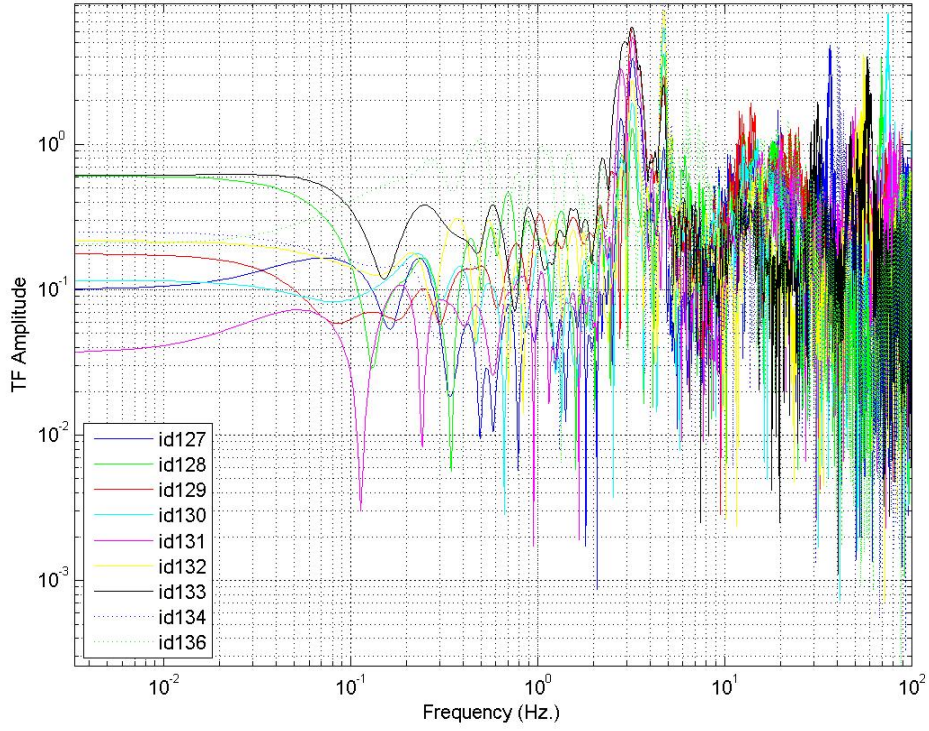
Şekil 10.2.1 Karadere binası çevrel titreşimlerin neden olduğu üç bileşende izlenen yapısal titreşimler.



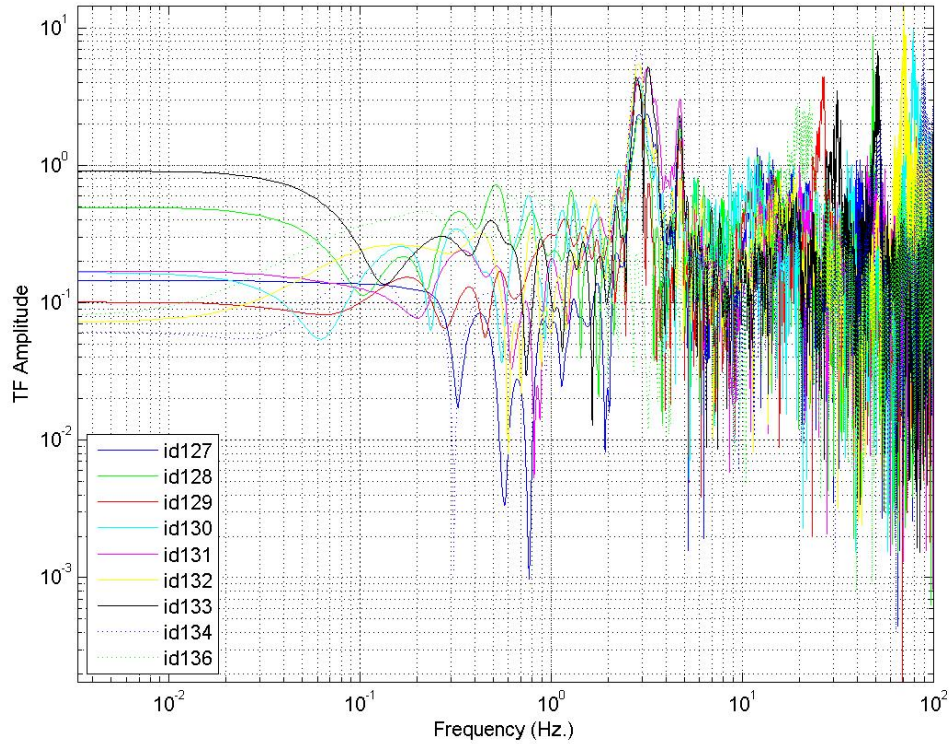
Şekil 10.2.2 Yapısal davranışın x ve y yönündeki frekans muhteviyatı



(Ambient) TFs bw The Structural Points and The Ground For karadere-adap-amb-set1-20101027-140000 FOR X



(Ambient) TFs bw The Structural Points and The Ground For karadere-adap-amb-set1-20101027-140000 For Y



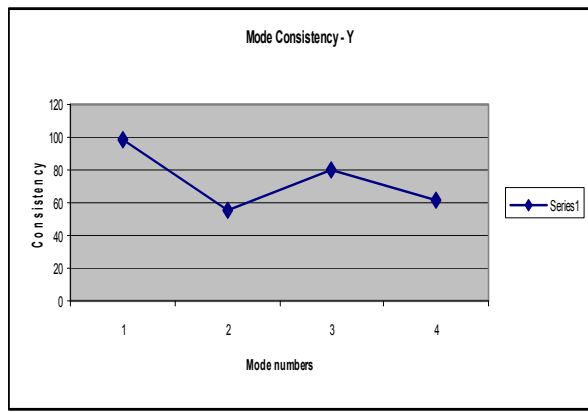
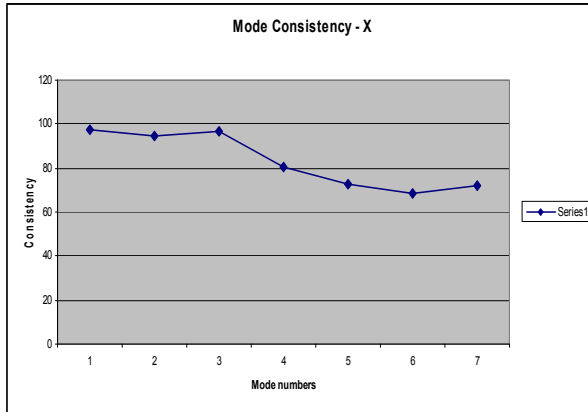
Şekil 10.2.3 Yapısal sistemde meydana gelen girdi ve yapısal tepki çıktıları arasındaki ilişkileri veren transfer fonksiyonları, üstte x yönü için altta y yönü için

Tablo 10.2a x bileşeni için modal tutarlılık değerleri

Candidate Modes	mode9	mode15	mode16	mode18	mode21	mode26	mode28	mode29	mode37	mode39	mode40
Real modes	mode1			mode2			mode3				mode4
Modal_Freq	2,22842	4,709775	5,704203	6,693902	7,315321	9,793961	11,67899	12,74071	19,02936	19,24642	19,90075
consist_mod_indicator_X	99,02734	75,57808	98,89363	99,53018	96,56628	94,95066	97,50488	94,0513	96,15765	84,78026	84,39128
modal_Hist_predict_indicator_X	99,99897	99,87263	99,99984	99,99983	99,98966	99,99794	99,99455	99,92778	99,97924	99,99209	99,98753
norm_mod_singular_value_X	100	29,06145	67,62684	90,99192	87,09406	29,50136	52,63595	36,83805	24,18823	26,43025	18,31242
Eigen values in Z-Domain_X	0,996791	0,982333	0,983162	0,97578	0,970134	0,950357	0,931118	0,91469	0,822336	0,818468	0,805559

Tablo 10.2b y bileşeni için modal tutarlılık değerleri

Real Modes	mode1	mode2	mode3					mode4			mode5
candidate modes	mode7	mode11	mode16	mode17	mode18	mode19	mode20	mode22	mode24	mode25	mode26
Modal_Freq	2,196294	4,679253	9,691838	9,888627	10,16322	10,88522	11,26002	12,20565	14,01804	14,36659	14,82276
consist_mod_indicator_Y	16,85643	98,27177	55,84944	68,11051	49,73811	81,3232	59,67345	80,38682	46,21837	56,6636	61,11624
modal_Hist_predict_indicator_Y	96,17012	99,99959	99,9194	99,81309	97,78969	99,99578	97,74419	99,71241	96,74983	99,98286	99,96399
norm_mod_singular_value_Y	32,75452	44,45235	44,41622	42,56143	35,21745	62,42829	57,83722	40,17798	25,68351	36,08184	31,50482
Eigen values in Z-Domain_Y	0,976852	0,986378	0,93925	0,935944	0,931556	0,929794	0,920581	0,912005	0,88793	0,886692	0,88145



Şekil 10.2.4 x ve y bileşenleri için modal tutarlılık oranlarının aday modlara göre dağılımı

Yapı tanı çalışması sonucu elde edilen yapı karakteristiğini yansıtan aday modların Tablo 10.2'de verilen tutarlılık oran indeks değerleri referans alınmış ve bu yaklaşım içinde Şekil 10.2.4'de tutarlılık değer salınımlarında görüleceği gibi yaklaşık %60-80 ve üstünü sağlayan mod tutarlılığını (mode consistency) sağlayan ve doğru mod şekillerini veren modlar tanılama için değerlendirmeye alınmıştır. Ayrıca deneysel çalışma sonuçları incelendiğinde kayda giren bir çok lokal etkenin (hasarlı eleman vs.) yanısıra yüksek sensör hasarlığının sunduğu global yapısal davranışa katkı vermeyen gürültü olarak nitelendirebileceğimiz modlar da ayıklamaya tabi tutulmuşlardır. Gerçek yapısal modlar kullanılan cihaz sayısı ve serilim özelliklerinin sınırları içinde seçilmiş ve Tablo10.2'de gösterildiği gibi renklendirilmiştir. Tablo 10.3 ve 10.4'de sırasıyla x ve y yönü için tutarlılık oranı en yüksek değerler alan gerçek modlar belirlenmiştir.

Tablo 10.3 Yapısal modlar ve modal deplasmanlar x yönü için

Ağ-Kanat-1													
Candidate Modes	mode5	mode6	mode7	mode8	mode9	mode12	mode18	mode23	mode32	mode35	mode37	mode49	mode67
Real Modes	mode1			mode2		mode3							mode4
Modal Freq	2,895953	3,193816	4,696037	6,068438	9,422245	10,81354	14,46016	18,91817	23,77366	25,20621	26,01316	31,54894	40,74778
id127	0,273029	0,629589	0,107431	0,072946	1	1	0,437202	0,524152	0,782209	0,198862	0,380065	0,156113	0,051564
id129	-0,10152	1	0,325456	-0,53748	0,604434	0,56915	1	1	-0,90618	-1	-1	-0,0567	0,007608
id131	0,635291	0,890128	-0,04477	0,360461	0,24475	0,320613	0,046027	0,28743	1	-0,97485	0,136179	-0,22785	-0,00913
id133	-1	0,98047	0,289556	-1	-0,2716	-0,19917	-0,11218	0,196351	-0,37446	-0,18948	-0,19635	1	-0,01415

Ağ-Kanat-1													
Candidate Modes	mode5	mode6	mode7	mode8	mode9	mode12	mode18	mode23	mode32	mode35	mode37	mode49	mode67
Real Modes	mode1			mode2		mode3							mode4
Modal Freq	2,895953	3,193816	4,696037	6,068438	9,422245	10,81354	14,46016	18,91817	23,77366	25,20621	26,01316	31,54894	40,74778
id128	0,185275	0,214062	-0,44885	0,383133	0,373168	0,34761	-0,24509	0,694959	0,460774	-0,15249	0,242332	-0,07062	-0,00692
id130	0,154724	0,322674	-0,70095	0,51953	0,650698	0,177606	-0,19082	0,475279	0,589102	0,134865	-0,07192	0,032506	-0,00197
id132	0,118139	0,445463	-0,88673	0,638654	0,323546	0,162315	-0,17301	-0,12874	0,066365	0,193399	-0,37706	-0,11042	-0,01065
id134	-0,22545	0,614506	-1	0,315125	0,177116	0,16746	-0,18368	-0,56228	-0,51029	0,173287	-0,11543	0,042705	-1

Tablo 10.4 Yapısal modlar ve modal deplasmanlar y yönü için

Ağ-Kanat-1											
Candidate Modes	mode7	mode11	mode16	mode17	mode18	mode19	mode20	mode22	mode24	mode25	mode26
Real modes	mode1	mode2	mode3					mode4			
Modal Freq	2,196294	4,679253	9,691838	9,888627	10,16322	10,88522	11,26002	12,20565	14,01804	14,36659	14,82276
id127	0,071941	0,687787	0,375155	0,178624	0,653918	0,477666	0,924221	1	0,465759	1	0,390045
id129	0,486936	0,505678	-0,61715	0,849258	0,148924	1	0,565686	0,380077	0,402288	0,624513	-0,53121
id131	0,266756	1	0,29516	0,271918	0,179267	0,235056	0,385063	0,656695	0,409515	0,728726	-0,62397
id133	0,862246	0,696015	0,697792	-0,64962	0,247333	-0,22035	-0,20405	0,242469	0,328283	0,240985	-0,41534

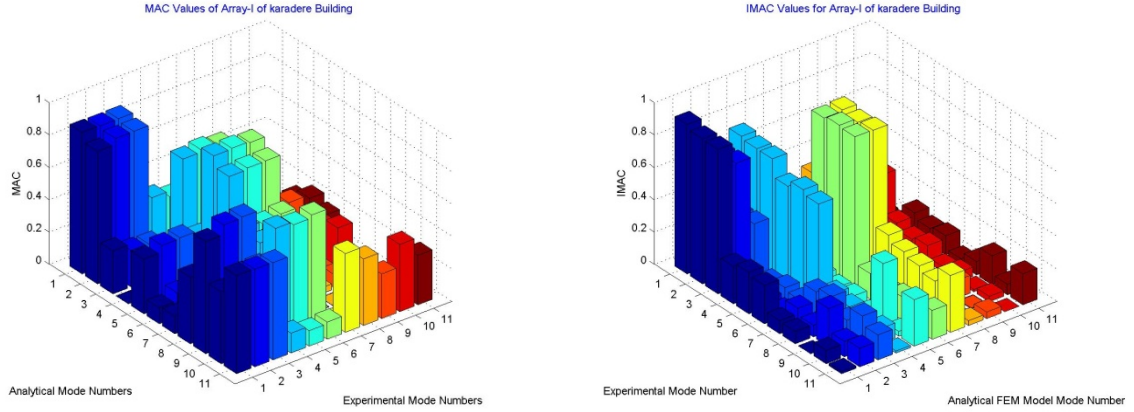
Ağ-Kanat-2											
Candidate Modes	mode7	mode11	mode16	mode17	mode18	mode19	mode20	mode22	mode24	mode25	mode26
Real modes	mode1	mode2	mode3					mode4			
Modal Freq	2,196294	4,679253	9,691838	9,888627	10,16322	10,88522	11,26002	12,20565	14,01804	14,36659	14,82276
id128	1	-0,5828	-0,87342	1	1	0,878283	1	0,991345	0,107468	0,29995	1
id130	0,653123	-0,30091	-1	0,586507	0,645241	0,985217	0,820664	0,608344	1	0,781719	-0,46888
id132	0,80145	-0,23687	-0,16399	0,366797	0,121448	0,398341	0,56677	0,448624	0,278945	0,545068	-0,84479
id134	0,753122	0,715111	0,119832	-0,13335	-0,09011	-0,20505	0,155885	-0,20624	-0,0783	-0,22265	-0,29674

## 10.4 Sonlu Eleman Model Güncellenmesi

Serbest titreşim veya zorlama altında tek dinamik yük ve/veya toplam dinamik yük şartlarında davranışları izlenen çalışma yapısı için oluşturulmuş olan nümerik modellerin benzeşim çalışmaları içinde model kalibrasyonlarında yapıdan elde edilen karakteristik modal bilgiler kullanılmıştır. Çalışmada hedef nümerik modelde hâkim yatay ilk x ve y yönü yatay modların mevcut yapıda alınan deneysel verilerden elde edilen ilk yatay modlarla tutarlılığının sağlanması olduğuna göre bazı yapılarda ilk modların burulma çıkması durumunda sonraki mod sıralarına bakarak değerlendirmemizi yapacağımız akıldan çıkarılmamalıdır. İleri kayan yanal modlarda özellikle verilere hiç dokunulmamış, nümerik model yorumunun bir sonraki kısımda verilen ilgili modal kütle katılım oranı tablosunda renklendirilmiş olan yanal mod sırasına göre değerlendirilmesi yapılmıştır.

Çalışılan mevcut yapının üstünde ölçülen davranışları aynı doğrulukta sonlu eleman modelinde elde edilebilmesi için deneysel ve analitik modellerin modal şekiller arası korelasyon teknikleriyle (örneğin;

MAC, COMAC veya ICOMAC) değerlendirme yapılmış ölçülen hata matrisinin minimize edilme teknikleri nümerik modele uygulanarak model kalibrasyonları tamamlanmıştır. Türk Deprem Yönetmeliğinin (2007) 7.4.5, 7.4.6 ve 7.4.7 şartlarını sağlayan analitik model daha sonra hasar görebilirlik analizlerinde kullanılmıştır.



Şekil 10.3.1 Karadere apartmanından elde edilen iki veri setine göre mod gerçekleştirme değerleri

Şekil 10.3.1'de Karadere apartmanından elde edilen iki veri setinin modal davranışıyla nümerik modelin davranışları arasında güncellemeden sonra hesaplanan mod gerçekleştirme değerlerinin modlar arası etkilerini göz önüne alan dağılımı verilmiştir. Takip eden bölümde verilen Tablo 10.4.1'de nümerik model modal kütle katılım oranı olarak ilk hâkim modun %81 ile y yönünde gerçekleştirirken %17'lik modal kütle katılım oranıyla burulmayıda beraberinde getirdiği görülüyor. Sonraki modal davranışların tamamında burulma etkisi ve/ya iki yanal etki değişik oranlarda varlığını hissettirdiğinden yapı karışık davranış sergilemektedir. Çalışmamızda yapı karakteristik davranış sırası içinde açığa çıkan hâkim yanal modların tutarlılığının sağlanması analizler için yeterli olduğu için güncellenmiş sonlu eleman modelinin güvenilir olarak analizlerde kullanılabilme imkanı oluşmuştur.

#### 10.4 Modal Analiz Sonuçları

Yapı analizinde, günümüz hesap teknolojileri içinde kullanılan sonlu eleman analiz (SEA) paket programlarından SAP2000 (2011) yazılımı modal analizlerde kullanılmıştır. Analizi yapılacak yapının geometrik, malzeme, yük ve sınır şartlarının laboratuvar ve arazi raporlarından derlenen bilgiler ışığında modellenmesiyle güvenilir ve gerçeğe yakın yapı nümerik model modal davranışı elde edilmiştir. Yapının titreşim modlarının, modal frekanslarının ve mod şekil bilgilerinin çalıştığımız mevcut yapıyı temsil etme tutarlılığını yükseltmek için uygulanan güncellemeler sonucu kalibre edilmiş mühendislik parametreleriyle gerçeği olabilecek doğrulukta yansıtan ve modellemeden kaynaklanan hataları tartışma dışına çıkaran son nümerik model sonuçlarıyla, deneysel modal sonuçlarını kabul edilebilir seviyede ilk önemli hâkim modlar için örtüşüren güncellenmiş modelin modal frekansları ve modal kütle katılım oranları Tablo 10.4.1'de özetlenmiştir.

Önemli modların bulunduğu hücrelerin renklendirildiği Tablo 10.4.1'den görüleceği gibi yapı %81'lik modal kütle katılım oranıyla ilk mod olarak y yönünde yanal mod sergilerken, aynı anda %17'lik kütle katılım oranıyla burulma almaktadır. %50 oranında modal kütle katılım ile x yönünde ilk yanal mod oluşmuştur. 3. sırada %66'lık modal kütle katılım oranıyla burulma modu gerçekleştirirken %33'lük x bileşeninin katılımı tam burulma modunu tartışmalı sağlamasına neden olmaktadır. 4. sırada açığa çıkan y yönündeki yanal mod %11'lik modal kütle katılım ile 2. yanal mod olarak gerçekleştirirken, 6. sırada %8 ile 2. burulma modu, %3 ile 3. yanal mod y yönünde açığa çıkarken, 8. sırada 3. x yönü yanal mod %1,6'lık modal kütle katılım ile görülmektedir.



Tablo 10.4.1 Modal kütle katılım oranları

Modal Participating Mass Ratios										
OutputCase	StepType	StepNum	Period	Frequency	UX	UY	UZ	RX	RY	RZ
Text	Text	Unitless	Sec	Cyc/sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	0,509049	1,9644	0,00137	0,8117	1,25E-05	0,56297	0,0011	0,17431
MODAL	Mode	2	0,40643	2,4604	0,50405	0,01895	7,36E-06	0,0121	0,42745	0,0146
MODAL	Mode	3	0,346198	2,8885	0,33328	0,01214	1,19E-06	0,0071	0,2842	0,66166
MODAL	Mode	4	0,174203	5,7404	0,00024	0,11142	3,97E-05	0,00039	4,67E-06	0,01996
MODAL	Mode	5	0,134552	7,4321	0,06231	0,00193	4,62E-05	0,00022	0,00034	0,00108
MODAL	Mode	6	0,114007	8,7714	0,05053	0,00098	1,88E-05	4,02E-05	0,00067	0,08575
MODAL	Mode	7	0,098151	10,188	4,96E-05	0,02905	9,89E-06	0,00179	8,39E-06	0,00451
MODAL	Mode	8	0,074399	13,441	0,01606	0,0007	5,31E-05	7,91E-05	0,00149	8,56E-05
MODAL	Mode	9	0,068448	14,61	9E-05	0,00829	0,00042	0,00042	0,0001	0,00211
MODAL	Mode	10	0,061935	16,146	0,01605	9,91E-05	0,00028	2,49E-05	0,00224	0,02372
MODAL	Mode	11	0,055236	18,104	5,82E-05	3,6E-06	0,51742	0,06753	0,13259	3,68E-05
MODAL	Mode	12	0,051253	19,511	0,0035	2,8E-07	0,02987	0,04988	0,01422	0,00016

## 10.5 Sonuç

Serbest titreşim yük şartlarında davranışları izlenen çalışma yapısı için oluşturulmuş olan nümerik model güncellenmiş son haliyle hedef hâkim yatay x ve y yönü modlarını mevcutta izlendiği gibi yeterli tutarlılık seviyesinde ilgili bileşen modunda sağlamıştır. Çalışmamızda hâkim yanal mod tutarlılığının sağlanması analizlerde yeterli olması nedeniyle güncellenmiş sonlu eleman modelinin güvenilir olarak analizlerde kullanılabilme imkanı oluşmuştur

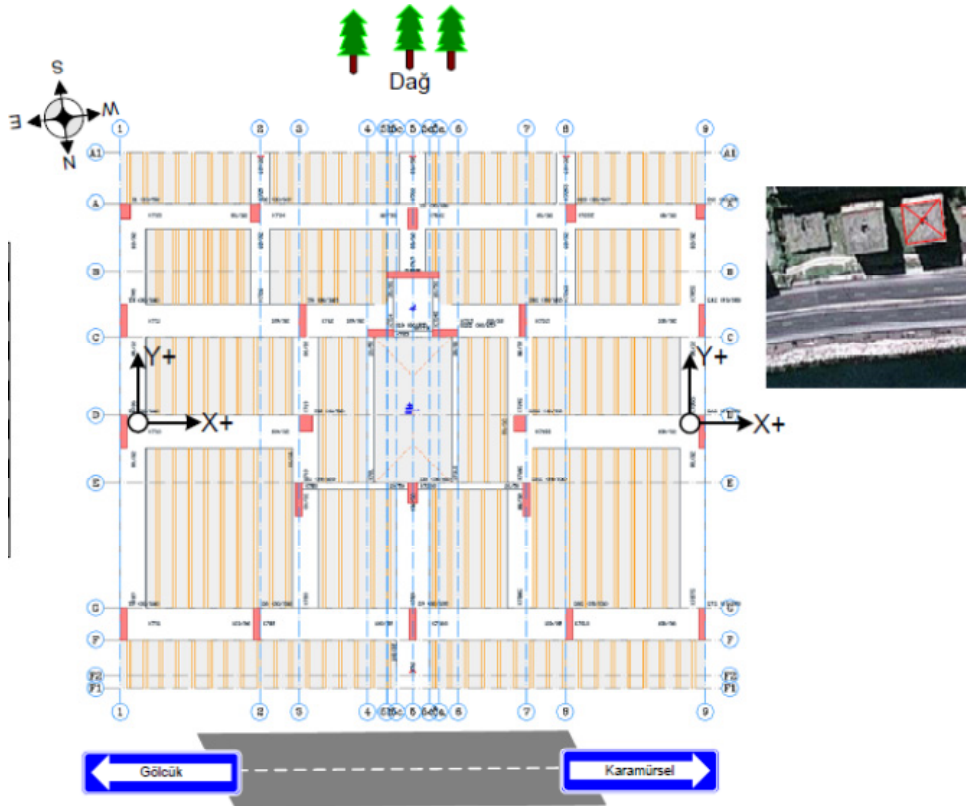
## 11 Ahmet Levent Sitesi A Blok (karamursel\_a\_ambient\_20100505)

### 11.1 Bina Cihaz Yerleşim ve Yönelim Bilgisi

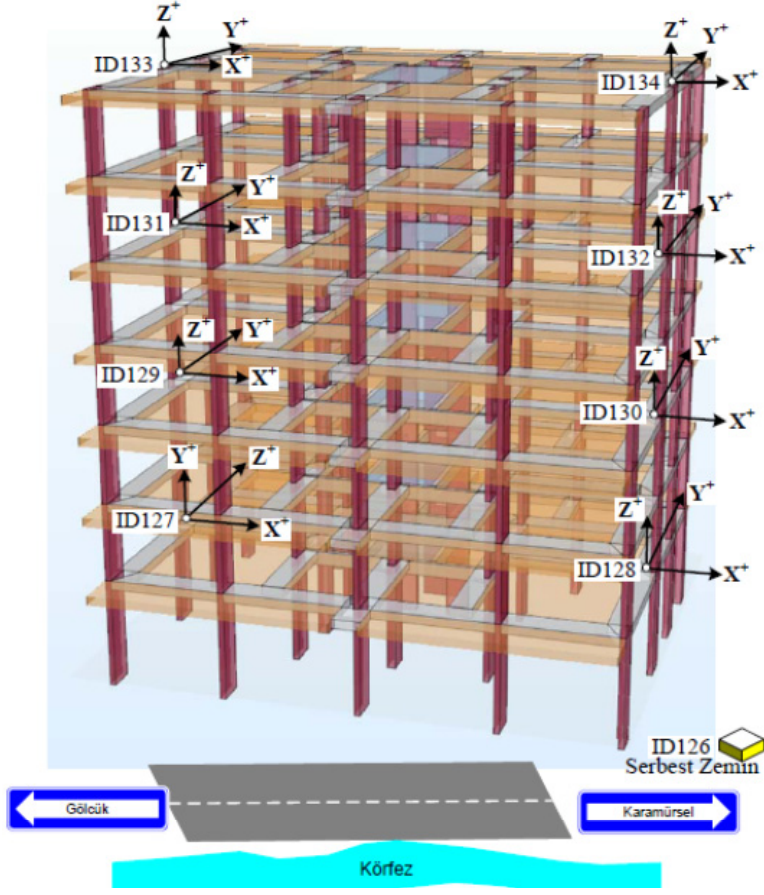
Bina üzerine kurulan ivme duyarlı ölçüm cihazlarının yapısal noktalar üstündeki konumu ve yönelimlerinin plandaki görünümü Şekil 11.1'de, üç bileşene sahip her bir ivme ölçer cihazın konum ve bileşen yönelimlerinin 3 boyutlu sonlu eleman yapı modeli üzerinde oluşturdukları gözlem-ölçüm ağı ise Şekil 11.2'de gösterilmiştir. Ayrıca Tablo 11.1'de yapı üzerinde kullanılan cihazların düşey yapısal noktalar üzerindeki dağılımı ve sonlu eleman modelde ilgili hesap düğüm noktaları parantez içinde verilmiştir.

Tablo 11.1 Yapı cihaz dağılımı ve sonlu eleman modelde düğüm noktaları

Karamursel_a_ambient_20100505		
Kat serbestlikleri	Ağ-kanat-1	Ağ-kanat-2
Çatı katı	id133(J326)	id134(J343)
6. Kat	cihaz yok	cihaz yok
5. Kat	id131(J255)	id132(J278)
4. Kat	cihaz yok	cihaz yok
3. Kat	id129(J204)	id130(J221)
2. Kat	cihaz yok	cihaz yok
1. Kat	id127(J18)	id128(J258)
Giriş kat	id126(J177)	
Serbest saha	id136	



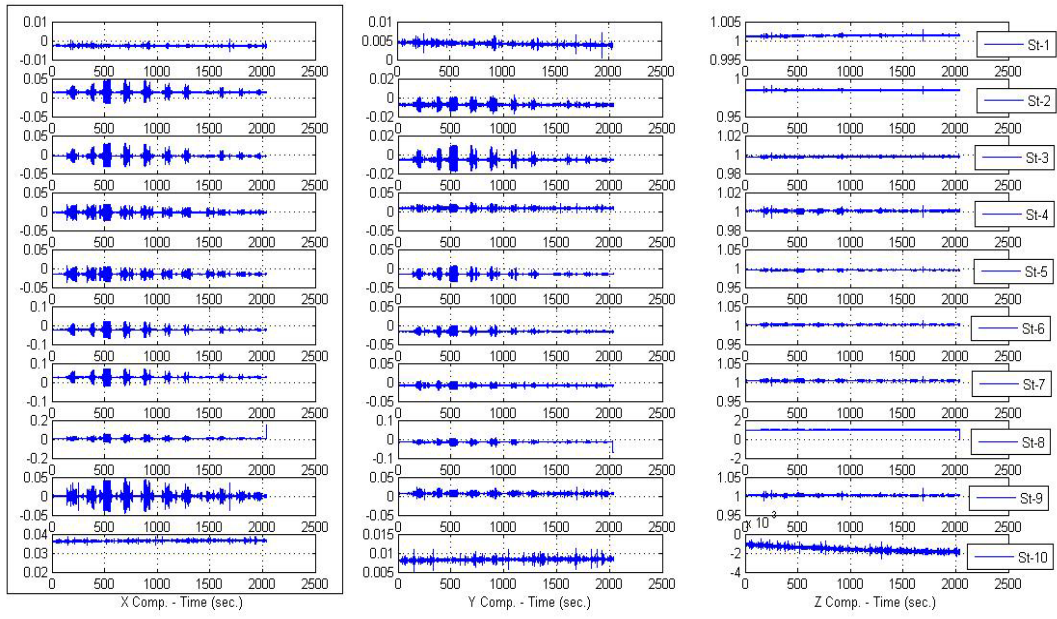
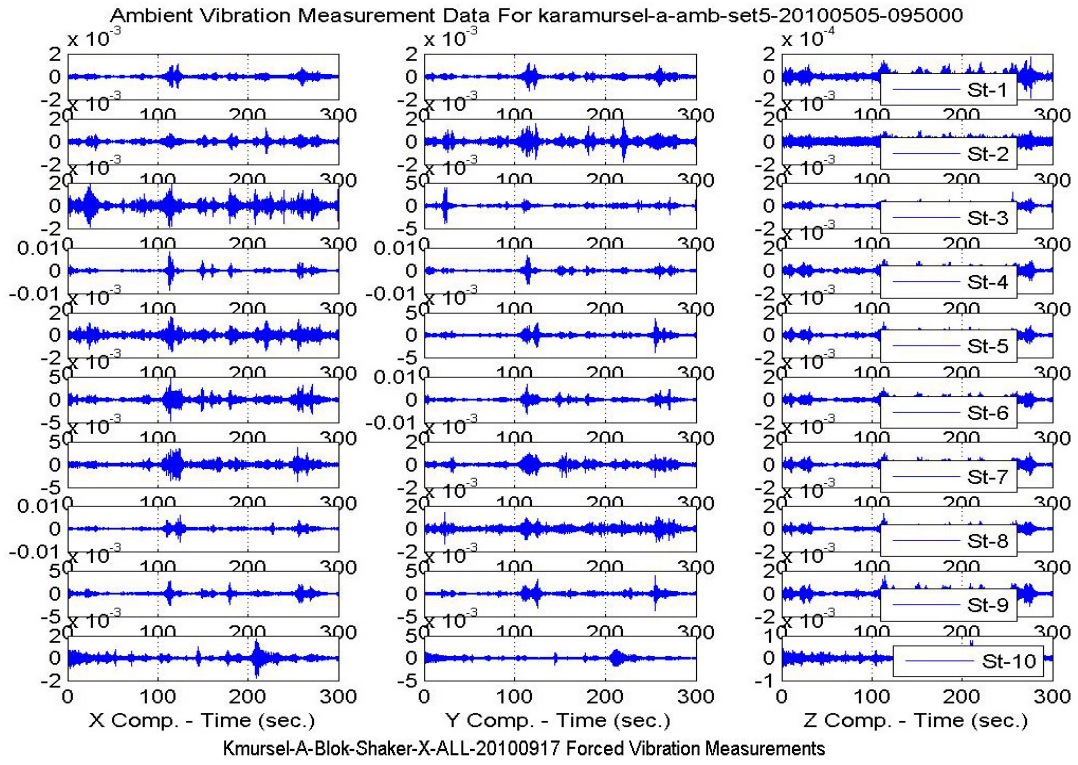
Şekil 11.1 Cihaz konumlarının ve yönelimlerinin planda görünüşü



Şekil 11.2 Üç boyutlu sonlu eleman yapı modeli üzerinde kurulan ağ

## 11.2 Yapı Tanılama Sonuçları

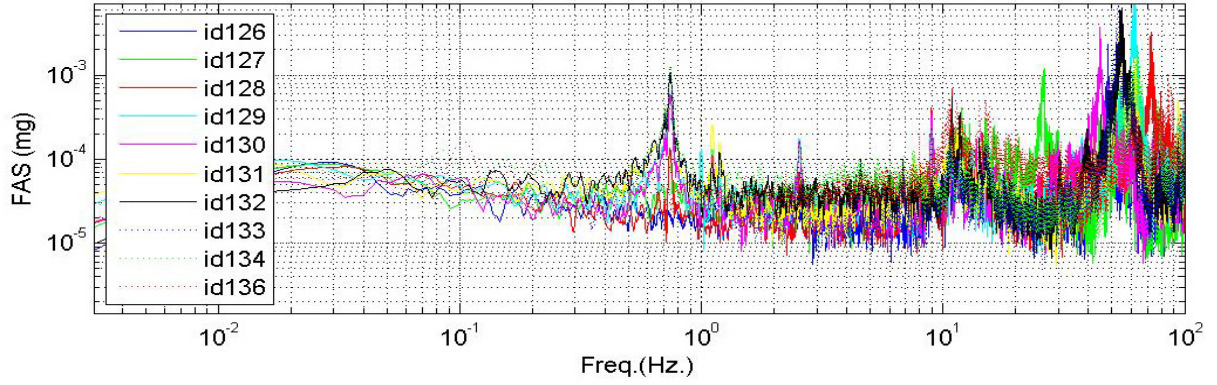
Kocaeli ili Gölcük ilçesi Halıdere semtinde bulunan binalar 17 Ağustos 1999 Kocaeli depremini hasarlı olarak atlattır. Çalışılan zaman diliminde alınan izinler çerçevesinde çevrel titreşim ölçümleri yapılmıştır. Ayrıca yapı civarında alınan açık saha mikro-titreşimleri (micro-tremors) yerel zemin şartlarında yapıya giren titreşim kaynağını oluşturan yerel etkenler olarak kaydedilmiştir. Yapı üzerinde ve açık sahadan elde edilen titreşim sinyallerinin zaman tanım alanındaki hikeyeleri Şekil 11.2.1'de, frekans tanım alanında çizilmiş olan yapı davranışının frekans muhteviyatı ise Şekil 11.2.2'de girdi-çıkı ilişkilerini yansıttak transfer fonksiyonlar ise Şekil 11.2.3'de x ve y yönleri için verilmiştir.



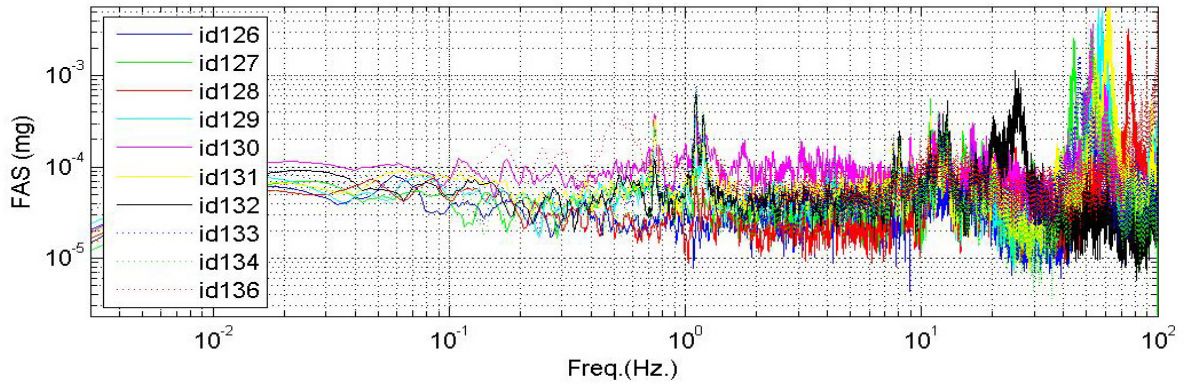
Şekil 11.2.1 Karamürsel A Blok binası çevrel üstte zorlama kuvvetler etkisinde altta üç bileşende izlenen yapısal titreşimler



(Ambient) FAS OF THE karamursel-a-amb-set1-20100505-093000 FOR X DIRECTION

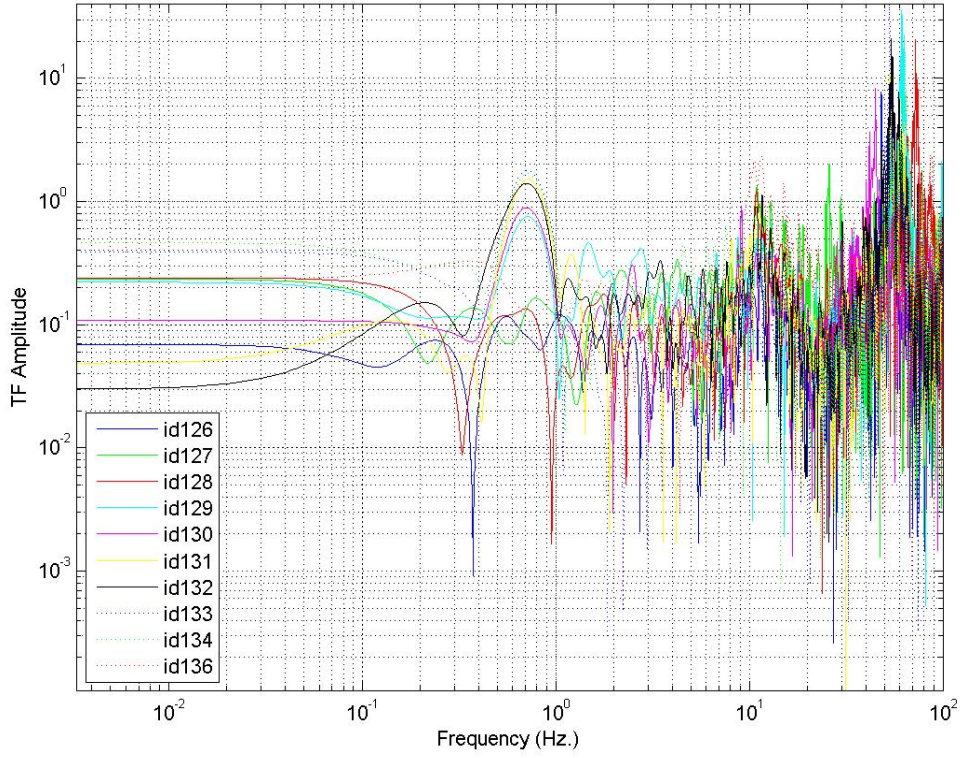


(Ambient) FAS OF THE karamursel-a-amb-set1-20100505-093000 FOR Y DIRECTION

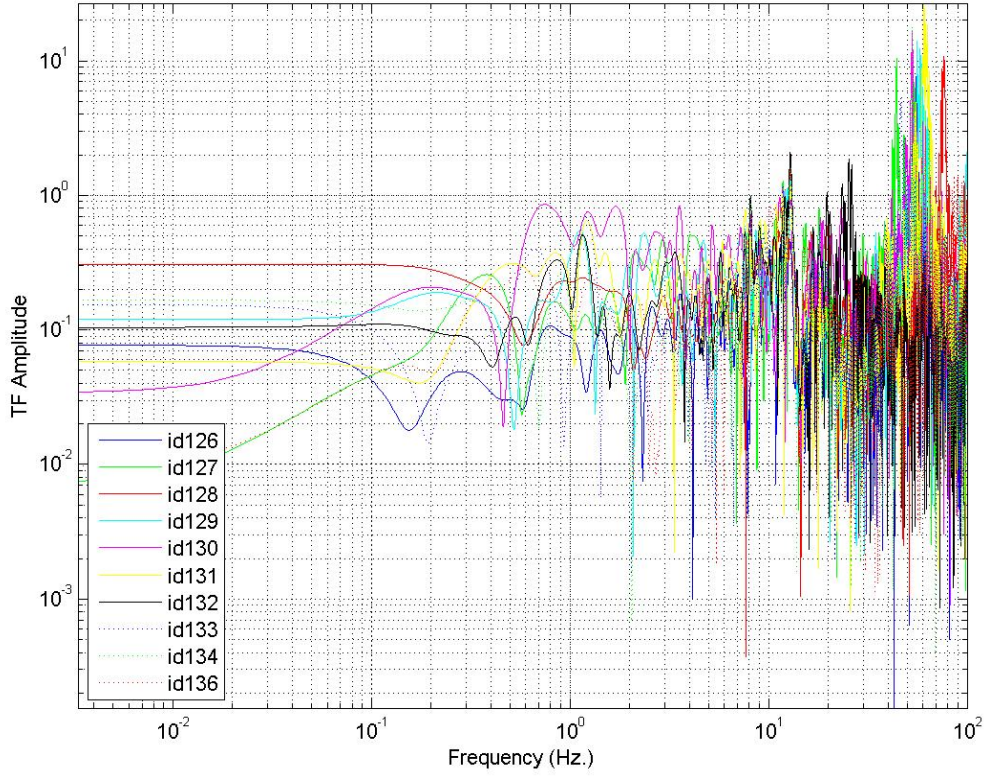


Şekil 11.2.2 Yapısal davranışın x ve y yönündeki frekans muhteviyatı

(Ambient) TFs bw The Structural Points and The Ground For karamursel-a-amb-set1-20100505-093000 FOR X



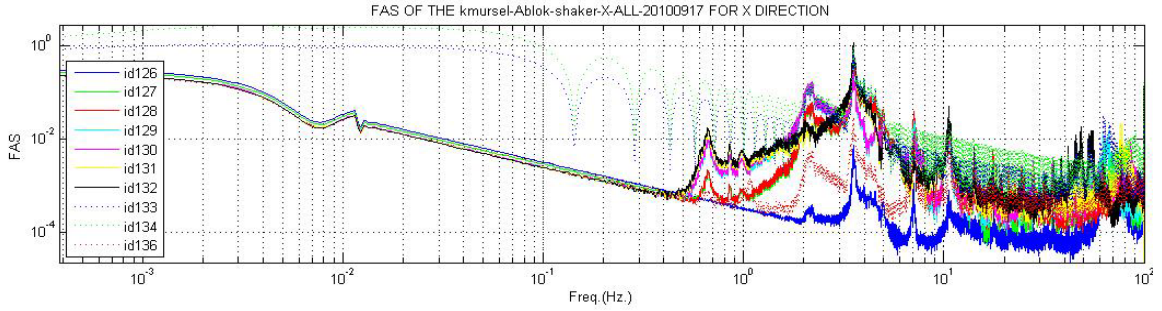
(Ambient) TFs bw The Structural Points and The Ground For karamursel-a-amb-set1-20100505-093000 For Y



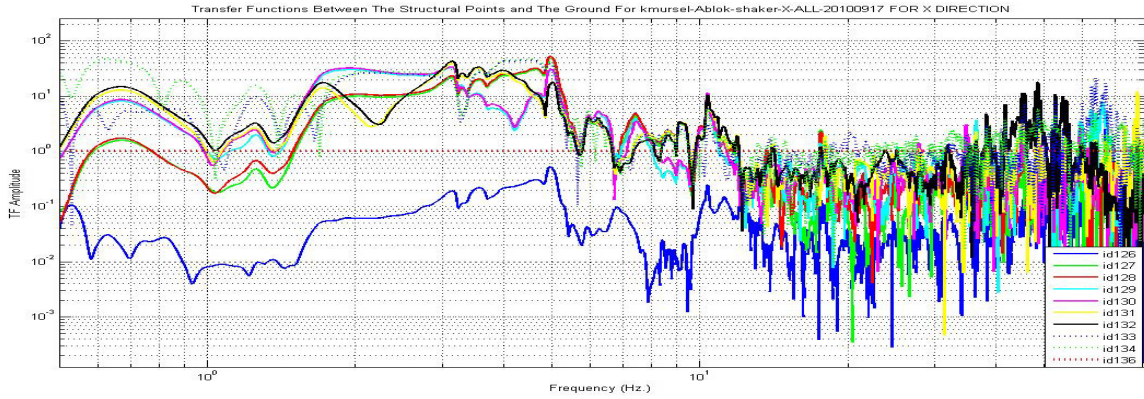
Şekil 11.2.3 Yapısal sistemde meydana gelen girdi ve yapısal tepki çıktıları arasındaki ilişkileri veren transfer fonksiyonları, üstte x yönü için altta y yönü için



Üretilen değişik genlik ve farklı hâkim tepe frekanslara sahip zorlama kuvvetleri olan yapay deprem (harmonik sinüs) salınımlarının toplam hikayesine yapının verdiği tepki hikayesinin yapısal noktalarda kurulmuş ivme ölçer istasyonları tarafından kaydedilmiş verilerine uygulanan Fourier dönüşümleri yapı gözlem istasyonları Şekil 11.2.4'de çizilmiştir. Farklı modal deplasmanlar sergileyen katlar yaklaşık 0.65, 0.85, 1, 2.2, 3.5, 4.5, 7, 11 ve benzeri Hz.'lerde hâkim tepelikler vermişlerdir. Global yapısal davranış özelliği olan modları ve frekanslarını Şekil 11.2.5'de çizilen yapısal noktalarla zemin arasındaki transfer fonksiyonlarında da görmek mümkündür. Zorlama kuvveti uygulanan x bileşeni dışında diğer bileşeninde nispeten zayıf olmakla beraber titreşim içermesi, yüklem eksenine ortogonal diğer eksen serbestliğinde yükten etkilendiğini göstermiş ve yapının önemli mertebede hasarlı olduğu anlaşılmıştır. Gerçekte tek yön yüklemenin tek serbestliği tetikletme beklentimizin burada gerçekleşmemesi hasarı ve hasarın neden olduğu rijitlik kayıplarının bir sonucu olarak rijitlik merkezinin kaymasıyla oluşmuş ilave burulmanın ötesinde, hasarsız haline ait bir yapısal davranış karakteristiği olabileceğini de akla getirmiş ve çalışılmıştır.



Şekil 11.2.4 Karamürsel A blok, 17 Eylül 2010 tarihinde x yönünde yapılan değişik genlik ve frekans içeriğine sahip yapay depremler toplamının Fourier genlik spektrumu



Şekil 11.2.5 Karamürsel A blok x yönü toplam hareket için yapı-zemin transfer fonksiyonu

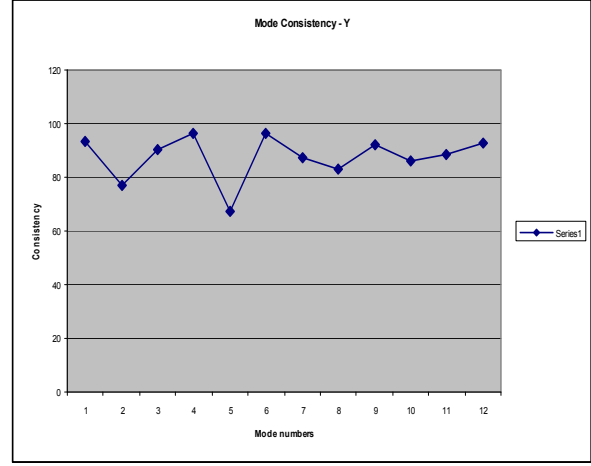
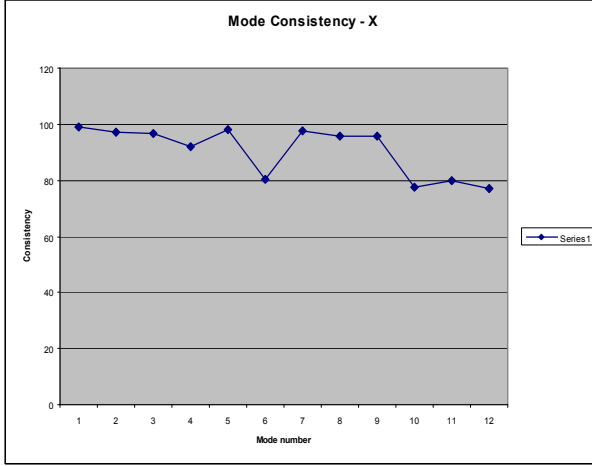
Çevrel ve zorlama kuvvetleri altında kaydedilen yapısal davranışların analiz sonuçları birbiriyle uyumlu benzer modal karakteristikleri vermesinin yanısıra yüksek enerjik girdi özelliğiyle zorlama kuvvetleri çevrel şartlarda tetiklenmemiş veya baskın hale geçmemiş bazı yapısal frekansları uyandırarak eksik bilgilerin tamamlanmasını sağlamıştır. Dolayısıyla test edilen yapı davranışı bu iki sonucun ışığında değerlendirilmiştir.

Tablo 11.2a x bileşeni için modal tutarlılık değerleri

Real Modes	mode1	mode2	mode3	mode4	mode5	mode6	mode7	mode8	mode9	mode10	mode11	mode12
Candidate Modes	mode2	mode4	mode5	mode6	mode7	mode8	mode9	mode11	mode13	mode17	mode18	mode21
Modal_Freq	0.739799	2.544306	4.53121	6.827875	7.609558	8.92028	10.47833	10.86769	11.74303	12.81473	13.25401	14.37903
consist_mod_indicator_X	99.08941	97.09051	96.51301	91.91008	69.2503	98.22595	80.4925	97.70846	95.68879	95.52584	77.55412	79.90119
modal_Hist_predict_indicator_X	99.99792	99.99439	99.99882	99.95283	99.99058	99.99568	99.97036	99.98873	99.99364	99.99831	99.99678	99.99708
norm_mod_singular_value_X	53.41	19.44889	17.03125	11.85142	13.60606	26.49111	18.89945	30.69795	27.78598	18.50681	16.02384	20.52636
Eiğen values in Z-Domain_X	0.999589	0.996089	0.988173	0.975204	0.968175	0.959642	0.94231	0.940654	0.931096	0.915687	0.911562	0.898295

Tablo 11.2b y bileşeni için modal tutarlılık değerleri

Candidate Modes	mode5	mode9	mode16	mode18	mode19	mode23	mode24	mode25	mode26	mode28	mode29	mode30
Real Modes	mode1	mode2	mode3		mode4							
Modal Freq	1,194337	4,278562	7,594085	8,945094	9,147353	10,8762	11,27556	11,77057	11,88127	12,57911	12,70813	12,88795
consist_mod_indicator_Y	93,6334	76,70685	90,00793	96,54279	67,20202	96,41122	87,18832	83,16775	92,15624	85,94096	88,68182	92,82045
modal_Hist_predict_indicator_Y	99,96536	99,96756	99,98823	99,99955	99,93136	99,99302	99,96481	99,98476	99,99773	99,93892	99,97536	99,97939
norm_mod_singular_value_Y	10,93458	7,868198	16,0882	9,14905	17,70386	27,11578	25,21789	18,56228	22,83549	21,07443	28,37109	19,90808
Eigen values in Z-Domain_Y	0,998586	0,987995	0,970433	0,958923	0,951747	0,94037	0,932885	0,930319	0,928816	0,915862	0,914978	0,915422



Şekil 11.2.6 x ve y bileşenleri için modal tutarlılık oranlarının aday modlara göre dağılımı

Yapı tanı çalışması sonucu elde edilen yapı karakteristiğini yansıtan aday modların Tablo 11.2'de verilen tutarlılık oran indeks değerleri referans alınmış ve bu yaklaşım içinde Şekil 11.2.6'da tutarlılık değer sınımlarında görüleceği gibi yaklaşık %70-%80 ve üstünü sağlayan mod tutarlılığını (mode consistency) sağlayan ve doğru mod şekillerini veren modlar tanılama için değerlendirmeye alınmıştır. Ayrıca deneysel çalışma sonuçları incelendiğinde kayda giren bir çok lokal etkenin (hasarlı eleman vs.) yanısıra yüksek sensör hasaslığının sunduğu global yapısal davranışa katkı vermeyen gürültü olarak nitelendirebileceğimiz modlar da ayıklamaya tabi tutulmuşlardır. Gerçek yapısal modlar kullanılan cihaz sayısı ve serilim özelliklerinin sınırları içinde seçilmiş ve Tablo 11.2'de gösterildiği gibi renklendirilmiştir. Tablo 11.3 ve 11.4'de sırasıyla x ve y yönü için tutarlılık oranı en yüksek değerler alan gerçek modlar belirlenmiştir.

Tablo 11.3 Yapısal modlar ve modal deplasmanlar x yönü için

Array Side 1													
Candidate Modes	mode2	mode4	mode5	mode6	mode7	mode8	mode9	mode11	mode13	mode17	mode18	mode21	mode24
Real Modes	mode1		mode2	mode3		mode4	mode5	mode6	mode7	mode8	mode9	mode10	mode11
Modal_Freq	0,739799	2,544306	4,53121	6,827875	7,609558	8,92028	10,47833	10,86769	11,74303	12,81473	13,25401	14,37903	15,38102
id128	0,097432	0,390334	-0,6812	-0,95691	0,139124	-1	0,207598	-1	-0,73221	-0,38083	0,139283	0,517256	-0,46105
id130	0,474291	1	-0,36681	0,846616	-0,32869	0,845683	0,149304	-0,34731	-0,94028	0,297526	0,224214	-1	-0,20263
id132	0,850857	0,107259	0,902893	-0,92327	-0,55875	-0,10413	-0,30263	0,813533	-0,92492	-0,29604	0,12956	0,320689	-0,20722
id134	0,997979	-0,85175	-0,80346	1	0,67821	-0,58177	-0,78902	0,363747	-0,26413	0,284952	0,048256	0,067746	0,07632
Array Side 2													
Candidate Modes	mode2	mode4	mode5	mode6	mode7	mode8	mode9	mode11	mode13	mode17	mode18	mode21	mode24
Real Modes	mode1		mode2	mode3		mode4	mode5	mode6	mode7	mode8	mode9	mode10	mode11
Modal_Freq	0,739799	2,544306	4,53121	6,827875	7,609558	8,92028	10,47833	10,86769	11,74303	12,81473	13,25401	14,37903	15,38102
id127	0,079815	0,283644	-0,65416	-0,79793	-0,72398	-0,97388	-0,37841	-0,88349	-0,54453	-1	-0,12879	-0,03353	0,719836
id129	0,477476	0,987677	-0,25032	0,950586	-0,37557	0,864102	0,489657	-0,30891	-0,86864	-0,36883	1	-0,05619	0,037856
id131	0,843285	0,104681	1	-0,84925	-1	-0,11161	-0,92343	0,720586	-1	0,615436	0,221182	0,891894	0,584212
id133	1	-0,93132	-0,87902	0,807572	0,176067	-0,55914	-1	0,349823	-0,27648	-0,03851	0,063547	0,503372	-1

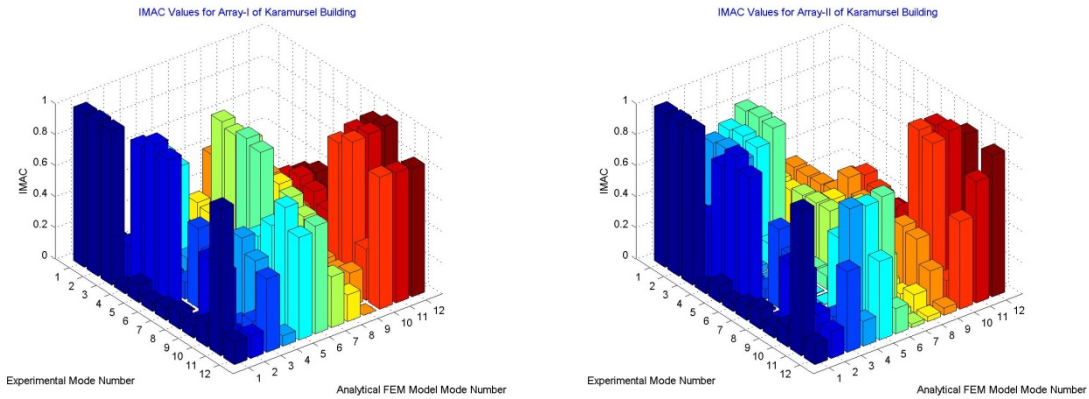
Tablo 11.4 Yapısal modlar ve modal deplasmanlar y yönü için

Ağ-Kanat-1												
Candidate Modes	mode5	mode9	mode16	mode18	mode19	mode23	mode24	mode25	mode26	mode28	mode29	mode30
Real Modes	mode1	mode2	mode3		mode4							
Modal Freq	1,194337	4,278562	7,594085	8,945094	9,147353	10,8762	11,27556	11,77057	11,88127	12,57911	12,70813	12,88795
id127	0,098572	0,333812	0,713604	0,983887	0,215669	1	0,928738	1	-0,77988	0,64449	0,783891	0,671995
id129	0,513914	0,847296	-0,33227	0,864716	-0,64237	-0,04941	-0,28496	0,110856	-0,60446	-0,78816	-0,73425	-0,65304
id131	0,735314	0,114006	-0,89117	0,27048	1	0,733171	0,079371	0,184314	-0,67253	0,777079	0,673912	0,597597
id133	0,979038	-0,64163	1	-0,088	-0,89821	-0,38986	-0,30562	-0,57427	1	-0,98664	-0,97766	-0,77727
Ağ-Kanat-2												
Candidate Modes	mode5	mode9	mode16	mode18	mode19	mode23	mode24	mode25	mode26	mode28	mode29	mode30
Real Modes	mode1	mode2	mode3		mode4							
Modal Freq	1,194337	4,278562	7,594085	8,945094	9,147353	10,8762	11,27556	11,77057	11,88127	12,57911	12,70813	12,88795
id128	0,120613	0,241914	-0,41632	0,10746	0,110048	-0,06124	0,595046	-0,5224	0,759922	0,81356	0,998305	0,721879
id130	0,560289	0,742703	0,214919	-1	-0,86333	-0,23573	-1	-0,23877	0,904573	-1	-0,91775	-0,51705
id132	0,907178	0,140417	0,749401	-0,37502	0,297469	-0,36786	-0,18913	-0,37875	0,706695	0,525392	1	1
id134	1	-1	-0,58825	0,293114	-0,47896	0,185897	0,154691	0,4806	-0,6535	-0,49085	-0,8119	-0,70609

### 11.3 Sonlu Eleman Model Güncellenmesi

Serbest titreşim veya zorlama altında tek dinamik yük ve/veya toplam dinamik yük şartlarında davranışları izlenen çalışma yapısı için oluşturulmuş olan nümerik modellerin benzeşim çalışmaları içinde model kalibrasyonlarında yapıdan elde edilen karakteristik modal bilgiler kullanılmıştır. Çalışmada hedef nümerik modelde hâkim yatay ilk x ve y yönü yatay modların mevcut yapıda alınan deneysel verilerden elde edilen ilk yatay modlarla tutarlılığının sağlanması olduğuna göre bazı yapılarda ilk modların burulma çıkması durumunda sonraki mod sıralarına bakarak değerlendirmemizi yapacağımız akıldan çıkarılmamalıdır. İleri kayan yanal modlarda özellikle verilere hiç dokunulmamış, nümerik model yorumunun bir sonraki kısımda verilen ilgili modal kütle katılım oranı tablosunda renklendirilmiş olan yanal mod sırasına göre değerlendirilmesi yapılmıştır.

Çalışılan mevcut yapının üstünde ölçülen davranışları aynı doğrulukta sonlu eleman modelinde elde edilebilmesi için deneysel ve analitik modellerin modal şekiller arası korelasyon teknikleriyle (örneğin; *MAC*, *COMAC* veya *ICOMAC*) değerlendirme yapılmış ölçülen hata matrisinin minimize edilme teknikleri nümerik modele uygulanarak model kalibrasyonları tamamlanmıştır. Türk Deprem Yönetmeliğinin (2007) 7.4.5, 7.4.6 ve 7.4.7 şartlarını sağlayan analitik model daha sonra hasar görebilirlik analizlerinde kullanılmıştır.



Şekil 11.3.1 Karamürsel-A Blok'dan elde edilen iki veri setine göre mod gerçekleştirme değerleri

Şekil 11.3.1'de Karamürsel-A Blok (Ahmet Levent –A Blok) apartmanından elde edilen iki veri setinin modal davranışıyla nümerik modelin davranışları arasında güncellemeden sonra hesaplanan mod gerçekleşme değerlerinin modlar arası etkilerini göz önüne alan dağılımı verilmiştir. Takip eden bölümde verilen Tablo 10.4.1'de nümerik model modal kütle katılım oranı --- %76 ile x yönünde yanal mod sergilerken, aynı anda %7'lik kütle katılım oranıyla biraz burulma almaktadır. 2. sırada %67 oranında modal kütle katılım ile burulma hâkim bir davranış içinde y yönünde %64'lük modal kütle katılım oranıyla kompleks yapı göstermektedir. 3. ve sonraki sıralarda yanal ve burulmadan oluşan kompleks davranışlar izlenmektedir. Çalışmamızda yapı karakteristik davranış sırası içinde açığa çıkan hâkim yanal modların tutarlılığının sağlanması analizler için yeterli olduğu için güncellenmiş sonlu eleman modelinin güvenilir olarak analizlerde kullanılabilme imkanı oluşmuştur.

#### 11.4 Modal Analiz Sonuçları

Yapı analizinde, günümüz hesap teknolojileri içinde kullanılan sonlu eleman analiz (SEA) paket programlarından SAP2000 (2011) yazılımı modal analizlerde kullanılmıştır. Analizi yapılacak yapının geometrik, malzeme, yük ve sınır şartlarının laboratuvar ve arazi raporlarından derlenen bilgiler ışığında modellenmesiyle güvenilir ve gerçeğe yakın yapı nümerik model modal davranışı elde edilmiştir. Yapının titreşim modlarının, modal frekanslarının ve mod şekil bilgilerinin çalıştığımız mevcut yapıyı temsil etme tutarlılığını yükseltmek için uygulanan güncellemeler sonucu kalibre edilmiş mühendislik parametreleriyle gerçeği olabilecek doğrulukta yansıtan ve modellemeden kaynaklanan hataları tartışma dışına çıkaran son nümerik model sonuçlarıyla, deneysel modal sonuçlarını kabul edilebilir seviyede ilk önemli hâkim modlar için örtüşüren güncellenmiş modelin modal frekansları ve modal kütle katılım oranları Tablo 12.4.1'de özetlenmiştir.

Tablo 11.4.1 Modal kütle katılım oranları

Modal Participating Mass Ratios										
OutputCase	StepType	StepNum	Period	Frequency	UX	UY	UZ	RX	RY	RZ
Text	Text	Unitless	Sec	Cyc/sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	1,112863	0,89858	0,76208	2,36E-05	6,13E-09	1,72E-05	0,53125	0,07684
MODAL	Mode	2	0,790134	1,2656	0,0161	0,64044	3,09E-05	0,57501	0,01232	0,67011
MODAL	Mode	3	0,78419	1,2752	0,05811	0,16477	8,32E-06	0,14889	0,04098	0,06428
MODAL	Mode	4	0,345122	2,8975	0,08666	3,12E-07	1,12E-08	3,92E-06	0,00517	0,00833
MODAL	Mode	5	0,242772	4,1191	0,00229	0,08913	0,00024	0,00207	0,00036	0,09308
MODAL	Mode	6	0,240822	4,1524	0,00819	0,02469	6,6E-05	0,00049	0,0002	0,00733
MODAL	Mode	7	0,191125	5,2322	0,03064	4,99E-06	3,56E-07	1,44E-07	0,00145	0,00279
MODAL	Mode	8	0,128391	7,7887	0,00386	0,00383	0,0002	0,00017	0,00096	0,03004
MODAL	Mode	9	0,127149	7,8648	0,00736	0,02544	0,00164	0,00113	0,00063	0,00286
MODAL	Mode	10	0,126627	7,8972	0,00847	0,01179	0,00073	0,00056	1,15E-05	0,00627
MODAL	Mode	11	0,10905	9,1701	2,68E-09	0,00069	0,57429	0,04787	0,17395	0,00031
MODAL	Mode	12	0,106787	9,3644	1,05E-06	2,53E-07	4,19E-06	7,72E-07	0,06232	0,0001

Önemli modların bulunduğu hücrelerin renklendirildiği Tablo 11.4.1'den görüleceği gibi yapı %76'lık modal kütle katılım oranıyla ilk mod olarak x yönünde yanal mod sergilerken, aynı anda %7'lik kütle katılım oranıyla biraz burulma almaktadır. 2. sırada %67 oranında modal kütle katılım ile burulma hâkim bir davranış içinde y yönünde %64'lük modal kütle katılım oranıyla kompleks yapı göstermektedir. 3. sırada %16'lık bir modal kütle katılım oranı y yönünde görülürken %5 ile x yönünde yanal ve %6 ile burulmadan oluşan kompleks bir davranış gerçekleşmektedir. 4. sırada %8 katılım ile x yönünde tam yanal mod görünmektedir. Sonrasında burulmalı y yönü yanal yaklaşık aynı modal kütle katılım oranı olan %9 ile gerçekleşirken, sırasıyla takip eden diğer modlar x, burulma ve y yönü modlar yaklaşık %3'lük modal kütle katılım ile görülmektedir.

## 11.5 Sonuç

Serbest titreşim yük şartlarında davranışları izlenen çalışma yapısı için oluşturulmuş olan nümerik model güncellenmiş son haliyle hedef hâkim yatay x ve y yönü modlarını mevcutta izlendiği gibi yeterli tutarlılık seviyesinde ilgili bileşen modunda sağlamıştır. Çalışmamızda hâkim yanal mod tutarlılığının sağlanması analizlerde yeterli olması nedeniyle güncellenmiş sonlu eleman modelinin güvenilir olarak analizlerde kullanılabilme imkanı oluşmuştur. Deprem öncesi yapısal şartlar ortadan göçme öncesine kayan bir hasar dağılımı sergileyen bu yapı modelinde mafsalların rijid eleman birleşim noktalarının geri çevrilmesiyle deprem öncesi hasarsız yapı elde edilmiştir.

## 12 Ahmet Levent Sitesi B Blok (karamursel\_b\_ambient\_20101110)

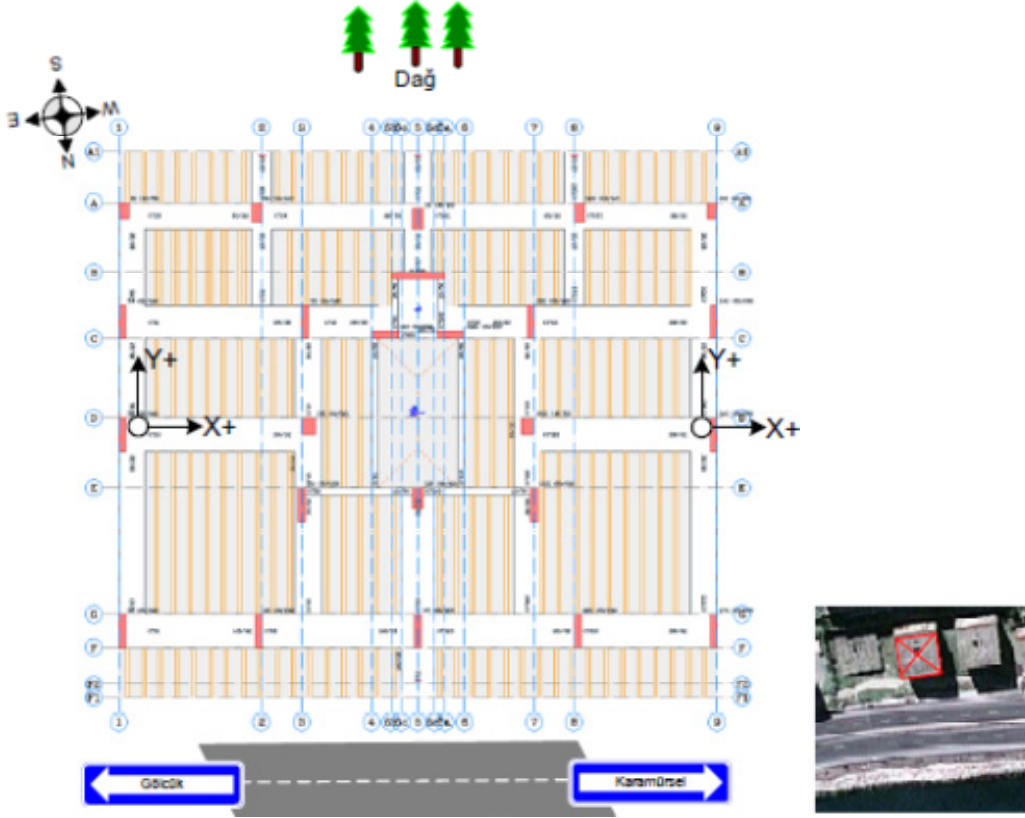
### 12.1 Bina Cihaz Yerleşim ve Yönelim Bilgisi

Karamürsel\_a\_blok ile tamamen aynı olan karamürsel\_b\_blok üzerinde a-bloktan farklı olan tek önemli ayrıntı duvarların belirli bir aşamaya kadar örülmüş olmasıdır. A blok için kurulan nümerik modelin b blok üzerinde alınan çevrel titreşim verileriyle çalışılarak aynı modelin (duvarsız) kullanılabilirliği bu safhada incelenerek mühendislik uygulaması içinde tercih edilen tek model ile diğer benzer blokları çalışmanın sonuçları görülmek istenmiştir. Bina üzerine kurulan ivme duyarlı ölçüm cihazlarının yapısal noktalar üstündeki konumu ve yönelimlerinin plandaki görünümü Şekil 12.1'de, üç bileşene sahip her bir ivme ölçer cihazın konum ve bileşen yönelimlerinin 3 boyutlu sonlu eleman yapı modeli üzerinde oluşturdukları gözlem-ölçüm ağı ise Şekil 12.2'de gösterilmiştir. Ayrıca Tablo 12.1'de yapı üzerinde kullanılan cihazların düşey yapısal noktalar üzerindeki dağılımı ve sonlu eleman modelde ilgili hesap düğüm noktaları parantez içinde verilmiştir.

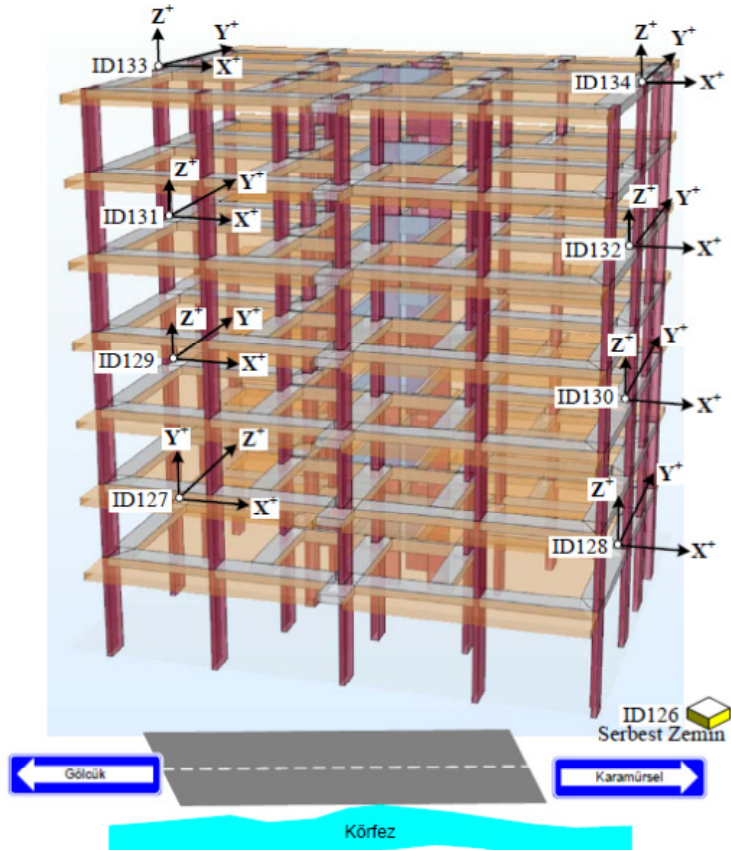
Tablo 12.1 Yapı cihaz dağılımı ve sonlu eleman modelde düğüm noktaları

Karamursel_b_amb_20101110		
Kat serbestlikleri	Ağ-kanat-1	Ağ-kanat-2
Çatı katı	id135(J326)	id136(J343)
6. Kat	cihaz yok	cihaz yok
5. Kat	id133(J255)	id134(J278)
4. Kat	cihaz yok	cihaz yok
3. Kat	id131(J204)	id132(J221)
2. Kat	id129(J175)	id130(J196)
1. Kat	id127(J18)	id128(J258)
Giriş kat	cihaz yok	cihaz yok
Serbest saha	id137	





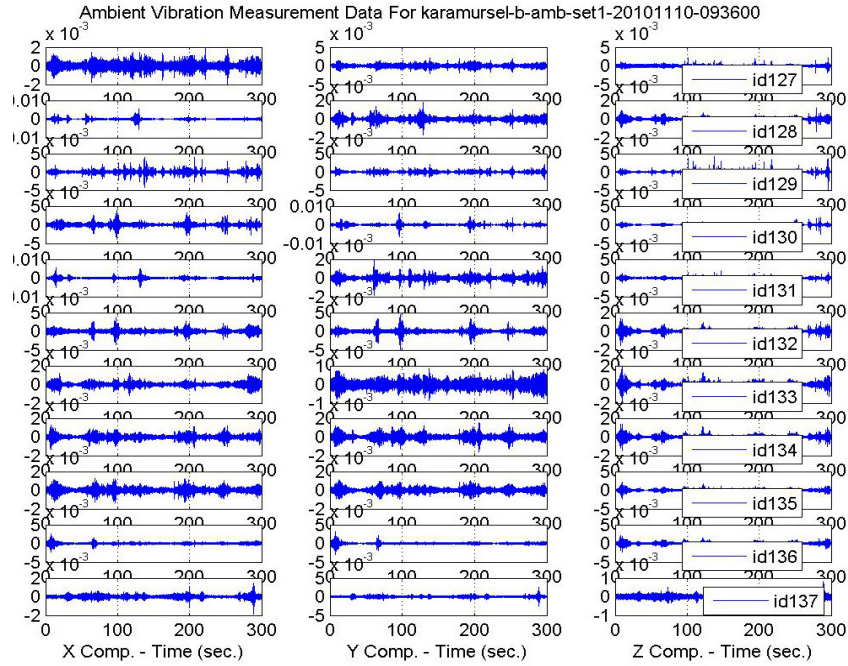
Şekil 12.1 Cihaz konumlarının ve yönelimlerinin planda görünüşü



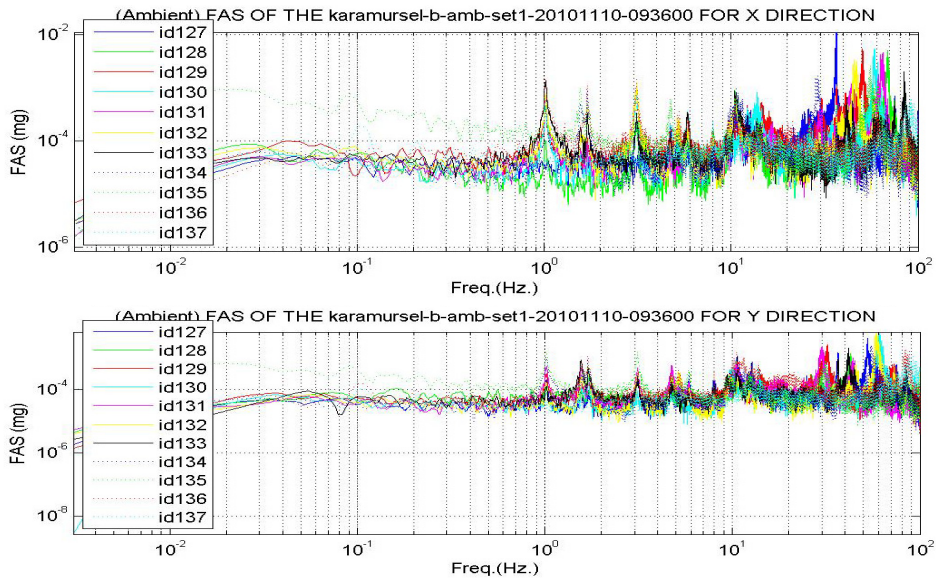
Şekil 12.2 Üç boyutlu sonlu eleman yapı modeli üzerinde kurulan ağı

## 12.2 Yapı Tanılama Sonuçları

Kocaeli, Gölcük-Haliderede bulunan binalar 17 Ağustos 1999 Kocaeli depremini hasarlı olarak atlattır. Çalışılan zaman diliminde alınan izinler çerçevesinde çevrel titreşim ölçümleri yapılmıştır. Ayrıca yapı civarında alınan açık saha mikro-titreşimleri (microtremors) yerel zemin şartlarında yapıya giren titreşim kaynağını oluşturan yerel etkenler olarak kaydedilmiştir. Yapı üzerinde ve açık sahadan elde edilen titreşim sinyallerinin zaman tanım alanındaki hikeyeleri Şekil 12.2.1'de, frekans tanım alanında çizilmiş olan yapı davranışının frekans muhteviyatı ise Şekil 12.2.2'de girdi-çıkı ilişkilerini yansıtan transfer fonksiyonlar ise Şekil 12.2.3'de x ve y yönleri için verilmiştir.



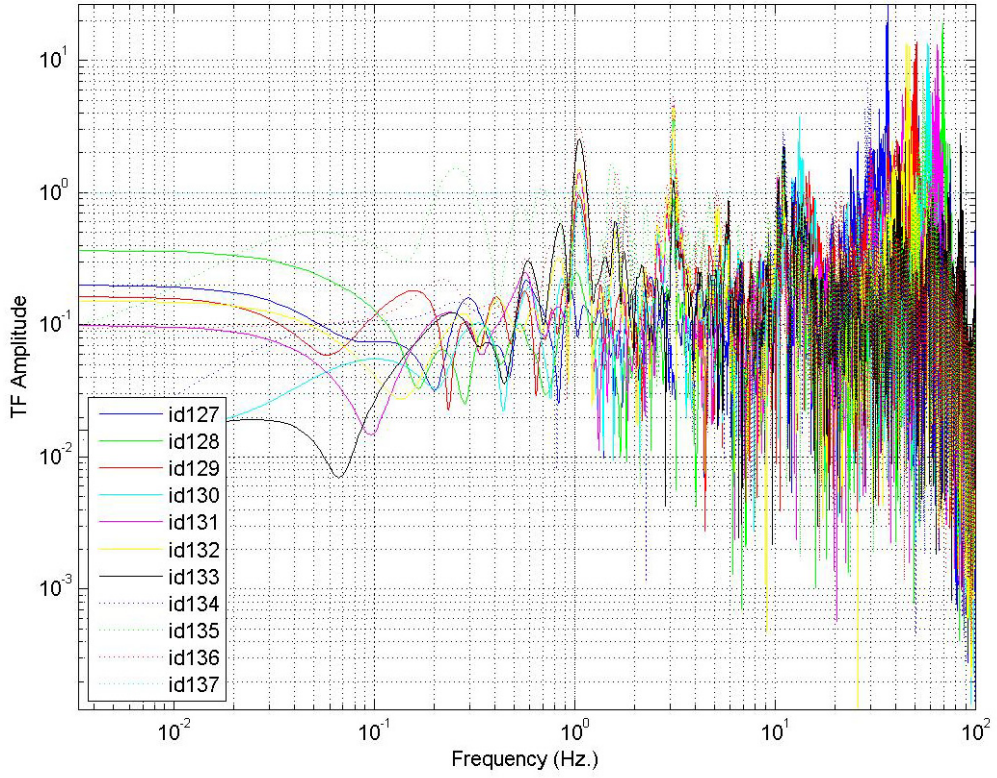
Şekil 12.2.1 Karamürsel B Blok binası çevrel titreşimlerin neden olduğu üç bileşende izlenen yapısal titreşimler



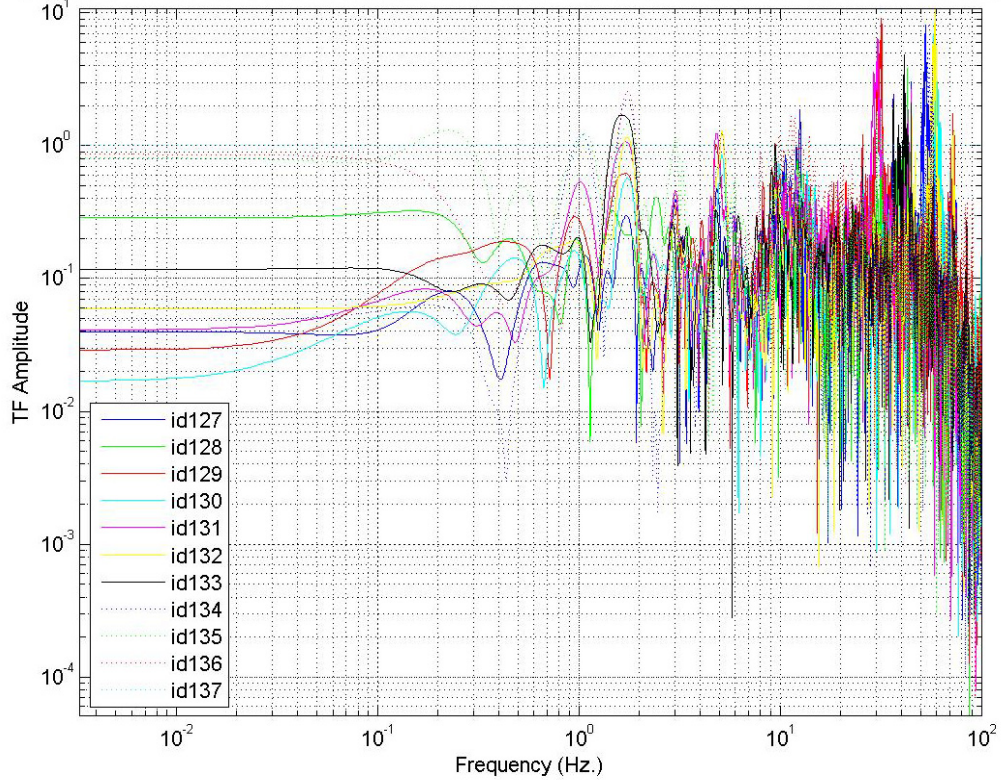
Şekil 12.2.2 Yapısal davranışın x ve y yönündeki frekans muhteviyatı



(Ambient) TFs bw The Structural Points and The Ground For karamursel-b-amb-set1-20101110-093600 FOR X



(Ambient) TFs bw The Structural Points and The Ground For karamursel-b-amb-set1-20101110-093600 For Y



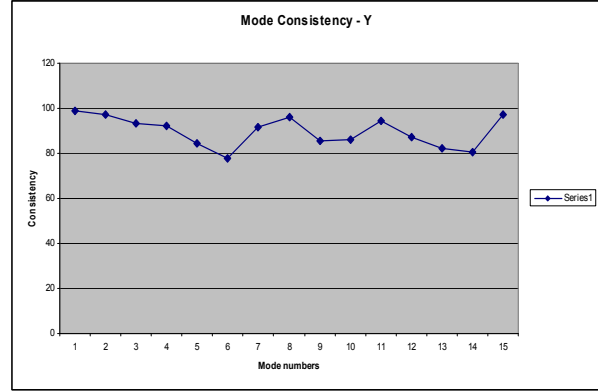
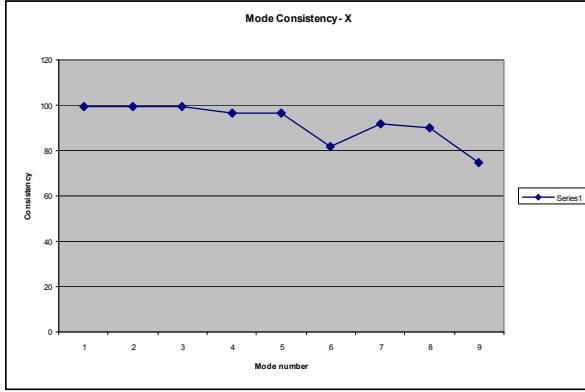
Şekil 12.2.3 Yapısal sistemde meydana gelen girdi ve yapısal tepki çıktıları arasındaki ilişkileri veren transfer fonksiyonları, üstte x yönü için alıta y yönü için

Tablo 12.2a x bileşeni için modal tutarlılık değerleri

Candidate Modes	mode2	mode4	mode5	mode6	mode8	mode9	mode12	mode13	mode15
Real Modes	mode1		mode2	mode3					mode4
Modal_Freq	1,021403	1,704613	3,110701	4,742603	5,849454	9,381773	10,55146	10,73959	12,63631
consist_mod_indicator_X	99,58829	99,28708	99,37664	96,53195	96,60373	81,73354	91,77657	90,22337	74,92534
modal_Hist_predict_indicator_X	99,99982	99,99933	99,99949	99,97416	99,98967	99,95557	99,99253	99,99617	99,99887
norm_mod_singular_value_X	46,40836	24,20056	43,85356	17,3368	18,07595	12,07384	26,72407	25,97409	19,79687
Eigen values in Z-Domain_X	0,999188	0,998117	0,994478	0,987366	0,980799	0,951843	0,943027	0,939514	0,919872

Tablo 12.2b y bileşeni için modal tutarlılık değerleri

Real Modes	mode1	mode2	Mode3						
Candidate Modes	mode4	mode7	mode9	mode10	mode19	mode35	mode40	mode43	mode45
Modal_Freq	1,561679	4,746003	5,840476	7,988371	12,15121	27,75621	29,84586	30,60709	31,68642
consist_mod_indicator_Y	98,95412	97,11751	93,23297	91,99253	84,64146	77,77596	91,57444	96,37428	85,28235
modal_Hist_predict_indicator_Y	99,99865	99,98692	99,93543	99,93788	99,98043	99,97305	99,98899	99,99545	99,97894
norm_mod_singular_value_Y	34,2056	24,44054	14,55643	9,732515	25,18486	19,02778	36,9768	36,47392	26,53455
Eigen values in Z-Domain_Y	0,99824	0,987501	0,980712	0,965587	0,924017	0,638269	0,586878	0,568668	0,540149



Şekil 12.2.4 x ve y bileşenleri için modal tutarlılık oranlarının aday modlara göre dağılımı

Yapı tanı çalışması sonucu elde edilen yapı karakteristiğini yansıtan aday modların Tablo 12.2'de verilen tutarlılık oran indeks değerleri referans alınmış ve bu yaklaşım içinde Şekil 12.2.4'de tutarlılık değer sınımlarında görüleceği gibi yaklaşık %75-%80 ve üstünü sağlayan mod tutarlılığını (mode consistency) sağlayan ve doğru mod şekillerini veren modlar tanılama için değerlendirmeye alınmıştır. Ayrıca deneysel çalışma sonuçları incelendiğinde kayda giren bir çok lokal etkenin (hasarlı eleman vs.) yanısıra yüksek sensör hasaslığının sunduğu global yapısal davranışa katkı vermeyen gürültü olarak nitelendirebileceğimiz modlar da ayıklamaya tabi tutulmuşlardır. Gerçek yapısal modlar kullanılan cihaz sayısı ve serilim özelliklerinin sınırları içinde seçilmiş ve Tablo12.2'de gösterildiği gibi renklendirilmiştir. Tablo 12.3 ve 12.4'de sırasıyla x ve y yönü için tutarlılık oranı en yüksek değerler alan gerçek modlar belirlenmiştir.

Tablo 12.3 Yapısal modlar ve modal deplasmanlar x yönü için

Ağ-Kanat-1										
Candidate Modes	mode2	mode4	mode5	mode6	mode8	mode9	mode12	mode15	mode17	mode19
Real Modes	mode1		mode2	mode3				mode4		
Modal Freq	1,021403	1,704613	3,110701	4,742603	5,849454	9,381773	10,55146	12,63631	13,70801	14,52599
id127	0,0175	0,054594	0,006634	0,094389	0,162979	1	0,652395	1	0,273772	0,334271
id129	-0,30652	-0,09477	0,664748	-0,30617	0,91177	0,597901	0,071395	-0,57729	0,355384	-0,76584
id131	-0,4796	-0,08503	0,850812	0,093361	0,475299	0,235848	-0,7568	0,162251	-0,34844	0,862046
id133	-0,87584	-0,31757	0,227564	0,21938	-0,98745	0,785816	0,830049	-0,3979	-1	0,457203
id135	-0,28615	0,487899	-0,34469	-1	-0,12934	0,92772	0,777848	-0,13244	-0,33929	-0,19351
Ağ-Kanat-2										
Candidate Modes	mode2	mode4	mode5	mode6	mode8	mode9	mode12	mode15	mode17	mode19
Real Modes	mode1		mode2	mode3				mode4		
Modal Freq	1,021403	1,704613	3,110701	4,742603	5,849454	9,381773	10,55146	12,63631	13,70801	14,52599
id128	-0,06745	-0,03645	0,169696	-0,14357	0,357072	0,114317	1	0,680486	0,184448	0,386854
id130	-0,30662	0,049717	0,678062	-0,32435	1	0,934439	0,060652	-0,40395	-0,33094	-1
id132	-0,51115	0,357393	0,853239	-0,17788	0,482927	-0,17893	-0,7261	0,173367	0,134828	0,724223
id134	-0,25453	-0,77826	0,167598	0,303593	-0,27433	-0,72274	0,448461	-0,66733	-0,84808	0,213209
id136	-1	1	-1	-0,10696	0,713674	-0,40257	0,292928	-0,1428	0,262759	0,137271

Tablo 12.4 Yapısal modlar ve modal deplasmanlar y yönü için

Ağ-Kanat-1										
Candidate Modes	mode3	mode4	mode6	mode7	mode8	mode9	mode10	mode11	mode14	mode19
Real Modes		mode1		mode2		mode3				
Modal Freq	1,022962	1,561679	3,111746	4,746003	5,226729	5,840476	7,988371	9,375665	10,80669	12,15121
id127	0,129038	0,09758	0,276132	0,405425	0,120997	0,400676	1	0,23602	0,483161	1
id129	0,19875	0,302666	0,255901	0,804176	0,300261	-0,08749	0,54068	0,988278	-0,63743	0,202512
id131	0,34032	0,578106	0,309133		0,265542	-0,3946	-0,19186	0,678793	-0,29377	-0,18512
id133	0,076264	1	-0,16579	0,307148	-0,08426	-0,16221	-0,61171	-1	0,373703	0,324884
id135		0,608958	-1	-0,53649	-0,28809	1	-0,28594	0,819386	-0,07595	-0,30202
Ağ-Kanat-2										
Candidate Modes	mode3	mode4	mode6	mode7	mode8	mode9	mode10	mode11	mode14	mode19
Real Modes		mode1		mode2		mode3				
Modal Freq	1,022962	1,561679	3,111746	4,746003	5,226729	5,840476	7,988371	9,375665	10,80669	12,15121
id128	-0,08039	0,025993	-0,15778	-0,18577	0,101039	-0,32502	-0,64216	-0,03611	-0,63206	-0,7745
id130	-0,03922	-0,125	-0,04977	-0,27104	0,632237	-0,01929	-0,19889	-0,35987	0,294172	-0,24395
id132	0,098256	-0,3114	0,238511	-0,44772	0,963636	0,22812	-0,34856	-0,35966	0,188414	0,214408
id134	-0,71644	-0,27177	-0,18669	0,168984	0,411911	0,627777	-0,34781	0,175058		-10,527863
id136	0,208484	-0,84207	-0,26567	0,519577	-1	-0,04408	-0,52041	-0,24615	0,412634	0,170145

### 12.3 Sonlu Eleman Model Güncellenmesi

Önceki bölümde Karamürsel-A blok ile ilgili yapılan çalışmada mod gerçekleşme değerleri karakteristik modal davranış sırası içinde tutarlı çıkmış idi. Bu bölümde B blok sonuçları sadece verilmiş yürütülen çalışmada benzer mod gerçekleşme kriterleri tutturulmuştur.

## 12.4 Modal Analiz Sonuçları

Yapı analizinde, günümüz hesap teknolojileri içinde kullanılan sonlu eleman analiz (SEA) paket programlarından SAP2000 (2011) yazılımı modal analizlerde kullanılmıştır. Analizi yapılacak yapının geometrik, malzeme, yük ve sınır şartlarının laboratuvar ve arazi raporlarından derlenen bilgiler ışığında modellenmesiyle güvenilir ve gerçeğe yakın yapı nümerik modal davranışı elde edilmiştir. Yapının titreşim modlarının, modal frekanslarının ve mod şekil bilgilerinin çalıştığımız mevcut yapıyı temsil etme tutarlılığını yükseltmek için uygulanan güncellemeler sonucu kalibre edilmiş mühendislik parametreleriyle gerçeği olabilecek doğrulukta yansıtan ve modellemeden kaynaklanan hataları tartışma dışına çıkaran son nümerik modal sonuçlarıyla, deneysel modal sonuçlarını kabul edilebilir seviyede ilk önemli hâkim modlar için örtüşüren güncellenmiş modelin modal frekansları ve modal kütle katılım oranları Tablo 12.5'de özetlenmiştir.

Tablo 12.4.1 Modal kütle katılım oranları

Modal Participating Mass Ratios										
OutputCase	StepType	StepNum	Period	Frequency	UX	UY	UZ	RX	RY	RZ
Text	Text	Unitless	Sec	Cyc/sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	1,112863	0,89858	0,76208	2,36E-05	6,13E-09	1,72E-05	0,53125	0,07684
MODAL	Mode	2	0,790134	1,2656	0,0161	0,64044	3,09E-05	0,57501	0,01232	0,67011
MODAL	Mode	3	0,78419	1,2752	0,05811	0,16477	8,32E-06	0,14889	0,04098	0,06428
MODAL	Mode	4	0,345122	2,8975	0,08666	3,12E-07	1,12E-08	3,92E-06	0,00517	0,00833
MODAL	Mode	5	0,242772	4,1191	0,00229	0,08913	0,00024	0,00207	0,00036	0,09308
MODAL	Mode	6	0,240822	4,1524	0,00819	0,02469	6,6E-05	0,00049	0,0002	0,00733
MODAL	Mode	7	0,191125	5,2322	0,03064	4,99E-06	3,56E-07	1,44E-07	0,00145	0,00279
MODAL	Mode	8	0,128391	7,7887	0,00386	0,00383	0,0002	0,00017	0,00096	0,03004
MODAL	Mode	9	0,127149	7,8648	0,00736	0,02544	0,00164	0,00113	0,00063	0,00286
MODAL	Mode	10	0,126627	7,8972	0,00847	0,01179	0,00073	0,00056	1,15E-05	0,00627
MODAL	Mode	11	0,10905	9,1701	2,68E-09	0,00069	0,57429	0,04787	0,17395	0,00031
MODAL	Mode	12	0,106787	9,3644	1,05E-06	2,53E-07	4,19E-06	7,72E-07	0,06232	0,0001

Önemli modların bulunduğu hücrelerin renklendirildiği Tablo 12.4.1'den görüleceği gibi yapı %76'lık modal kütle katılım oranıyla ilk mod olarak x yönünde yanal mod sergilerken, aynı anda %7'lik kütle katılım oranıyla biraz burulma almaktadır. 2. sırada %67 oranında modal kütle katılım ile burulma hâkim bir davranış içinde y yönünde %64'lük modal kütle katılım oranıyla kompleks yapı göstermektedir. 3. sırada %16'lık bir modal kütle katılım oranı y yönünde görülürken %5 ile x yönünde yanal ve %6 ile burulmadan oluşan kompleks bir davranış gerçekleşmektedir. 4. sırada %8 katılım ile x yönünde tam yanal mod görünmektedir. Sonrasında burulmalı y yönü yanal yaklaşık aynı modal kütle katılım oranı olan %9 ile gerçekleşirken, sırasıyla takip eden diğer modlar x, burulma ve y yönü modlar yaklaşık %3'lük modal kütle katılım ile görünmektedir.

## 12.5 Sonuç

Serbest titreşim yük şartlarında davranışları izlenen çalışma yapısı için oluşturulmuş olan nümerik modal güncellenmiş son haliyle hedef hâkim yatay x ve y yönü modlarını mevcutta izlendiği gibi Karamürsel-A blok'da gözlenen tutarlılık Karamürsel\_B blok'da sağlamıştır. Çalışmamızda hâkim yanal mod tutarlılığının sağlanması analizlerde yeterli olması nedeniyle güncellenmiş sonlu eleman modelinin güvenilir olarak analizlerde kullanılabilme imkanı oluşmuştur. Deprem öncesi yapısal şartlar ortadan göçme öncesine kayan bir hasar dağılımı sergileyen bu yapı modelinde mafsalların rijid eleman birleşim noktalarının geri çevrilmesiyle deprem öncesi hasarsız yapı elde edilmiştir.



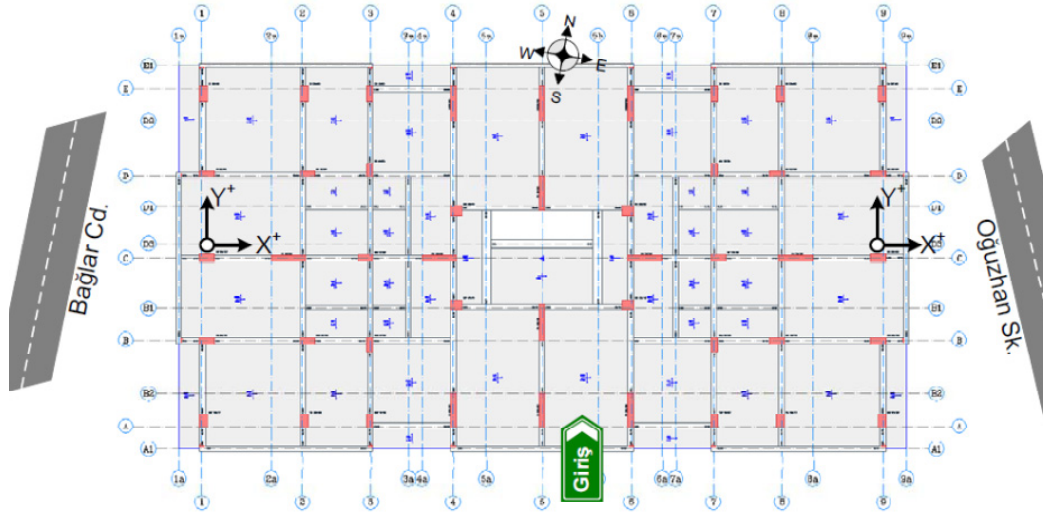
## 13 Kardeşler Apartmanı B Blok (kardes\_adap\_amb\_20101109)

### 13.1 Bina Cihaz Yerleşim ve Yönelim Bilgisi

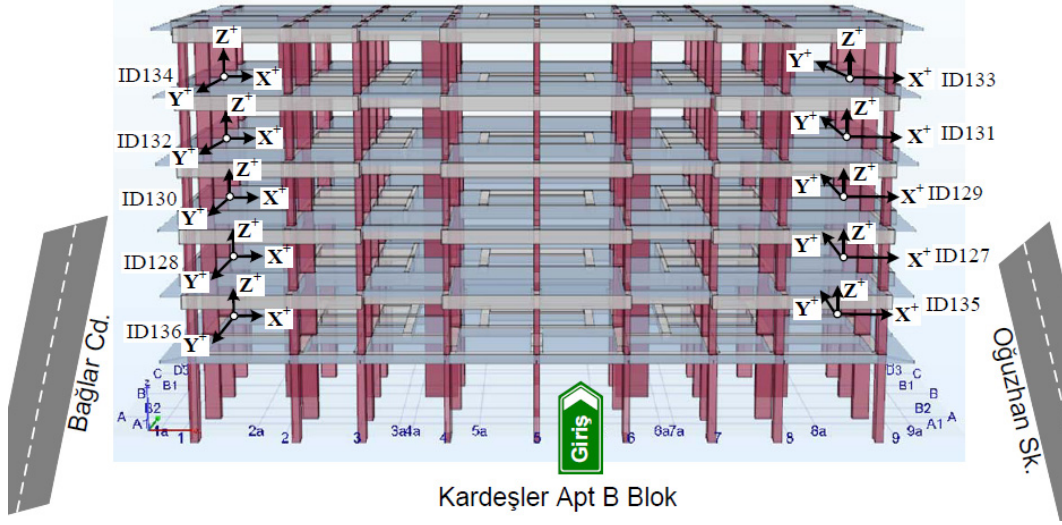
Bina üzerine kurulan ivme duyarlı ölçüm cihazlarının yapısal noktalar üstündeki konumu ve yönelimlerinin plandaki görünümü Şekil 13.1'de, üç bileşene sahip her bir ivme ölçer cihazın konum ve bileşen yönelimlerinin 3 boyutlu sonlu eleman yapı modeli üzerinde oluşturdukları gözlem-ölçüm ağı ise Şekil 13.2'de gösterilmiştir. Ayrıca Tablo 13.1'de yapı üzerinde kullanılan cihazların düşey yapısal noktalar üzerindeki dağılımı ve sonlu eleman modelde ilgili hesap düğüm noktaları parantez içinde verilmiştir.

Tablo 13.1 Yapı cihaz dağılımı ve sonlu eleman modelde düğüm noktaları

Kardeş adap amb 20101109		
Kat	Ağ-kanat-1	Ağ-kanat-2
Çatı katı	cihaz yok	cihaz yok
5. Kat	id133(J491)	id134(J494)
4. Kat	id131(J379)	id132(J382)
3. Kat	id129(J267)	id130(J270)
2. Kat	id127(J155)	id128(J158)
1. Kat	id135(J29)	id136(J35)
Giriş kat	cihaz yok	cihaz yok
Serbest saha	id137	



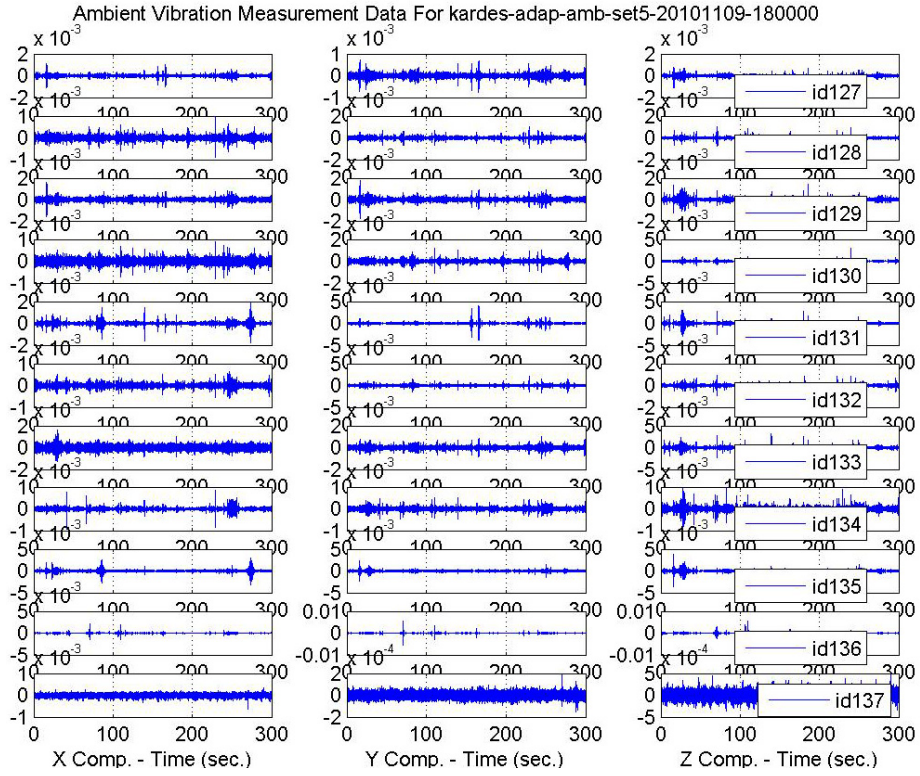
Şekil 13.1 Cihaz konumlarının ve yönelimlerinin planda görünüşü



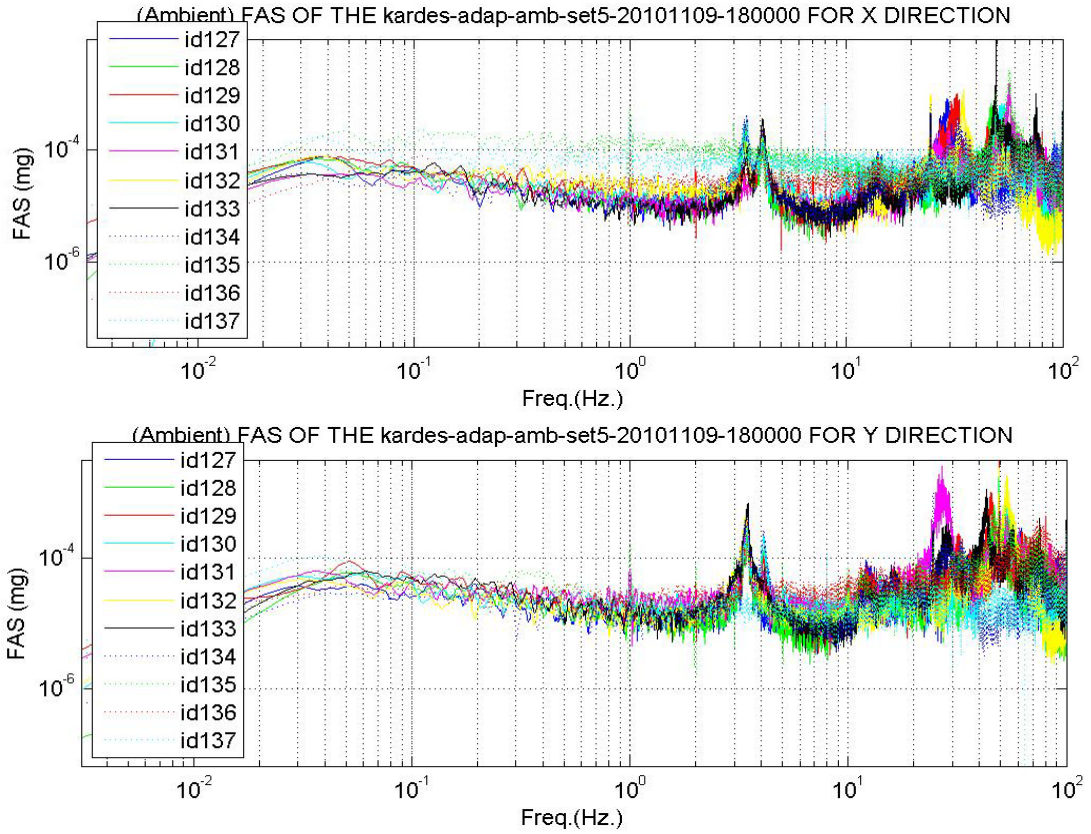
Şekil 13.2 Üç boyutlu sonlu eleman yapı modeli üzerinde kurulan ağ

### 13.2 Yapı Tanılama Sonuçları

Sakarya ili, Serdivan ilçe merkezinde bulunan Kardeşler apartmanı 17 Ağustos 1999 Kocaeli depremini hasarsız atlattır. Çalışılan zaman diliminde alınan izinler çerçevesinde çevrel titreşim ölçümleri yapılmıştır. Ayrıca yapı civarında alınan açık saha mikro-titreşimleri (microtremors) yerel zemin şartlarında yapıya giren titreşim kaynağını oluşturan yerel etkenler olarak kaydedilmiştir. Yapı üzerinde ve açık sahadan elde edilen titreşim sinyallerinin zaman tanım alanındaki hikeyeleri Şekil 13.2.1'de, frekans tanım alanında çizilmiş olan yapı davranışının frekans muhteviyatı ise Şekil 13.2.2'de girdi-çıkı ilişkilerini yansıttak transfer fonksiyonlar ise Şekil 13.2.3'de x ve y yönleri için verilmiştir.



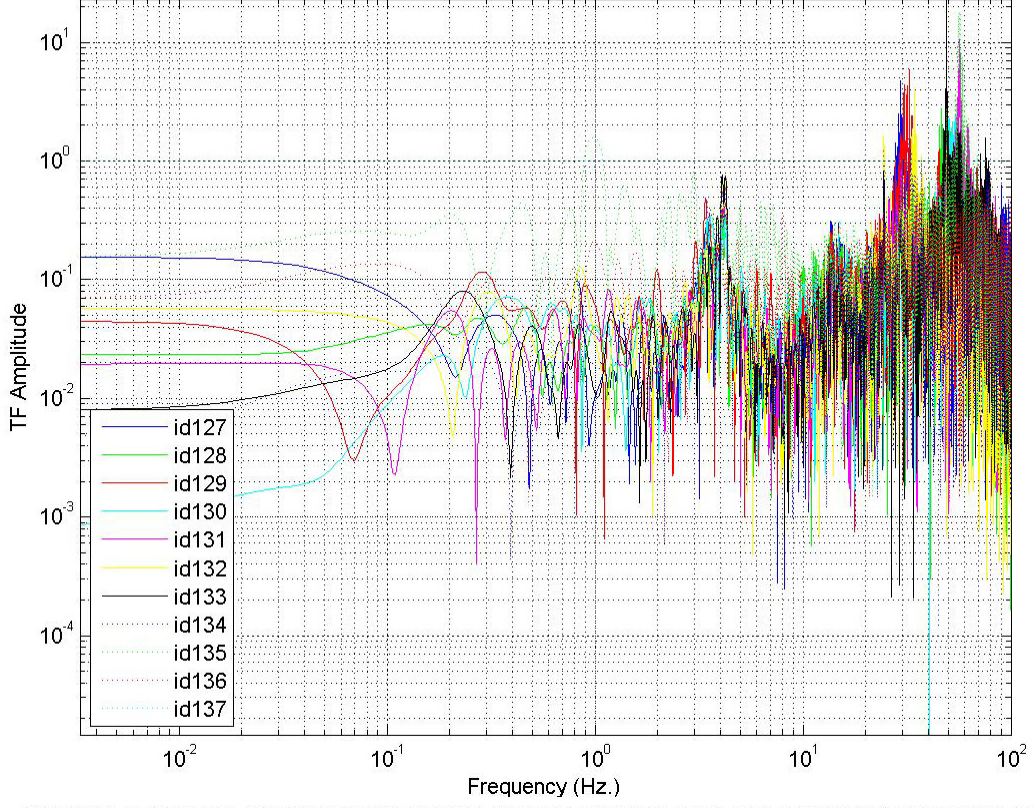
Şekil 13.2.1 Kardeşler apartmanı çevrel titreşimlerin neden olduğu üç bileşende izlenen yapısal titreşimler.



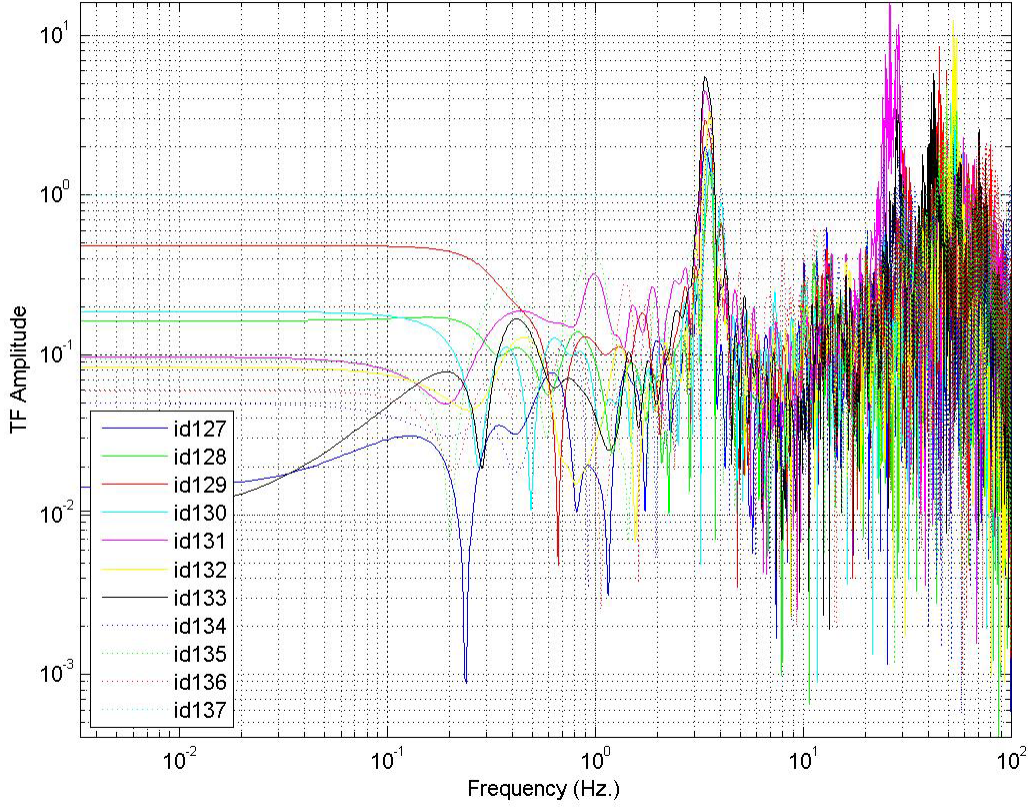
Şekil 13.2.2 Yapısal davranışın x ve y yönündeki frekans muhteviyatı



(Ambient) TFs bw The Structural Points and The Ground For kardes-adap-amb-set5-20101109-180000 FOR X



(Ambient) TFs bw The Structural Points and The Ground For kardes-adap-amb-set5-20101109-180000 For Y



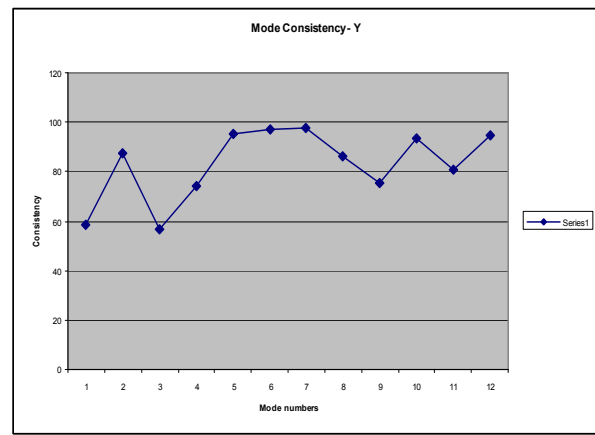
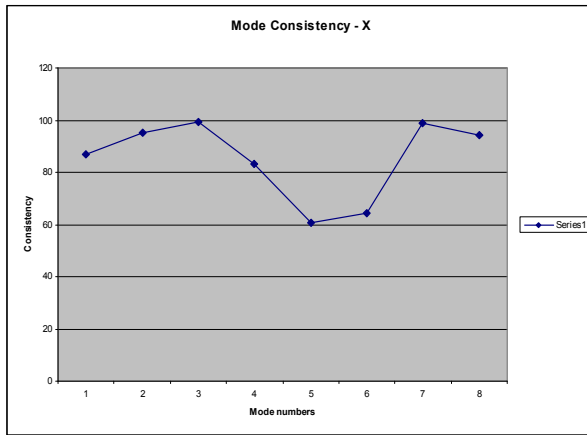
Şekil 13.2.3 Yapısal sistemde meydana gelen girdi ve yapısal tepki çıktıları arasındaki ilişkileri veren transfer fonksiyonları, üstte x yönü için altta y yönü için

Tablo 13.2a x bileşeni için modal tutarlılık değerleri

Candidate Modes	mode2	mode3	mode4	mode5	mode6	mode7	mode8	mode9	mode10
Real modes		mode1				mode2			mode3
Modal_Freq	0,996708	3,005709	3,452745	4,114438	4,989135	6,004852	7,021754	8,018705	10,00026
consist_mod_indicator_X	64,98351	86,88347	95,21108	99,25802	83,17338	60,72909	64,25503	98,95852	94,27647
modal_Hist_predict_indicator_X	99,9994	99,9287	99,98247	99,9994	99,92666	99,98931	99,96844	99,99877	99,99535
norm_mod_singular_value_X	37,62706	25,49718	35,66114	59,57949	8,73113	17,40857	15,60119	32,26831	15,29883
Eigen values in Z-Domain_X	0,99469	0,987579	0,993324	0,989448	0,981836	0,976777	0,97111	0,964487	0,947782

Tablo 13.2b y bileşeni için modal tutarlılık değerleri

Candidate Modes	mode1	mode2	mode3	mode4	mode5	mode6	mode7	mode8	mode9	mode10
Real Modes					mode1				mode2	
Modal_Freq	0,151216	0,995563	2,02525	3,015059	3,368998	3,452646	4,098889	5,00019	11,33081	24,18495
consist_mod_indicator_Y	58,42608	87,73296	56,66161	74,38192	95,03781	97,27403	97,87711	86,33229	75,6622	93,18043
modal_Hist_predict_indicator_Y	99,99653	99,99668	99,96306	99,98967	99,99872	99,99557	99,99521	99,99705	99,99398	99,97909
norm_mod_singular_value_Y	8,11152	6,939802	4,8912	5,576245	19,17413	31,74401	14,44048	7,00289	15,82783	13,85095
Eigen values in Z-Domain_Y	0,995284	0,996022	0,993528	0,993486	0,99315	0,993364	0,990235	0,98463	0,932308	0,719795



Şekil 13.2.4 x ve y bileşenleri için modal tutarlılık oranlarının aday modlara göre dağılımı

Yapı tanı çalışması sonucu elde edilen yapı karakteristiğini yansıtan aday modların Tablo 13.2'de verilen tutarlılık oran indeks değerleri referans alınmış ve bu yaklaşım içinde Şekil 13.2.4'de tutarlılık değer salınımlarında görüleceği gibi yaklaşık %60-%80 ve üstünü sağlayan mod tutarlılığının (mode consistency) yanısıra doğru mod şekillerini veren modlar tanılama için değerlendirmeye alınmıştır. Yapının planda büyük ve perde elemanlarla rijid davranış gösteren dinamik davranış karakteristiği daha çok sayıda cihazdan oluşan izleme ağ şartlarında zorlama kuvvetler altında tanılama çalışmalarını gerektirmekle beraber ilk birkaç modun elde edilmesi yeterli bulunmuştur. Ayrıca deneysel çalışma sonuçları incelendiğinde kayda giren bir çok lokal etkenin yanısıra yüksek sensör hasaslığının sunduğu global yapısal davranışa katkı vermeyen gürültü olarak nitelendirebileceğimiz modlar da ayıklamaya tabi tutulmuşlardır. Gerçek yapısal modlar kullanılan cihaz sayısı ve serilim özelliklerinin sınırları içinde seçilmiş ve Tablo13.2'de gösterildiği gibi renklendirilmiştir. Tablo 13.3 ve 13.4'de sırasıyla x ve y yönü için tutarlılık oranı en yüksek değerler alan gerçek modlar belirlenmiştir.

Tablo 13.3 Yapısal modlar ve modal deplasmanlar x yönü için

Ağ-Kanat-1									
Candidate Modes	mode2	mode3	mode4	mode5	mode6	mode7	mode8	mode9	mode10
Real Modes		mode1				mode2			
Modal Freq	0,996708	3,005709	3,452745	4,114438	4,989135	6,004852	7,021754	8,018705	10,00026
id135	-1	1	0,032252	0,320275	-1	-0,37327	0,909869	0,032535	0,063372
id127	0,004773	0,074883	0,459905	0,455555	0,077594	0,027942	0,03984	0,013042	0,196195
id129	-0,0446	0,120127	0,875014	0,561274	-0,33436	0,21843	0,336877	0,029506	0,174062
id131	-0,02556	0,049661	0,040128	0,868403	0,013432	-0,01567	0,069461	-0,00558	-0,01042
id133	0,011408	0,028982	-0,25437	1	0,046456	-0,02346	0,058668	-0,0065	0,050401
Ağ-Kanat-2									
Candidate Modes	mode2	mode3	mode4	mode5	mode6	mode7	mode8	mode9	mode10
Real Modes		mode1				mode2			
Modal Freq	0,996708	3,005709	3,452745	4,114438	4,989135	6,004852	7,021754	8,018705	10,00026
id136	-0,54782	-0,32732	-0,02231	-0,02343	-0,50613	1	-1	1	-0,10696
id128	0,026394	0,035574	0,623513	0,34192	-0,04288	-0,00665	0,031353	0,006245	1
id130	0,018875	0,033951	-0,83931	0,461429	-0,11763	-0,03097	-0,02526	-0,01638	-0,75176
id132	0,015055	0,049772	0,377421	0,893908	-0,02806	0,014701	0,091565	-0,00926	0,116537
id134	-0,02531	0,039246	-1	0,749023	0,029938	0,015724	0,024983	-0,01351	0,171951

Tablo 13.4 Yapısal modlar ve modal deplasmanlar y yönü için

Ağ-Kanat-1										
Candidate Modes	mode1	mode2	mode3	mode4	mode5	mode6	mode7	mode8	mode9	mode10
Real modes										
Modal Freq	0,151216214	0,995563	2,02525	3,015059	3,368998	3,452646	4,098889	5,00019	11,33081	24,18495
id135	0,34385392	-1	-1	-1	0,335066	0,337239	0,04131	-1	0,521236	0,061451
id127	0,57997799	0,110097	0,123466	0,071587	0,355368	0,368179	0,02488	0,137827	0,367009	0,028957
id129	-0,47644129	-0,12085	-0,39772	0,10271	0,505846	0,56106	-0,37222	-0,49586	0,243871	0,004962
id131	-0,82334839	-0,43352	-0,37184	-0,20845	0,787387	0,821277	-0,18274	-0,2471	-0,12462	1
id133	0,68544611	-0,08185	0,033928	0,175305	1	1	0,192848	0,049529	-0,47409	0,064244
Ağ-Kanat-1										
Candidate Modes	mode1	mode2	mode3	mode4	mode5	mode6	mode7	mode8	mode9	mode10
Real modes										
Modal Freq	0,151216214	0,995563	2,02525	3,015059	3,368998	3,452646	4,098889	5,00019	11,33081	24,18495
id136	0,182081331	-0,08023	0,19361	0,063747	0,27684	-0,20913	-0,2294	-0,32248	-1	0,039696
id128	-1	-0,0617	-0,09129	-0,05222	0,369324	-0,30338	0,460159	-0,0445	-0,83095	0,01075
id130	-0,78767802	0,07712	-0,19652	-0,10931	0,530175	-0,39677	-0,80492	0,158194	-0,54922	-0,01763
id132	0,231555906	0,019188	-0,00943	-0,08213	0,935341	-0,71152	0,020353	0,071267	-0,11589	-0,0156
id134	-0,31124508	-0,07462	0,096709	-0,11249	0,810205	-0,61198	-1	0,135402	0,41596	-0,06436

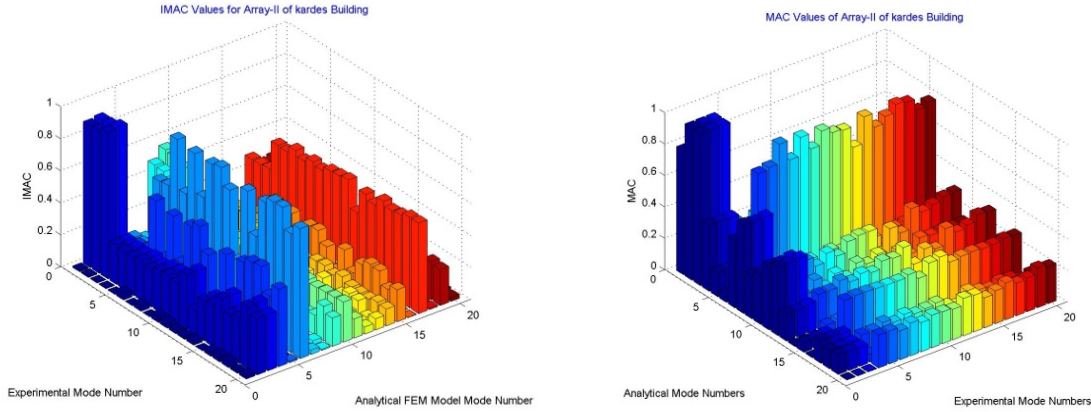
### 13.3 Sonlu Eleman Model Güncellenmesi

Serbest titreşim veya zorlama altında tek dinamik yük ve/veya toplam dinamik yük şartlarında davranışları izlenen çalışma yapısı için oluşturulmuş olan nümerik modellerin benzeşim çalışmaları içinde model kalibrasyonlarında yapıdan elde edilen karakteristik modal bilgiler kullanılmıştır. Çalışmada hedef nümerik modelde hâkim yatay ilk x ve y yönü yatay modların mevcut yapıda alınan deneysel verilerden elde edilen ilk yatay modlarla tutarlılığının sağlanması olduğuna göre bazı yapılarda ilk modların burulma çıkması durumunda sonraki mod sıralarına bakarak değerlendirmemizi yapacağımız akıldan çıkarılmamalıdır. İleri kayan yanal modlarda özellikle verilere hiç dokunulmamış,



nümerik model yorumunun bir sonraki kısımda verilen ilgili modal kütle katılım oranı tablosunda renklendirilmiş olan yanal mod sırasına göre değerlendirilmesi yapılmıştır.

Çalışılan mevcut yapının üstünde ölçülen davranışları aynı doğrulukta sonlu eleman modelinde elde edilebilmesi için deneysel ve analitik modellerin modal şekiller arası korelasyon teknikleriyle (örneğin; *MAC*, *COMAC* veya *ICOMAC*) değerlendirme yapılmış ölçülen hata matrisinin minimize edilme teknikleri nümerik modele uygulanarak model kalibrasyonları tamamlanmıştır. Türk Deprem Yönetmeliğinin (2007) 7.4.5, 7.4.6 ve 7.4.7 şartlarını sağlayan analitik model daha sonra hasar görebilirlik analizlerinde kullanılmıştır.



Şekil 13.3.1 Kardeşler apartmanından elde edilen iki veri setine göre mod gerçekleşme değerleri

Şekil 13.3.1'de Kardeşler apartmanından elde edilen iki veri setinin modal davranışıyla nümerik modelin davranışları arasında güncellemeden sonra hesaplanan mod gerçekleşme değerlerinin modlar arası etkilerini göz önüne alan dağılımı verilmiştir. Takip eden bölümde verilen Tablo 13.4.1'de nümerik model modal kütle katılım oranı olarak ilk hâkim modun %75 ile tam burulma vermesi diğer yanal modlarında tam yanal mod vermesi ilk hâkim modların net çıkmasını etki-ilişki dağılımında sağlamıştır. Çalışmamızda yapı karakteristik davranış sırası içinde açığa çıkan hâkim yanal modların tutarlılığının sağlanması analizler için yeterli olduğu için güncellenmiş sonlu eleman modelinin güvenilir olarak analizlerde kullanılabilme imkanı oluşmuştur.

### 13.4 Modal Analiz Sonuçları

Yapı analizinde, günümüz hesap teknolojileri içinde kullanılan sonlu eleman analiz (SEA) paket programlarından SAP2000 (2011) yazılımı modal analizlerde kullanılmıştır. Analizi yapılacak yapının geometrik, malzeme, yük ve sınır şartlarının laboratuvar ve arazi raporlarından derlenen bilgiler ışığında modellenmesiyle güvenilir ve gerçeğe yakın yapı nümerik model modal davranışı elde edilmiştir. Yapının titreşim modlarının, modal frekanslarının ve mod şekil bilgilerinin çalıştığımız mevcut yapıyı temsil etme tutarlılığını yükseltmek için uygulanan güncellemeler sonucu kalibre edilmiş mühendislik parametreleriyle gerçeği olabilecek doğrulukta yansıtan ve modellemeden kaynaklanan hataları tartışma dışına çıkaran son nümerik model sonuçlarıyla, deneysel modal sonuçlarını kabul edilebilir seviyede ilk önemli hâkim modlar için örtüşüren güncellenmiş modelin modal frekansları ve modal kütle katılım oranları Tablo 13.4.1'de özetlenmiştir.

Tablo 13.4.1 Modal kütle katılım oranları

Modal Participating Mass Ratios										
OutputCase	StepType	StepNum	Period	Frequency	UX	UY	UZ	RX	RY	RZ
Text	Text	Unitless	Sec	Cyc/sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	0,660876	1,865777	0,014789	1,17E-04	4,56E-10	5,41E-07	3,63E-06	0,752141
MODAL	Mode	2	0,482172	2,073949	0,746363	2,07E-05	8,39E-11	8,5E-10	0,232017	0,015094
MODAL	Mode	3	0,547787	2,429786	2,06E-05	0,739868	2,3E-07	0,483707	1,55E-07	1,19E-06
MODAL	Mode	4	0,211176	5,578774	3,31E-06	2,38E-07	2,65E-09	1,78E-10	4,66E-08	0,153049
MODAL	Mode	5	0,186134	6,267453	0,155963	4,40E-08	2,24E-10	6,76E-11	0,000553	4,14E-07
MODAL	Mode	6	0,166475	7,43754	4,36E-08	0,1593295	2,6E-06	0,000538	1,61E-06	3,33E-08
MODAL	Mode	7	0,116197	8,6061	7,44E-06	9,811E-09	5,47E-10	4,2E-10	5,72E-07	0,01044
MODAL	Mode	8	0,099051	10,096	0,046848	4,247E-11	4,54E-10	1,5E-10	0,001411	0,008774
MODAL	Mode	9	0,092686	10,789	3,08E-12	0,000011	0,03992	0,016524	0,023398	6,3E-06
MODAL	Mode	10	0,090797	11,014	1,22E-09	4,649E-07	0,001389	0,000617	0,000815	2,77E-07
MODAL	Mode	11	0,090651	11,031	1,23E-09	0,00014	0,000516	0,000152	0,000302	0,00008
MODAL	Mode	12	0,090523	11,047	7,65E-10	5,019E-06	0,00021	0,000089	0,000123	2,91E-06

Önemli modların bulunduğu hücrelerin renklendirildiği Tablo 13.4.1'den görüleceği gibi yapı %75'lik modal kütle katılım oranıyla ilk modda burulma davranışı göstermektedir. 2. sırada %74 oranında modal kütle katılım ile x yönünde ilk yanal modu 3. sırada bulunan y yönündeki ilk yanal mod yaklaşık %74'lük modal kütle katılım oranıyla izlemektedir. 4. sırada %15'lik bir modal kütle katılım oranıyla ikinci burulma modu vardır. %16'lık modal kütle katılım oranları sırasıyla x ve y yönündeki ikinci yanal modları vermektedir.

### 13.5 Sonuç

Serbest titreşim yük şartlarında davranışları izlenen çalışma yapısı için oluşturulmuş olan nümerik model güncellenmiş son haliyle hedef hâkim yatay x ve y yönü modlarını mevcutta izlendiği gibi Karamürsel-A blok'da gözlenen tutarlılık Karamürsel\_B blok'da sağlanmıştır. Çalışmamızda hâkim yanal mod tutarlılığının sağlanması analizlerde yeterli olması nedeniyle güncellenmiş sonlu eleman modelinin güvenilir olarak analizlerde kullanılabilme imkanı oluşmuştur.

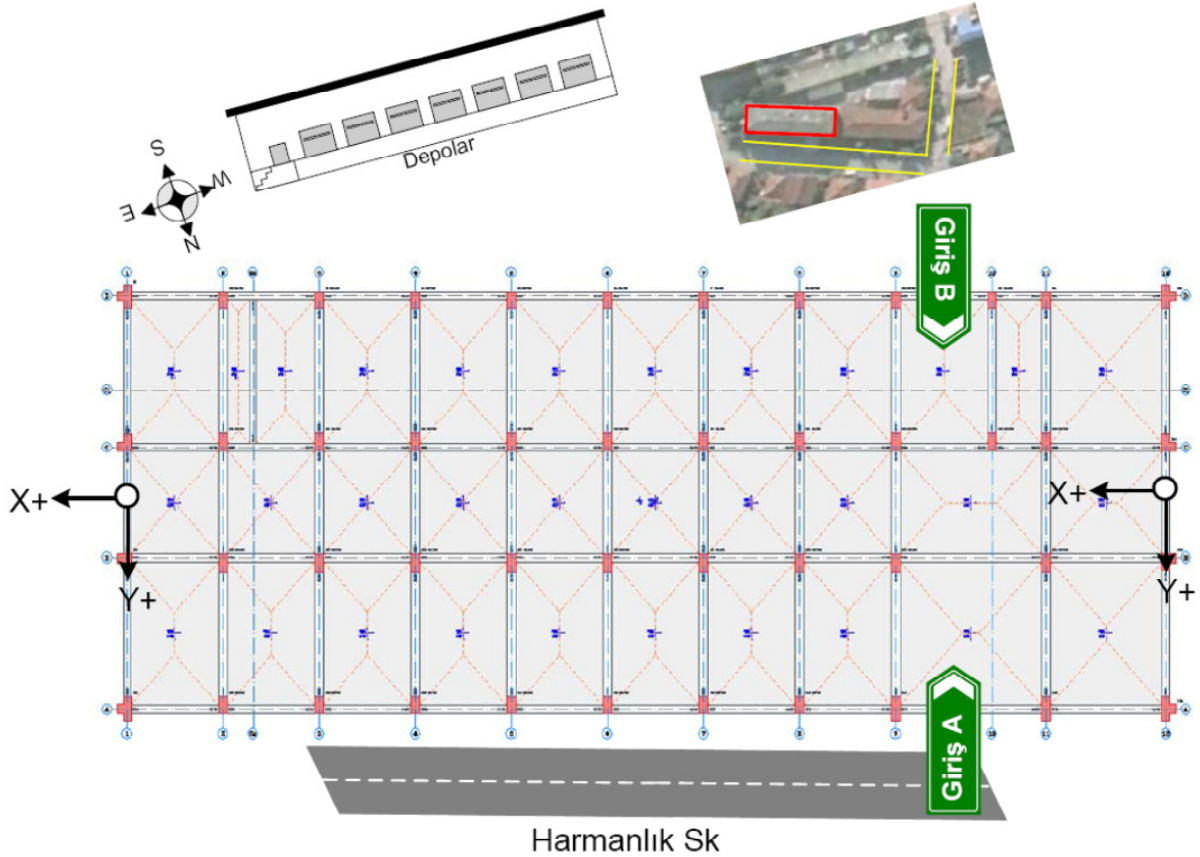
## 14. SSK Hizmet Binası (SakaryaSSK\_amb\_20100623)

### 14.1 Bina Cihaz Yerleşim ve Yönelim Bilgisi

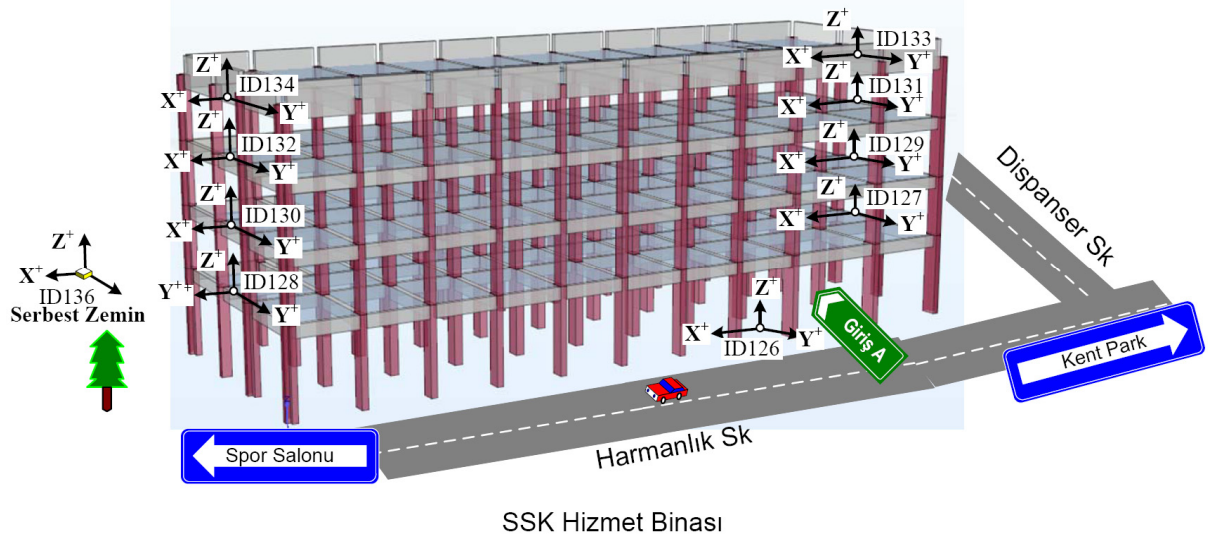
Bina üzerine kurulan ivme duyarlı ölçüm cihazlarının yapısal noktalar üstündeki konumu ve yönelimlerinin plandaki görünümü Şekil 14.1'de, üç bileşene sahip her bir ivme ölçer cihazın konum ve bileşen yönelimlerinin 3 boyutlu sonlu eleman yapı modeli üzerinde oluşturdukları gözlem-ölçüm ağı ise Şekil 14.2'de gösterilmiştir. Ayrıca Tablo 14.1'de yapı üzerinde kullanılan cihazların düşey yapısal noktalar üzerindeki dağılımı ve sonlu eleman modelde ilgili hesap düğüm noktaları parantez içinde verilmiştir.

Tablo 14.1 Yapı cihaz dağılımı ve sonlu eleman modelde düğüm noktaları

SakaryaSSK_amb_20100623		
Kat	Ağ-kanat-1	Ağ-kanat-2
Çatı katı	id133(J84)	id134(J108)
3. Kat	id131(J66)	id132(J102)
2. Kat	id129(J12)	id130(J96)
1. Kat	id127(J6)	id128(J90)
Giriş kat	id126(J1)	
Serbest saha	id136	



Şekil 14.1 Cihaz konumlarının ve yönelimlerinin planda görünüşü

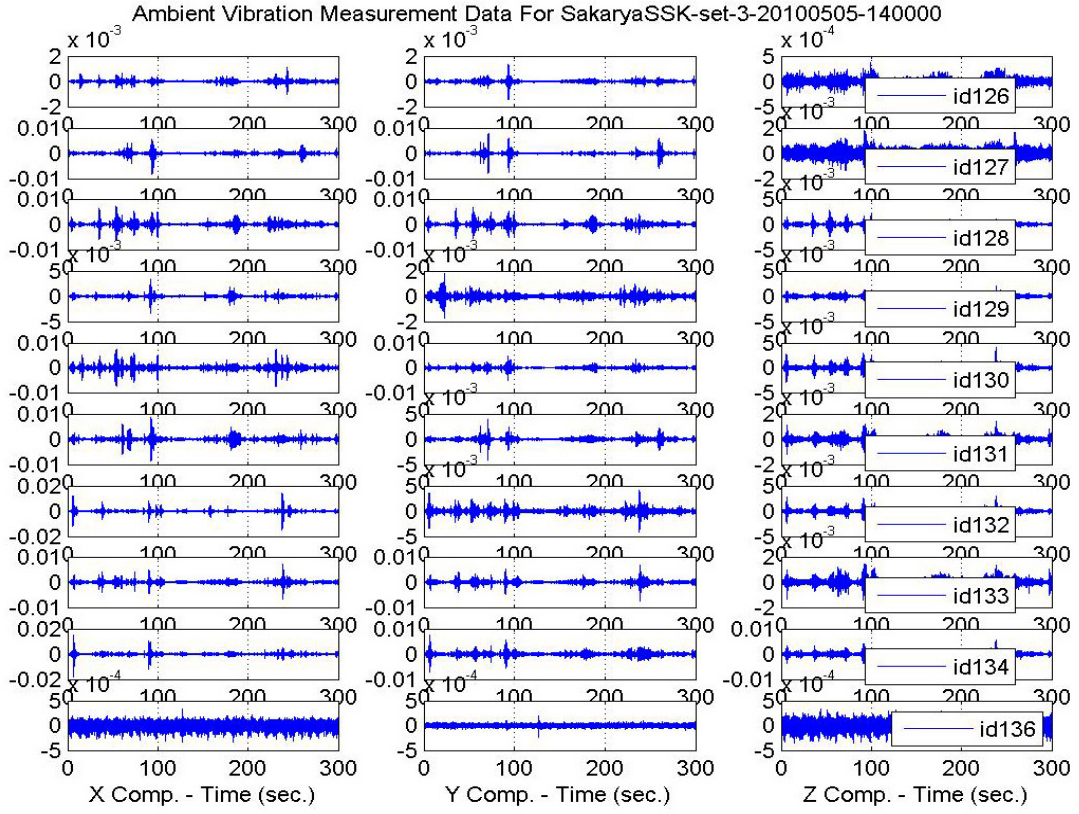


Şekil 14.2 Üç boyutlu sonlu eleman yapı modeli üzerinde kurulan ağ

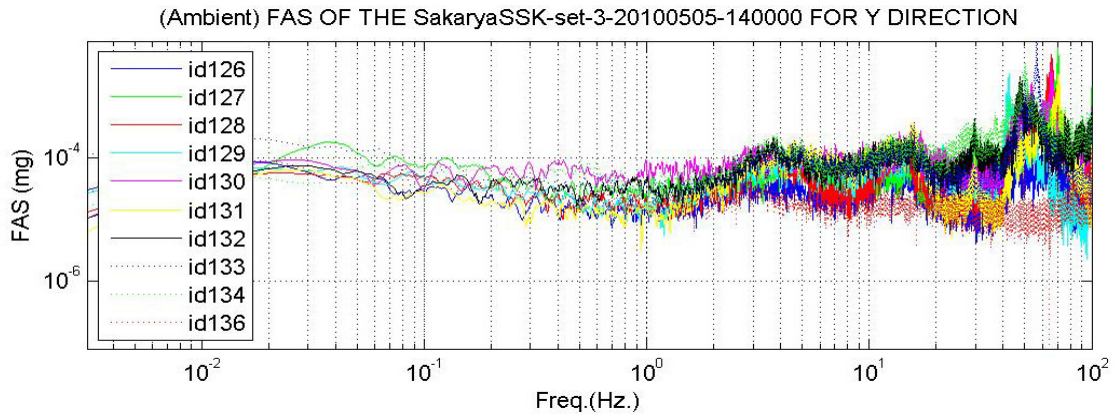
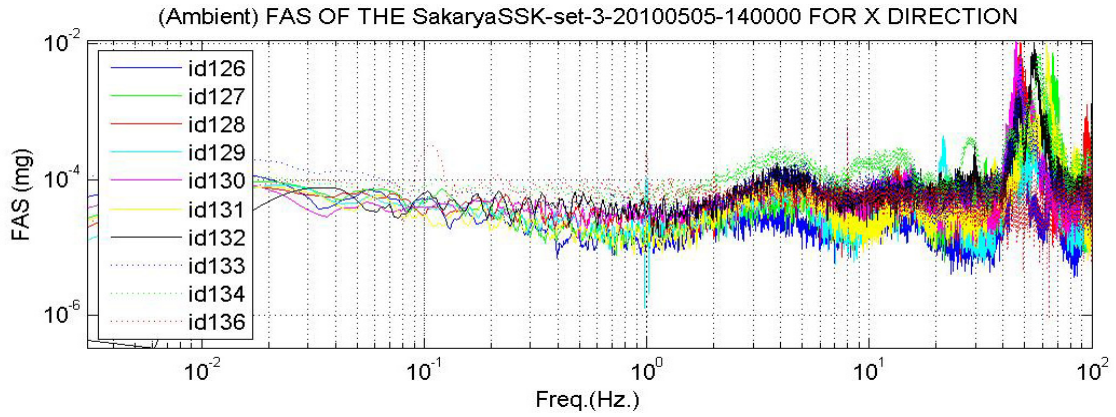
## 14.2 Yapı Tanılama Sonuçları

Sakarya ili, Adapazarı ilçesinde bulunan eski SSK hizmet binası 17 Ağustos 1999 Kocaeli depremini hasarsız atlattır. Çalışılan zaman diliminde alınan izinler çerçevesinde çevrel titreşim ölçümleri yapılmıştır. Ayrıca yapı civarında alınan açık saha mikro-titreşimleri (microtremors) yerel zemin şartlarında yapıya giren titreşim kaynağını oluşturan yerel etkenler olarak kaydedilmiştir. Yapı üzerinde ve açık sahadan elde edilen titreşim sinyallerinin zaman tanım alanındaki hikeyeleri Şekil 14.2.1'de, frekans tanım alanında çizilmiş olan yapı davranışının frekans muhteviyatı ise Şekil 14.2.2'de girdi-çıkı ilişkilerini yansıtacak transfer fonksiyonlar ise Şekil 14.2.3'de x ve y yönleri için verilmiştir.



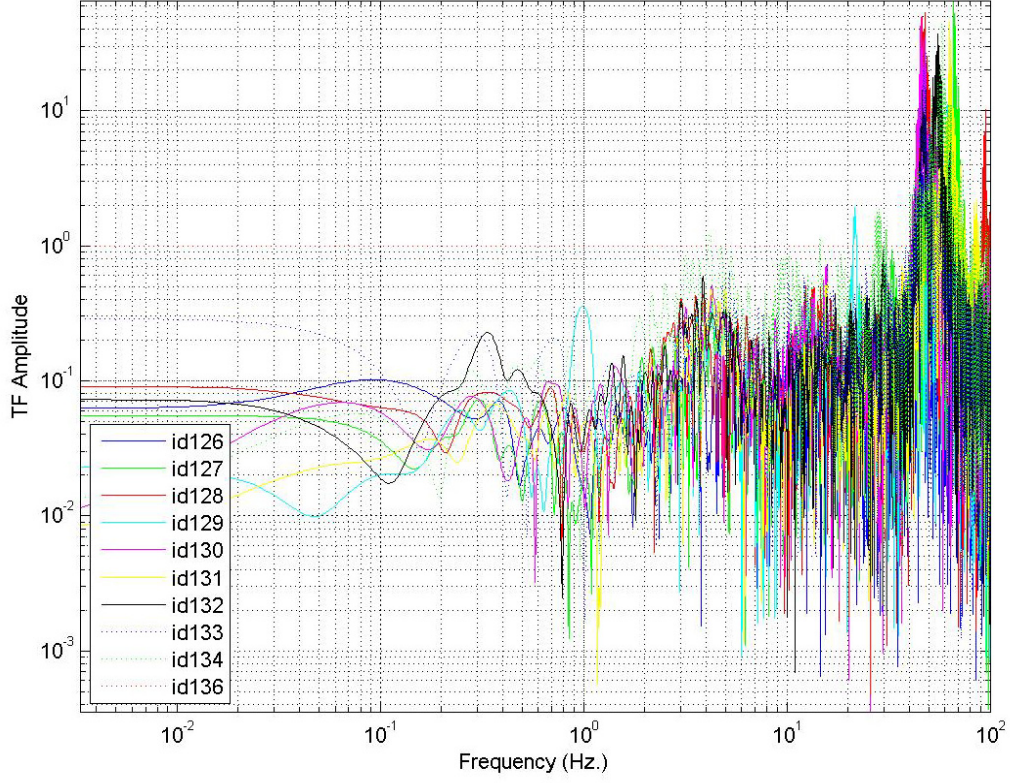


Şekil 14.2.1 Sakarya SSK binası çevrel titreşimlerin neden olduğu üç bileşende izlenen yapısal titreşimler

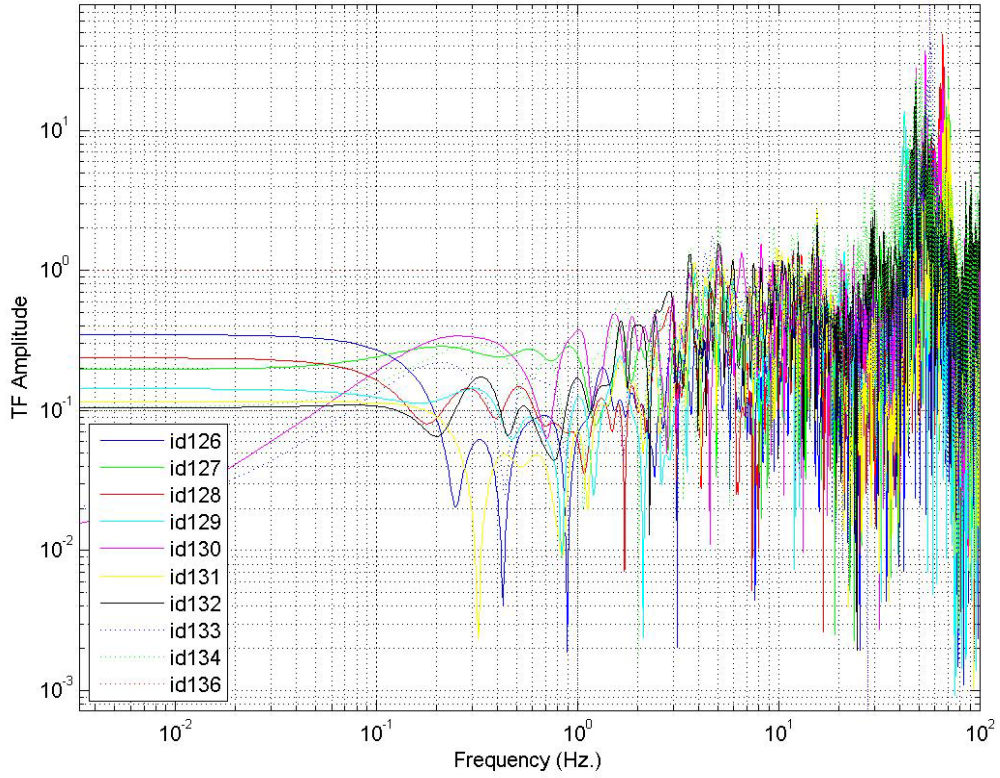


Şekil 14.2.2 Yapısal davranışın x ve y yönündeki frekans muhteviyatı

(Ambient) TFs bw The Structural Points and The Ground For SakaryaSSK-set-3-20100505-140000 FOR X



(Ambient) TFs bw The Structural Points and The Ground For SakaryaSSK-set-3-20100505-140000 For Y



Şekil 14.2.3 Yapısal sistemde meydana gelen girdi ve yapısal tepki çıktıları arasındaki ilişkileri veren transfer fonksiyonları, üstte x yönü için altta y yönü için

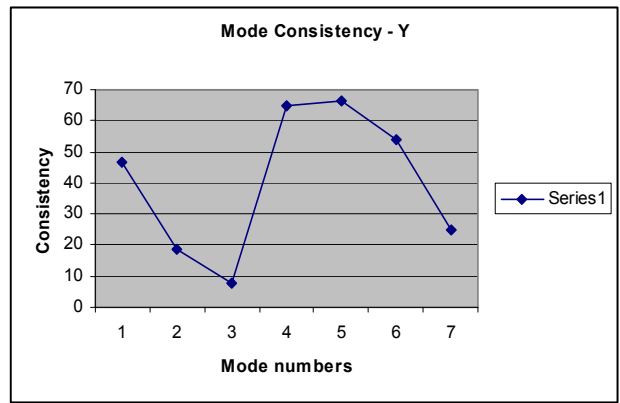
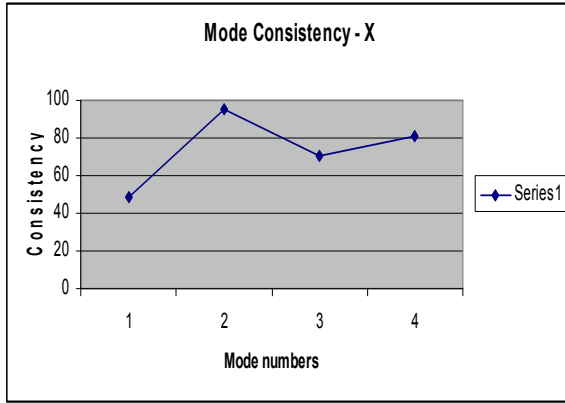


Tablo 14.2a x bileşeni için modal tutarlılık değerleri

Real Modes	mode1	mode2	mode3	mode4	mode5	mode6	mode7	mode8
Candidate Modes	mode3	mode4	mode5	mode6	mode7	mode8	mode9	mode10
Modal_Freq	1,021522	3,794945	3,894015	16,99714	21,99465	37,39257	40,01098	41,08423
consist_mod_indicator_X	40,75033	48,53381	0,785325	23,37889	94,92548	70,14715	13,23687	81,1386
modal_Hist_predict_indicator_X	99,97787	99,9856	99,97599	99,98023	99,97342	99,98338	99,99747	99,98759
norm_mod_singular_value_X	7,134031	10,44786	8,498139	8,207832	13,12661	8,311606	9,750242	15,13084
Eigen values in Z-Domain_X	0,994	0,985545	0,985242	0,855137	0,766359	0,383099	0,306904	0,274435

Tablo 14.2b y bileşeni için modal tutarlılık değerleri

Candidate Modes	mode4	mode5	mode6	mode7	mode8	mode9	mode10
Real Modes	mode1						
Modal_Freq	4,596798	14,54927	29,75227	40,6247	40,98896	41,3557	41,61334
consist_mod_indicator_Y	46,50208	18,4122	7,560963	64,96023	66,18915	53,7826	24,89854
modal_Hist_predict_indicator_Y	99,99349	99,9951	99,99924	99,99402	99,9894	99,99584	99,99793
norm_mod_singular_value_Y	14,82291	20,77415	16,76643	17,92887	22,44013	21,24135	34,30872
Eigen values in Z-Domain_Y	0,983046	0,891696	0,591525	0,288656	0,277206	0,267299	0,259015



Şekil 14.2.4 x ve y bileşenleri için modal tutarlılık oranlarının aday modlara göre dağılımı

Yapı tanı çalışması sonucu elde edilen yapı karakteristiğini yansıtan aday modların Tablo 14.2'de verilen tutarlılık oran indeks değerleri referans alınmış ve bu yaklaşım içinde Şekil 14.2.4'de tutarlılık değer salınımlarında görüleceği gibi sadece ilk mod şekli tutarlılığı dışında diğer modlar çevrel titreşim kuvvet şartlarında tetiklenememiştir. Yapının planda büyük ve mütemadi çerçeve yapısının kazandırdığı rijidlik daha çok sayıda cihazdan oluşan izleme ağ şartlarında zorlama kuvvetler altında tanılama çalışmalarını gerektirmekle beraber ilk modun elde edilmesi yeterli bulunmuştur. Ayrıca deneysel çalışma sonuçları incelendiğinde kayda giren bir çok lokal etkenin (hasarlı eleman vs.) yanısıra yüksek sensör hasaslığının sunduğu global yapısal davranışa katkı vermeyen gürültü olarak nitelendirilebileceğimiz modlar da ayıklamaya tabi tutulmuşlardır. Gerçek yapısal modlar kullanılan cihaz sayısı ve serilim özelliklerinin sınırları içinde seçilmiş ve Tablo14.2'de gösterildiği gibi renklendirilmiştir. Tablo 14.3 ve 14.4'de sırasıyla x ve y yönü için tutarlılık oranı en yüksek değerler alan gerçek modlar belirlenmiştir.

Tablo 14.3 Yapısal modlar ve modal deplasmanlar x yönü için

Ağ-Kanat-1							
Candidate Modes	mode4	mode5	mode6	mode7	mode8	mode9	mode10
Real Modes	mode1	mode2	mode3				
Modal Freq	3,794945	3,894015	16,99714	21,99465	37,39257	40,01098	41,08423
id127	-0,07197	-0,30071	-0,63888	0,019366	-0,09519	-0,16139	-0,4045
id129	0,030815	-0,46242	-0,6108	-1	-0,13796	0,47145	0,545492
id131	0,378303	0,663782	-0,23792	0,035121	0,163198	-0,11734	-0,31989
id133	1	1	-0,43548	-0,02208	-0,38659	0,641315	0,015837
Ağ-Kanat-2							
Candidate Modes	mode4	mode5	mode6	mode7	mode8	mode9	mode10
Real Modes	mode2	mode3	mode4	mode5	mode6	mode7	mode8
Modal Freq	3,794945	3,894015	16,99714	21,99465	37,39257	40,01098	41,08423
id128	-0,21597	0,474066	-0,88443	0,050578	0,196362	-0,34834	-0,24423
id130	0,559102	0,701866	0,644774	-0,03542	0,110763	-1	-1
id132	0,259848	0,785519	0,821733	-0,02907	1	0,263852	-0,28619
id134	-0,41178	0,898855	1	-0,01032	-0,09197	0,179862	-0,18393

Tablo 14.4 Yapısal modlar ve modal deplasmanlar y yönü için

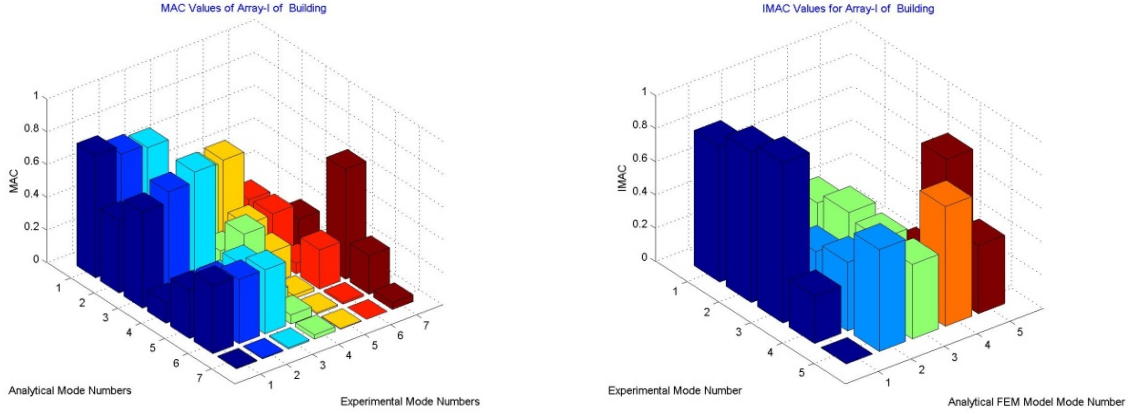
Ağ-Kanat-1							
Candidate Modes	mode4	mode5	mode6	mode7	mode8	mode9	mode10
Real Modes	mode1						
Modal Freq	4,596798	14,54927	29,75227	40,6247	40,98896	41,3557	41,61334
id127	0,576253	0,464152	-0,714	0,173798	0,394486	0,053709	-0,52654
id129	0,758845	0,713465	0,066467	1	0,275418	1	-1
id131	1	0,852529	0,359466	0,119899	0,04985	0,060611	0,050848
id133	0,820986	1	-0,08546	0,259078	0,110662	0,041153	0,092488
Ağ-Kanat-2							
Candidate Modes	mode4	mode5	mode6	mode7	mode8	mode9	mode10
Real Modes	mode1						
Modal Freq	4,596798	14,54927	29,75227	40,6247	40,98896	41,3557	41,61334
id128	-0,28886	0,457167	-0,04008	-0,11274	0,036849	0,034805	-0,14179
id130	-0,33643	0,769579	0,100339	0,15596	0,155648	-0,24633	0,234285
id132	-0,6832	0,209911	1	-0,23317	-0,09573	0,038794	0,095937
id134	-0,2783	-0,91483	-0,90546	0,224943	-1	0,406768	0,131256

### 14.3 Sonlu Eleman Model Güncellenmesi

Serbest titreşim veya zorlama altında tek dinamik yük ve/veya toplam dinamik yük şartlarında davranışları izlenen çalışma yapısı için oluşturulmuş olan nümerik modellerin benzeşim çalışmaları içinde modal kalibrasyonlarında yapıdan elde edilen karakteristik modal bilgiler kullanılmıştır. Çalışmada hedef nümerik modelde hâkim yatay ilk x ve y yönü yatay modların mevcut yapıda alınan deneysel verilerden elde edilen ilk yatay modlarla tutarlılığının sağlanması olduğuna göre bazı yapılarda ilk modların burulma çıkması durumunda sonraki mod sıralarına bakarak değerlendirmemizi yapacağımız akıldan çıkarılmamalıdır. İleri kayan yanal modlarda özellikle verilere hiç dokunulmamış, nümerik model yorumunun bir sonraki kısımda verilen ilgili modal kütle katılım oranı tablosunda renklendirilmiş olan yanal mod sırasına göre değerlendirilmesi yapılmıştır.

Çalışılan mevcut yapının üstünde ölçülen davranışları aynı doğrulukta sonlu eleman modelinde elde edilebilmesi için deneysel ve analitik modellerin modal şekiller arası korelasyon teknikleriyle (örneğin;

MAC, COMAC veya ICOMAC) değerlendirme yapılmış ölçülen hata matrisinin minimize edilme teknikleri nümerik modele uygulanarak model kalibrasyonları tamamlanmıştır. Türk Deprem Yönetmeliğinin (2007) 7.4.5, 7.4.6 ve 7.4.7 şartlarını sağlayan analitik model daha sonra hasar görebilirlik analizlerinde kullanılmıştır.



Şekil 14.3.1 Adapazarı SSK binasından elde edilen iki veri setine göre mod gerçekleşme değerleri

Şekil 14.3.1'de Adapazarı SSK binasından elde edilen iki veri setinin modal davranışıyla nümerik modelin davranışları arasında güncellemeden sonra hesaplanan mod gerçekleşme değerlerinin modlar arası etkilerini göz önüne alan dağılımı verilmiştir. Takip eden bölümde verilen Tablo 14.4.1'de nümerik model modal kütle katılım oranı olarak ilk hâkim modun %82 ile tam burulma vermesi diğer yanal modlarında tam yanal mod vermesi ilk hâkim modların net çıkmasını etki-ilişki dağılımında sağlamıştır. Çalışmamızda yapı karakteristik davranış sırası içinde açığa çıkan hâkim yanal modların tutarlılığının sağlanması analizler için yeterli olduğu için güncellenmiş sonlu eleman modelinin güvenilir olarak analizlerde kullanılabilme imkanı oluşmuştur.

#### 14.4 Modal Analiz Sonuçları

Yapı analizinde, günümüz hesap teknolojileri içinde kullanılan sonlu eleman analiz (SEA) paket programlarından SAP2000 (2011) yazılımı modal analizlerde kullanılmıştır. Analizi yapılacak yapının geometrik, malzeme, yük ve sınır şartlarının laboratuvar ve arazi raporlarından derlenen bilgiler ışığında modellenmesiyle güvenilir ve gerçeğe yakın yapı nümerik model modal davranışı elde edilmiştir. Yapının titreşim modlarının, modal frekanslarının ve mod şekil bilgilerinin çalıştığımız mevcut yapıyı temsil etme tutarlılığını yükseltmek için uygulanan güncellemeler sonucu kalibre edilmiş mühendislik parametreleriyle gerçeği olabilecek doğrulukta yansıtan ve modellemeden kaynaklanan hataları tartışma dışına çıkaran son nümerik model sonuçlarıyla, deneysel modal sonuçlarını kabul edilebilir seviyede ilk önemli hâkim modlar için örtüşüren güncellenmiş modelin modal frekansları ve modal kütle katılım oranları Tablo 14.4.1'de özetlenmiştir.

Önemli modların bulunduğu hücrelerin renklendirildiği Tablo 14.4.1'den görüleceği gibi yapı %82'lik modal kütle katılım oranıyla ilk modda x yönünde yanal davranışı sergilemektedir. İkinci sırada burulma modu %74'lük modal kütle katılımıyla gerçekleşirken y yönlü yanal mod ile kompleks özelliği vardır. Bunu 3. sırada %75'lik modal kütle katılım oranıyla ilk y yönlü yanal mod izlemektedir. Sonra gelen ikinci modlar aynı sırayla x, y ve burulma olmak üzere %10-%12 modal kütle katılım oranlarıyla gelmektedir. Benzer şekilde, üçüncü kez x ve y yönlerinde yanal modları takip eden burulma modu sırasıyla %2, %4 ve %4'lük modal kütle katılım oranlarıyla 8, 9 ve 10. sırada görülmektedir. Nümerik modelden elde edilen modal frekanslar yapı rijidliğinden kaynaklanan sınırlı ve yetersiz olan deneysel veriden dolayı tutarlılık değerlendirmesi tam olarak yapılamamasına rağmen analizlerde ilk mod etkisi çok önemli olduğundan tek modlu doğrusal elastik olmayan statik analizlerde ilk mod bilgisi yeterli görülmüştür.

Tablo 14.4.1 Modal kütle katılım oranları

Modal Participating Mass Ratios										
OutputCase	StepType	StepNum	Period	Frequency	UX	UY	UZ	RX	RY	RZ
Text	Text	Unitless	Sec	Cyc/sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	0,334592	2,9887	0,82083	5,54E-06	8,78E-09	6,02E-06	0,35568	0,00369
MODAL	Mode	2	0,268328	3,7268	0,00038	0,04692	1,7E-07	0,04698	0,00016	0,74074
MODAL	Mode	3	0,250326	3,9948	5,27E-06	0,74982	1,5E-09	0,74762	1,39E-06	0,06434
MODAL	Mode	4	0,125041	7,9974	0,12632	1,8E-07	1,66E-08	2,39E-09	0,0001	0,00045
MODAL	Mode	5	0,091267	10,957	2,05E-05	0,01027	4,46E-07	2,8E-06	4,7E-07	0,10484
MODAL	Mode	6	0,087757	11,395	1,45E-06	0,11247	1,11E-11	2,72E-05	1,2E-07	0,01281
MODAL	Mode	7	0,080341	12,447	0,02817	8,56E-09	2,02E-08	1,27E-10	0,00081	0,00013
MODAL	Mode	8	0,05865	17,05	0,02423	3,61E-09	7,94E-07	1,73E-09	5,26E-05	7,07E-05
MODAL	Mode	9	0,054843	18,234	2,52E-07	0,00142	4,02E-07	9,64E-05	7,85E-09	0,0393
MODAL	Mode	10	0,052668	18,987	4,85E-09	0,04434	4,2E-08	0,00264	4,13E-07	0,00209
MODAL	Mode	11	0,043517	22,98	1,7E-10	5,62E-06	0,06023	0,01406	0,03978	1,39E-05
MODAL	Mode	12	0,040003	24,998	3,37E-07	0,00032	7,59E-05	3,65E-07	4,71E-05	0,02998

## 14.5 Sonuç

Serbest titreşim yük şartlarında davranışları izlenen çalışma yapısı için oluşturulmuş olan nümerik model güncellenmiş son haliyle hedef hâkim yatay x ve y yönü modlarını mevcutta izlendiği gibi bu planda çok büyük iki yönlü muntazam mütemadi az katlı rijid çerçeve Sakarya SSK binası için sağlamıştır. Çalışmamızda hâkim yanal mod tutarlılığının sağlanması analizlerde yeterli olması nedeniyle güncellenmiş sonlu eleman modelinin güvenilir olarak analizlerde kullanılabilme imkanı oluşmuştur.

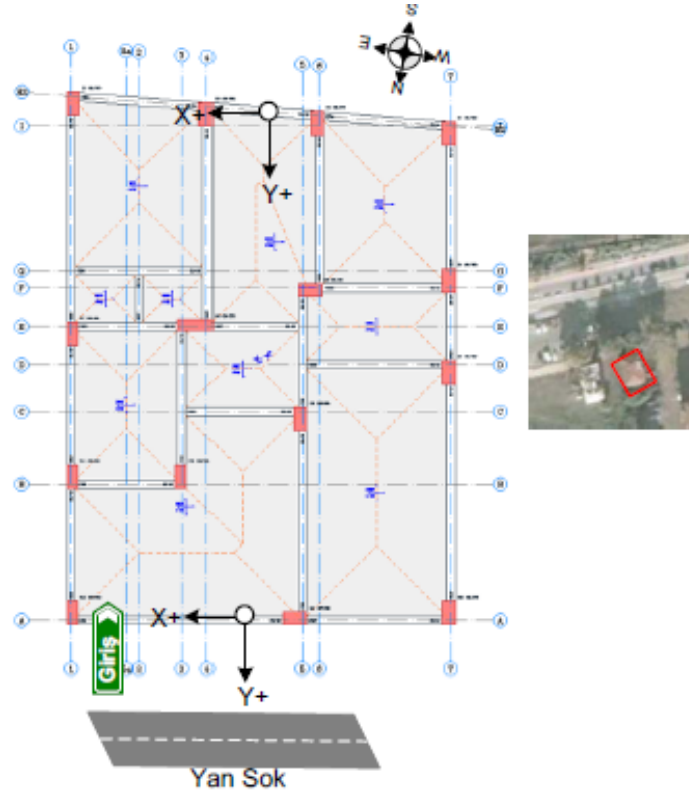
## 15 Yan Sokak Binası (Yansokak\_adap\_amb\_20101027)

### 15.1 Bina Cihaz Yerleşim ve Yönelim Bilgisi

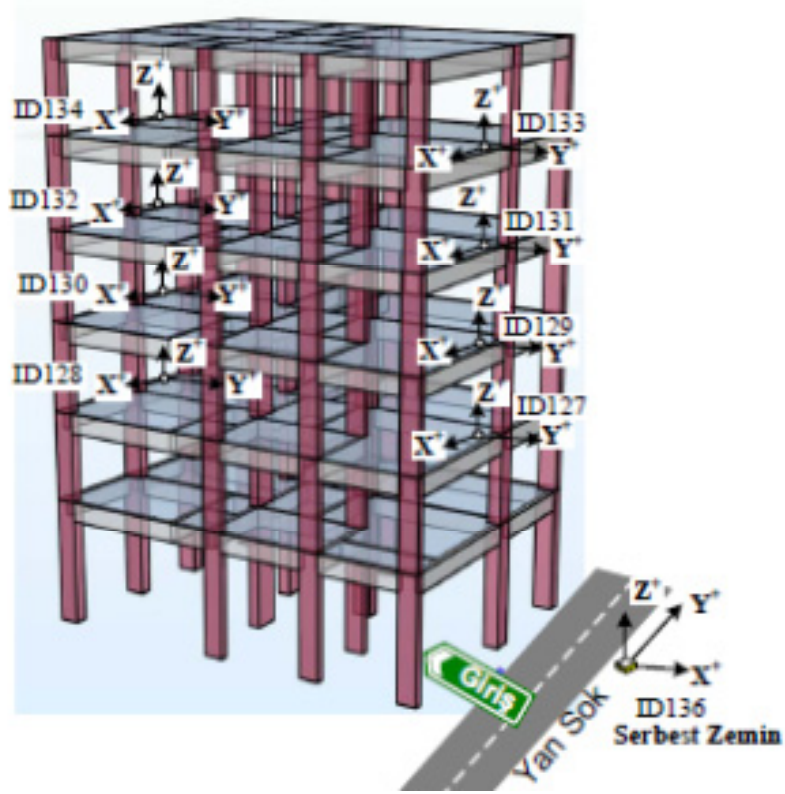
Bina üzerine kurulan ivme duyarlı ölçüm cihazlarının yapısal noktalar üstündeki konumu ve yönelimlerinin plandaki görünümü Şekil 15.1'de, üç bileşene sahip her bir ivme ölçer cihazın konum ve bileşen yönelimlerinin 3 boyutlu sonlu eleman yapı modeli üzerinde oluşturdukları gözlem-ölçüm ağı ise Şekil 15.2'de gösterilmiştir. Ayrıca Tablo 15.1'de yapı üzerinde kullanılan cihazların düşey yapısal noktalar üzerindeki dağılımı ve sonlu eleman modelde ilgili hesap düğüm noktaları parantez içinde verilmiştir.

Tablo 15.1 Yapı cihaz dağılımı ve sonlu eleman modelde düğüm noktaları

Yansokak_adap_amb_20101027		
Kat serbestlikleri	Ağ-kanat-1	Ağ-kanat-2
Çatı katı	cihaz yok	cihaz yok
5. Kat	id133(J14)	id134(J13)
4. Kat	id131(J12)	id132(J10)
3. Kat	id129(J9)	id130(J8)
2. Kat	id127(J4)	id128(J6)
1. Kat	cihaz yok	cihaz yok
Giriş kat	cihaz yok	
Serbest saha	id136	



Şekil 15.1 Cihaz konumlarının ve yönelimlerinin planda görünüşü

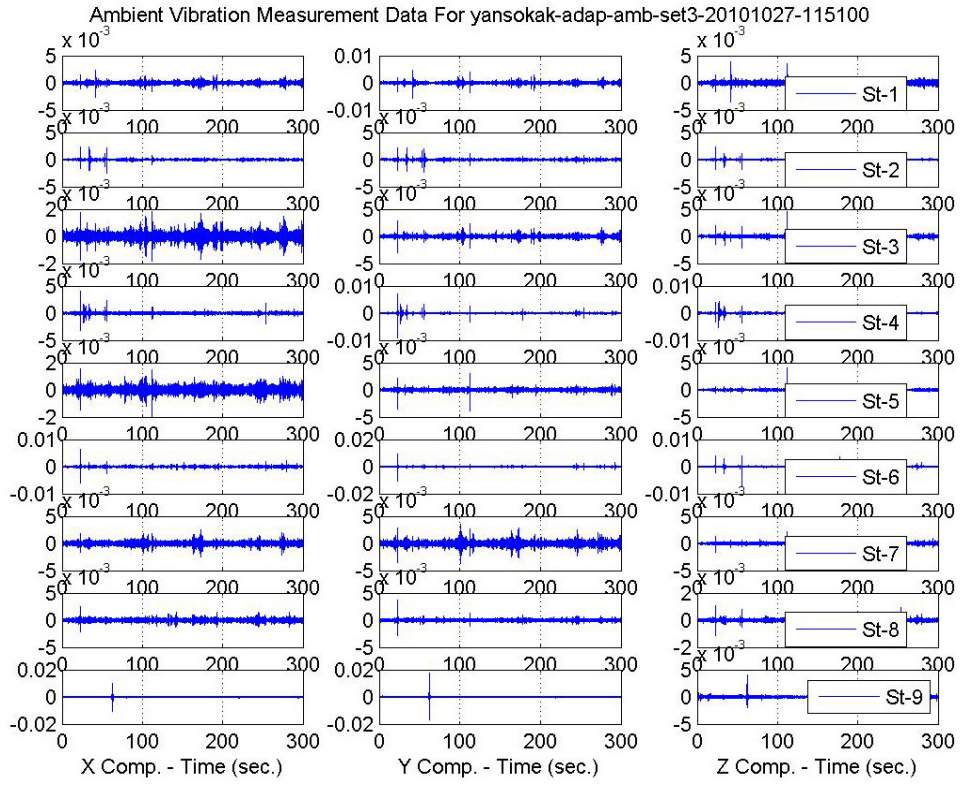


Şekil 15.2 Üç boyutlu sonlu eleman yapı modeli üzerinde kurulan ağ

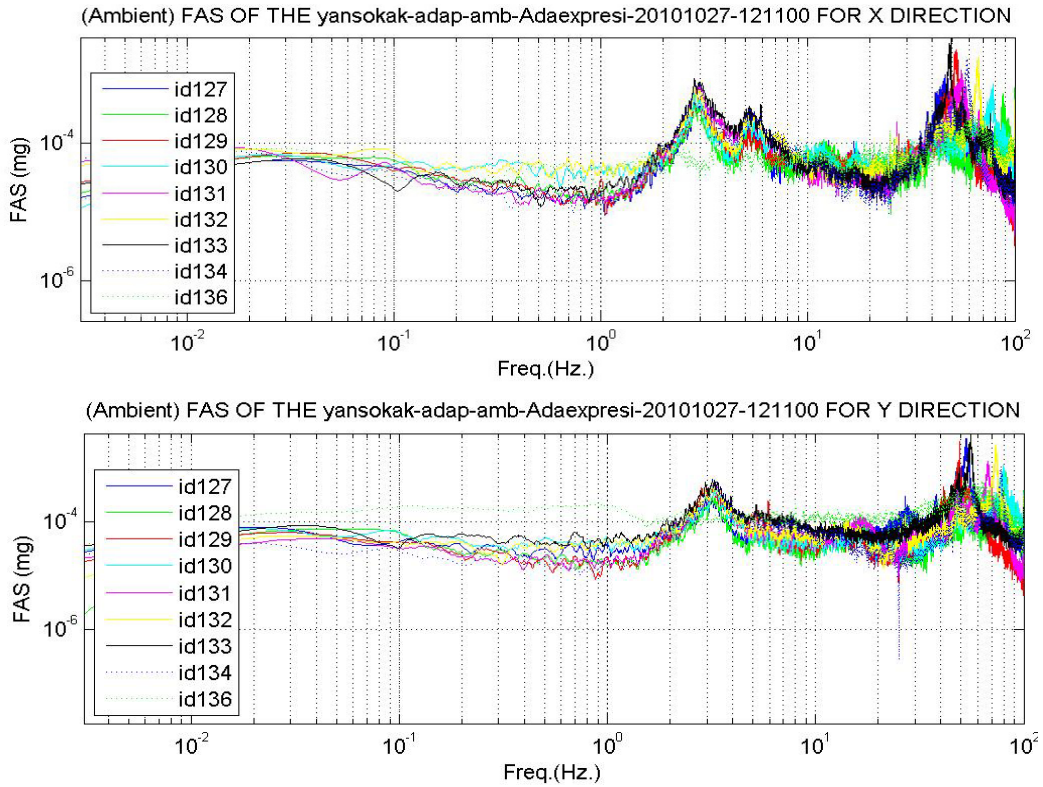
## 15.2 Yapı Tanılama Sonuçları

Sakarya ili, Adapazarı ilçesi, yenidoğan mahallesi Yan sokakta bulunan apartman 17 Ağustos 1999 Kocaeli depremini hasarsız atlattır. Çalışılan zaman diliminde alınan izinler çerçevesinde çevrel titreşim ölçümleri yapılmıştır. Ayrıca yapı civarında alınan açık saha mikro-titreşimleri (microtremors) yerel zemin şartlarında yapıya giren titreşim kaynağını oluşturan yerel etkenler olarak kaydedilmiştir. Yapı üzerinde ve açık sahadan elde edilen titreşim sinyallerinin zaman tanım alanındaki hikeyeleri Şekil 15.2.1'de, frekans tanım alanında çizilmiş olan yapı davranışının frekans muhteviyatı ise Şekil 15.2.2'de girdi-çıkı ilişkilerini yansıtacak transfer fonksiyonlar ise Şekil 15.2.3'de x ve y yönleri için verilmiştir.



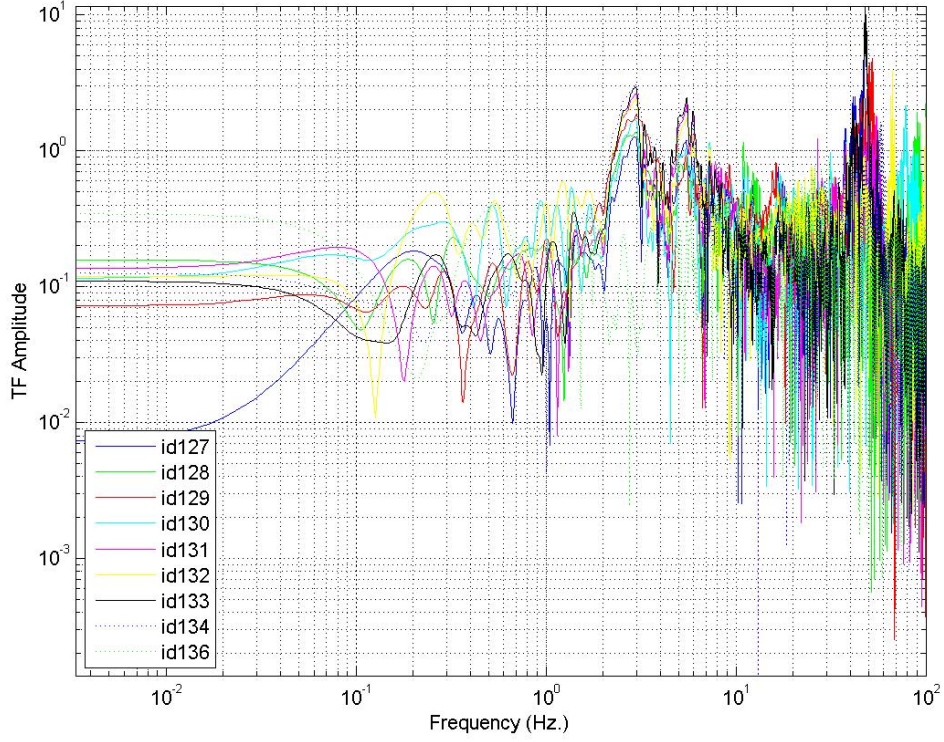


Şekil 15.2.1 Yan Sokak apartmanı çevrel titreşimlerin neden olduğu üç bileşende izlenen yapısal titreşimler.

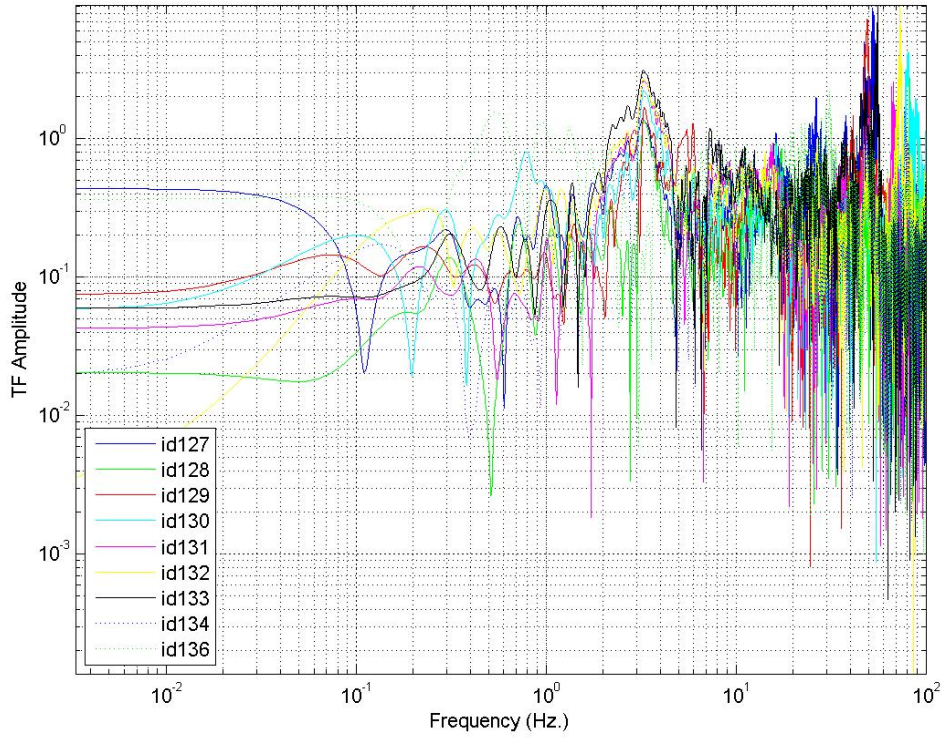


Şekil 15.2.2 Yapısal davranışın x ve y yönündeki frekans muhteviyatı

(Ambient) TFs bw The Structural Points and The Ground For yansokak-adap-amb-Adaexpresi-20101027-121100 FOR X



(Ambient) TFs bw The Structural Points and The Ground For yansokak-adap-amb-Adaexpresi-20101027-121100 For Y



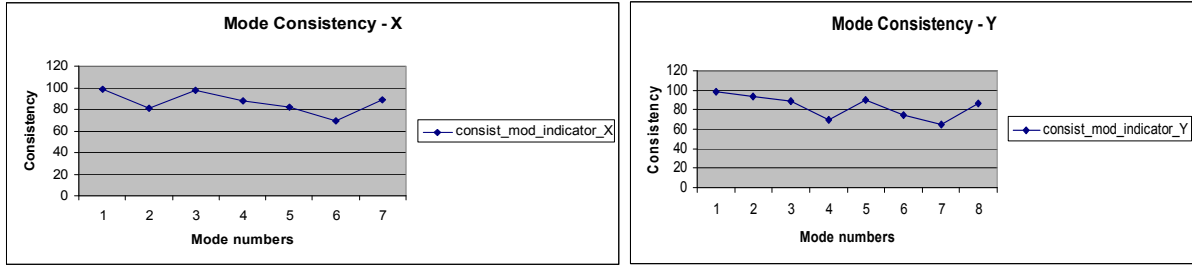
Şekil 15.2.3 Yapısal sistemde meydana gelen girdi ve yapısal tepki çıktıları arasındaki ilişkileri veren transfer fonksiyonları, üstte x yönü için altta y yönü için

Tablo 15.2a x bileşeni için modal tutarlılık değerleri

Real Modes	mode1	mode2	mode3	mode4	mode5	mode6	mode7
Candidate Modes	mode5	mode6	mode7	mode8	mode9	mode18	mode31
Modal Freq	2,939415	3,241081	5,162772	5,889778	10,06768	38,10943	48,42138
consist_mod_indicator_X	98,74965	80,51874	97,44134	87,34023	82,14375	69,59977	88,38409
modal_Hist_predict_indicator_X	99,99709	99,99982	99,99882	99,9985	99,96585	99,99319	99,99739
norm_mod_singular_value_X	81,86547	70,25643	76,19434	46,5697	42,81678	36,30285	52,2962
Eigen values in Z-Domain_X	0,992093	0,989983	0,977871	0,976757	0,934174	0,360799	0,049028

Tablo 15.2b y bileşeni için modal tutarlılık değerleri

Real Modes	mode1	mode2	mode3	mode4	mode5	mode6	mode7	mode8
Candidate Modes	mode4	mode5	mode6	mode11	mode15	mode21	mode23	mode28
Modal Freq	3,247956	5,163606	5,89352	26,64685	37,86465	45,80744	47,62329	50,95292
consist_mod_indicator_Y	98,6491	93,04045	89,16084	69,50386	89,45129	73,83668	64,26226	86,77384
modal_Hist_predict_indicator_Y	99,99817	99,93019	99,9739	99,92624	99,97754	99,92758	99,7173	99,87948
norm_mod_singular_value_Y	79,86878	32,03065	28,02264	30,58843	23,179	12,20584	29,33918	45,13646
Eigen values in Z-Domain_Y	0,989665	0,978124	0,97485	0,659983	0,366862	0,129163	0,073607	-0,02929



Şekil 15.2.4 x ve y bileşenleri için modal tutarlılık oranlarının aday modlara göre dağılımı

Yapı tanı çalışması sonucu elde edilen yapı karakteristiğini yansıtan aday modların Tablo 15.2'de verilen tutarlılık oran indeks değerleri referans alınmış ve bu yaklaşım içinde Şekil 15.2.4'de tutarlılık değer salınımlarında görüleceği gibi yaklaşık %60-%80 ve üstünü sağlayan mod tutarlılığının (mode consistency) yanısıra doğru mod şekillerini veren modlar tanılama için değerlendirmeye alınmıştır. Ayrıca deneysel çalışma sonuçları incelendiğinde kayda giren bir çok lokal etkenin yanısıra yüksek sensör hasaslığının sunduğu global yapısal davranışa katkı vermeyen gürültü olarak nitelendirebileceğimiz modlar da ayıklamaya tabi tutulmuşlardır. Gerçek yapısal modlar kullanılan cihaz sayısı ve serilim özelliklerinin sınırları içinde seçilmiş ve Tablo15.2'de gösterildiği gibi renklendirilmiştir. Tablo 15.3 ve 15.4'de sırasıyla x ve y yönü için tutarlılık oranı en yüksek değerler alan gerçek modlar belirlenmiştir.



Tablo 15.3 Yapısal modlar ve modal deplasmanlar x yönü için

Ağ-Kanat-1								
Candidate Modes	mode4	mode5	mode6	mode7	mode8	mode9	mode18	mode31
Real Modes	mode1		mode2	mode3	mode4	mode5	mode6	mode7
Modal Freq	2,350805551	2,939415	3,241081	5,162772	5,889778	10,06768	38,10943	48,42138
id127	0,283451857	0,444818	0,526627	0,527687	0,651565	0,499297	1	0,071367
id129	0,702285885	0,522374	-0,65307	0,420721	0,354782	0,640826	-0,14838	-0,06239
id131	0,663956095	0,866877	0,578815	0,872373	0,953747	-0,16285	-0,58484	0,086833
id133	0,638378677	1	1	0,946187	1	-0,53443	-0,25076	1
Ağ-Kanat-2								
Candidate Modes	mode4	mode5	mode6	mode7	mode8	mode9	mode18	mode31
Real Modes	mode1		mode2	mode3	mode4	mode5	mode6	mode7
Modal Freq	2,350805551	2,939415	3,241081	5,162772	5,889778	10,06768	38,10943	48,42138
id128	0,547039506	0,413248	-0,29333	-0,41662	-0,35883	1	0,357599	-0,02104
id130	0,54334613	0,554133	0,187507	-0,60114	-0,43408	0,902511	-0,58509	-0,00822
id132	0,720812026	0,767873	0,186117	-0,88392	-0,62708	0,464713	-0,46021	0,054475
id134	1	0,939434	-0,38591	-1	-0,78445	-0,27529	0,576447	0,131093

Tablo 15.4 Yapısal modlar ve modal deplasmanlar y yönü için

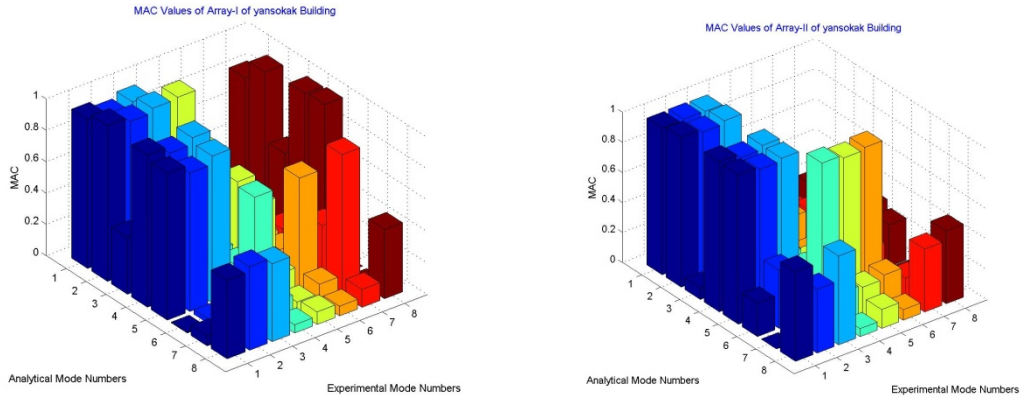
Ağ-Kanat-1								
Candidate Modes	mode4	mode5	mode6	mode11	mode15	mode21	mode23	mode28
Real Modes	mode1		mode2	mode4	mode5	mode6	mode7	mode8
Modal Freq	3,247956	5,163606	5,89352	26,64685	37,86465	45,80744	47,62329	50,95292
id127	0,406236	0,49902	0,123282	1	1	0,436272	1	1
id129	0,601429	-1	-1	0,081956	-0,30521	0,306823	0,610239	0,125094
id131	0,820763	0,294904	-0,22267	0,031047	0,222988	-0,07643	0,229655	0,117526
id133	0,897861	0,956091	0,124102	-0,03852	0,460425	1	0,288927	-0,18601
Ağ-Kanat-2								
Candidate Modes	mode4	mode5	mode6	mode11	mode15	mode21	mode23	mode28
Real Modes	mode1		mode2	mode4	mode5	mode6	mode7	mode8
Modal Freq	3,247956	5,163606	5,89352	26,64685	37,86465	45,80744	47,62329	50,95292
id128	0,46736	0,408458	-0,13614	0,094074	-0,10419	0,051105	-0,08934	0,038791
id130	0,73198	-0,17404	-0,44766	0,082021	-0,19915	0,12694	-0,15606	-0,00731
id132	0,847713	-0,0425	-0,46871	0,394954	0,1251	-0,11854	-0,17468	0,003338
id134	1	0,724116	-0,11024	-0,06792	0,109398	-0,17928	-0,18187	-0,0322

### 15.3 Sonlu Eleman Model Güncellenmesi

Serbest titreşim veya zorlama altında tek dinamik yük ve/veya toplam dinamik yük şartlarında davranışları izlenen çalışma yapısı için oluşturulmuş olan nümerik modellerin benzeşim çalışmaları içinde modal kalibrasyonlarında yapıdan elde edilen karakteristik modal bilgiler kullanılmıştır. Çalışmada hedef nümerik modelde hâkim yatay ilk x ve y yönü yatay modların mevcut yapıda alınan deneysel verilerden elde edilen ilk yatay modlarla tutarlılığının sağlanması olduğuna göre bazı yapılarda ilk modların burulma çıkması durumunda sonraki mod sıralarına bakarak değerlendirmemizi yapacağımız akıldan çıkarılmamalıdır. İleri kayan yanal modlarda özellikle verilere hiç dokunulmamış, nümerik model yorumunun bir sonraki kısımda verilen ilgili modal kütle katılım oranı tablosunda renklendirilmiş olan yanal mod sırasına göre değerlendirilmesi yapılmıştır.

Çalışılan mevcut yapının üstünde ölçülen davranışları aynı doğrulukta sonlu eleman modelinde elde edilebilmesi için deneysel ve analitik modellerin modal şekiller arası korelasyon teknikleriyle (örneğin; *MAC*, *COMAC* veya *ICOMAC*) değerlendirme yapılmış ölçülen hata matrisinin minimize edilme

teknikleri nümerik modele uygulanarak model kalibrasyonları tamamlanmıştır. Türk Deprem Yönetmeliğinin (2007) 7.4.5, 7.4.6 ve 7.4.7 şartlarını sağlayan analitik model daha sonra hasar görebilirlik analizlerinde kullanılmıştır.



Şekil 15.3.1 Adapazarı Yan Sokak binasından elde edilen iki veri setine göre mod gerçekleşme değerleri

Şekil 15.3.1’de Adapazarı Yan Sokak binasından elde edilen iki veri setinin modal davranışıyla nümerik modelin davranışları arasında güncellemeden sonra hesaplanan mod gerçekleşme değerlerinin modlar arası etkilerini göz önüne alan dağılımı verilmiştir. Takip eden bölümde verilen Tablo 15.4.1’de nümerik model modal kütle katılım oranlarından görüleceği gibi yapı %73’lük modal kütle katılım oranıyla ilk modda x yönünde yanal davranışı biraz burulma etkisiyle göstermiştir. İkinci sırada y yönünde %75’lik modal kütle katılımıyla yanal modu %47’lik modal kütle katılım oranıyla ilk burulma izlemektedir. Sonraki yanal modlar burulma etkisinde gerçekleşirken modlardaki davranış sırası tekrar etmektedir. Modal etki-ilişki dağılımında 3. sırada gerçekleşen burulma gerçekleşme tutarlılığı düşük olup sonraki yanal modlarda tutarlılık yükseltilmiştir. Çalışmamızda yapı karakteristik davranış sırası içinde açığa çıkan hâkim yanal modların tutarlılığının sağlanması analizler için yeterli olduğu için güncellenmiş sonlu eleman modelinin güvenilir olarak analizlerde kullanılabilme imkanı oluşmuştur.

#### 15.4 Modal Analiz Sonuçları

Yapı analizinde, günümüz hesap teknolojileri içinde kullanılan sonlu eleman analiz (SEA) paket programlarından SAP2000 (2011) yazılımı modal analizlerde kullanılmıştır. Analizi yapılacak yapının geometrik, malzeme, yük ve sınır şartlarının laboratuvar ve arazi raporlarından derlenen bilgiler ışığında modellenmesiyle güvenilir ve gerçeğe yakın yapı nümerik model modal davranışı elde edilmiştir. Yapının titreşim modlarının, modal frekanslarının ve mod şekil bilgilerinin çalıştığımız mevcut yapıyı temsil etme tutarlılığını yükseltmek için uygulanan güncellemeler sonucu kalibre edilmiş mühendislik parametreleriyle gerçeği olabilecek doğrulukta yansıtan ve modellemeden kaynaklanan hataları tartışma dışına çıkaran son nümerik model sonuçlarıyla, deneysel modal sonuçlarını kabul edilebilir seviyede ilk önemli hâkim modlar için örtüşüren güncellenmiş modelin modal frekansları ve modal kütle katılım oranları Tablo 15.4.1’de özetlenmiştir.

Tablo 15.4.1 Modal kütle katılım oranları

Modal Participating Mass Ratios										
OutputCase	StepType	StepNum	Period	Frequency	UX	UY	UZ	RX	RY	RZ
Text	Text	Unitless	Sec	Cyc/sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	0,567624	1,7617	0,72853	0,0049	1,1E-05	0,00437	0,7393	0,24715
MODAL	Mode	2	0,498859	2,0046	0,01264	0,75486	8,34E-06	0,64242	0,01221	0,06989
MODAL	Mode	3	0,443986	2,2523	0,04629	0,03042	7,4E-07	0,02607	0,04396	0,47133
MODAL	Mode	4	0,190815	5,2407	0,11027	0,00063	1,45E-05	1,05E-05	0,00051	0,03903
MODAL	Mode	5	0,16713	5,9834	0,00232	0,10716	5,67E-05	0,00043	4,43E-07	0,00651
MODAL	Mode	6	0,152388	6,5622	0,00619	0,00995	1,04E-05	2,75E-05	3,49E-05	0,07442
MODAL	Mode	7	0,110114	9,0815	0,04092	8,96E-05	3,7E-05	2,03E-05	0,00327	0,01331
MODAL	Mode	8	0,095614	10,459	0,00072	0,03933	9,95E-05	0,0022	1,46E-05	0,00187
MODAL	Mode	9	0,088807	11,26	0,00221	0,00567	4,71E-05	0,00038	0,00022	0,02935
MODAL	Mode	10	0,078025	12,816	0,0211	1,41E-05	0,0002	5,46E-05	7,89E-05	0,00623
MODAL	Mode	11	0,066976	14,931	0,00048	0,01662	0,01945	0,00094	0,00299	0,00024
MODAL	Mode	12	0,06491	15,406	0,00041	8,28E-05	0,37917	0,03212	0,06399	0,00113

Önemli modların bulunduğu hücrelerin renklendirildiği Tablo 15.4.1'den görüleceği gibi yapı %73'lük modal kütle katılım oranıyla ilk modda x yönünde yanal davranışı biraz burulma etkisiyle göstermiştir. İkinci sırada y yönünde %75'lik modal kütle katılımıyla yanal modu %47'lik modal kütle katılım oranıyla ilk burulma izlemektedir. X yönünde, y yönünde ve burulmayla ilk modlarda görülen sıra ikinci kez %11, %10 ve %7'lik modal kütle katılım oranlarıyla x ve y yönlerinde yatay ve sonrasında burulma modları olmak üzere ikinci kez tekrar etmiştir. Benzer şekilde, üçüncü kez x ve y yönlerinde yanal modları takip eden burulma modu sırasıyla %4, %4 ve %3'lük modal kütle katılım oranlarıyla 7, 8 ve 9. sırada görülmektedir.

## 15.5 Sonuç

Serbest titreşim yük şartlarında davranışları izlenen çalışma yapısı için oluşturulmuş olan nümerik model güncellenmiş son haliyle hedef hâkim yatay x ve y yönü modlarını mevcutta izlendiği gibi bu planda çok büyük iki yönlü muntazam mütemadi az katlı rijid çerçeve Sakarya SSK binası için sağlamıştır. Çalışmamızda hâkim yanal mod tutarlılığının sağlanması analizlerde yeterli olması nedeniyle güncellenmiş sonlu eleman modelinin güvenilir olarak analizlerde kullanılabilme imkanı oluşmuştur.



**EK – 3**

**Proje No: 108M303**

**Bina Performanslarının Doğrusal Elastik Hesap  
Yöntemi ve Doğrusal Elastik Olmayan Hesap  
Yöntemleri ile Belirlenmesi**

EYLÜL 2011  
SAKARYA

EK-3

**İÇİNDEKİLER**

Kapak	1
3.1 Kalibre Edilmemiş Modellerin Türkiye Deprem Şartnamesine Göre Performanslarının Belirlenmesi	10
3.2 Kalibre Edilmiş Modellerin Türkiye Deprem Şartnamesine Göre Performanslarının Belirlenmesi	52

**ŞEKİLLER TABLOSU**

Şekil 1.a. Adapazarı'nda Altınışik Sitesi A Blok'un Doğrusal Elastik Yönteme göre x-yönünde bina performans kontrolü. Bina x-yönünde "can güvenliği" performansını sağlamaktadır	10
Şekil 1.b. Adapazarı'nda Altınışik Sitesi A Blok'un Doğrusal Elastik Yönteme göre y-yönünde bina performans kontrolü. Bina y-yönünde "can güvenliği" performansını sağlamaktadır	10
Şekil 1.c. Adapazarı'nda Altınışik Sitesi A Blok'un Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre x-yönünde bina yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi	11
Şekil 1.d. Adapazarı'nda Altınışik Sitesi A Blok'un Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre x-yönünde bina performans kontrolü. Bina x-yönünde "can güvenliği" performansını sağlamaktadır	11
Şekil 1.e. Adapazarı'nda Altınışik Sitesi A Blok'un Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre y-yönünde bina yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi	12
Şekil 1.f. Adapazarı'nda Altınışik Sitesi A Blok'un Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre y-yönünde bina performans kontrolü. Bina y-yönünde "can güvenliği" performansını sağlamaktadır	12
Şekil 2.a. Gölcük' te Aydın Bak Sitesi 1. Blok' un Doğrusal Elastik Yönteme göre x-yönünde bina performans kontrolü. Bina x-yönünde "hemen kullanım" performansını sağlamaktadır	13
Şekil 2.b. Gölcük' te Aydın Bak Sitesi 1. Blok'un Doğrusal Elastik Yönteme göre y-yönünde bina performans kontrolü. Bina y-yönünde "can güvenliği" performansını sağlamaktadır	13
Şekil 2.c. Gölcük' te Aydın Bak Sitesi 1. Blok'un Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre x-yönünde bina yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi	14
Şekil 2.d. Gölcük' te Aydın Bak Sitesi 1 Blok'un Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre x-yönünde bina performans kontrolü. Bina x-yönünde "hemen kullanım" performansını sağlamaktadır	14
Şekil 2.e. Gölcük' te Aydın Bak Sitesi 1. Blok'un Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre y-yönünde bina yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi	15
Şekil 2.f. Gölcük' te Aydın Bak Sitesi 1. Blok'un Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre y-yönünde bina performans kontrolü. Bina y-yönünde "hemen kullanım" performansını sağlamaktadır	15
Şekil 3.a. Gölcük' te Aydın Bak Sitesi 2. Blok'un Doğrusal Elastik Yönteme göre x-yönünde bina performans kontrolü. Bina x-yönünde "hemen kullanım" performansını sağlamaktadır	16
Şekil 3.b. Gölcük' te Aydın Bak Sitesi 2. Blok'un Doğrusal Elastik Yönteme göre y-yönünde bina performans kontrolü. Bina y-yönünde "can güvenliği" performansını sağlamaktadır	16
Şekil 3.c. Gölcük' te Aydın Bak Sitesi 2. Blok'un Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre x-yönünde bina yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi	17
Şekil 1.d. Adapazarı'nda Altınışik Sitesi A Blok'un Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre x-yönünde bina performans kontrolü. Bina x-yönünde "hemen kullanım" performansını sağlamaktadır	17
Şekil 3.e. Gölcük' te Aydın Bak Sitesi 2. Blok'un Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre y-yönünde bina yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi	18
Şekil 3.f. Gölcük' te Aydın Bak Sitesi 2. Blok'un Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre y-yönünde bina performans kontrolü. Bina y-yönünde "hemen kullanım" performansını sağlamaktadır	18
Şekil 4.a. Adapazarı'nda Cincioğlu Apartmanı' nın Doğrusal Elastik Yönteme göre x-yönünde bina performans kontrolü. Bina x-yönünde "göçmenin önlenmesi" performansını sağlamaktadır	19
Şekil 4.b. Adapazarı'nda Cincioğlu Apartmanı' nın Doğrusal Elastik Yönteme göre y-yönünde bina performans kontrolü. Bina y-yönünde "göçme" performansını sağlamaktadır	19
Şekil 4.c. Adapazarı'nda Cincioğlu Apartmanı' nın Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre x-yönünde bina yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi	20
Şekil 4.d. Adapazarı'nda Cincioğlu Apartmanı' nın Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre x-yönünde bina performans kontrolü. Bina x-yönünde "can güvenliği" performansını sağlamaktadır	20
Şekil 4.e. Adapazarı'nda Cincioğlu Apartmanı' nın Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre y-yönünde bina yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi	21
Şekil 4.f. Adapazarı'nda Cincioğlu Apartmanı' nın Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre y-yönünde bina performans kontrolü. Bina y-yönünde "can güvenliği" performansını sağlamaktadır	21
Şekil 5.a. Adapazarı'nda Dayal İnşaat A Blok'un Doğrusal Elastik Yönteme göre x-yönünde bina performans kontrolü. Bina x-yönünde "can güvenliği" performansını sağlamaktadır	22

Şekil 5.b. Adapazarı'nda Dayal İnşaat A Blok'un Doğrusal Elastik Yönteme göre y-yönünde bina performans kontrolü. Bina y-yönünde "göçme" performansını sağlamaktadır	22
Şekil 5.c. Adapazarı'nda Dayal İnşaat A Blok'un Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre x-yönünde bina yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi	23
Şekil 5.e. Adapazarı'nda Dayal İnşaat A Blok'un Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre y-yönünde bina yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi	24
Şekil 5.f. Adapazarı'nda Dayal İnşaat A Blok'un Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre y-yönünde bina performans kontrolü. Bina y-yönünde "can güvenliği" performansını sağlamaktadır	24
Şekil 6.a. Gölcük'te Durusoy Apartmanı' nın Doğrusal Elastik Yönteme göre x-yönünde bina performans kontrolü. Bina x-yönünde "göçme" performansını sağlamaktadır	25
Şekil 6.b. Gölcük'te Durusoy Apartmanı' nın Doğrusal Elastik Yönteme göre y-yönünde bina performans kontrolü. Bina y-yönünde "göçme" performansını sağlamaktadır	25
Şekil 6.c. Gölcük'te Durusoy Apartmanı' nın Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre x-yönünde bina yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi	26
Şekil 6.d. Gölcük'te Durusoy Apartmanı' nın Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre x-yönünde bina performans kontrolü. Bina x-yönünde "can güvenliği" performansını sağlamaktadır	26
Şekil 6.e. Gölcük'te Durusoy Apartmanı' nın Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre y-yönünde bina yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi	27
Şekil 6.f. Gölcük'te Durusoy Apartmanı' nın Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre y-yönünde bina performans kontrolü. Bina y-yönünde "hemen kullanım" performansını sağlamaktadır	27
Şekil 7.a. Gölcük' te Hisar Apartmanı A Blok'un Doğrusal Elastik Yönteme göre x-yönünde bina performans kontrolü. Bina x-yönünde "göçme" performansını sağlamaktadır	28
Şekil 7.b. Gölcük' te Hisar Apartmanı A Blok'un Doğrusal Elastik Yönteme göre y-yönünde bina performans kontrolü. Bina y-yönünde "can güvenliği" performansını sağlamaktadır	28
Şekil 7.c. Gölcük' te Hisar Apartmanı A Blok'un Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre x-yönünde bina yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi	29
Şekil 7.d. Gölcük' te Hisar Apartmanı A Blok'un Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre x-yönünde bina performans kontrolü. Bina x-yönünde "göçme" performansını sağlamaktadır	29
Şekil 7.e. Gölcük' te Hisar Apartmanı A Blok'un Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre y-yönünde bina yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi	30
Şekil 7.f. Gölcük' te Hisar Apartmanı A Blok'un Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre y-yönünde bina performans kontrolü. Bina y-yönünde "hemen kullanım" performansını sağlamaktadır	30
Şekil 8.a. Gölcük'te Hikmet Şahin Apartmanı'nın Doğrusal Elastik Yönteme göre x-yönünde bina performans kontrolü. Bina x-yönünde "can güvenliği" performansını sağlamaktadır	31
Şekil 8.b. Gölcük'te Hikmet Şahin Apartmanı'nın Doğrusal Elastik Yönteme göre y-yönünde bina performans kontrolü. Bina y-yönünde "can güvenliği" performansını sağlamaktadır	31
Şekil 8.c. Gölcük'te Hikmet Şahin Apartmanı'nın Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre x-yönünde bina yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi	32
Şekil 8.d. Gölcük'te Hikmet Şahin Apartmanı'nın Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre x-yönünde bina performans kontrolü. Bina x-yönünde "hemen kullanım" performansını sağlamaktadır	32
Şekil 8.e. Gölcük'te Hikmet Şahin Apartmanı'nın Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre y-yönünde bina yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi	33
Şekil 8.f. Gölcük'te Hikmet Şahin Apartmanı'nın Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre y-yönünde bina performans kontrolü. Bina y-yönünde "can güvenliği" performansını sağlamaktadır	33
Şekil 9.a. Adapazarı'nda Karadere Apartmanı'nın Doğrusal Elastik Yönteme göre x-yönünde bina performans kontrolü. Bina x-yönünde "can güvenliği" performansını sağlamaktadır	34
Şekil 9.b. Adapazarı'nda Karadere Apartmanı'nın Doğrusal Elastik Yönteme göre y-yönünde bina performans kontrolü. Bina y-yönünde "can güvenliği" performansını sağlamaktadır	34
Şekil 9.c. Adapazarı'nda Karadere Apartmanı'nın Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre x-yönünde bina yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi	35
Şekil 9.d. Adapazarı'nda Karadere Apartmanı'nın Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre x-yönünde bina performans kontrolü. Bina x-yönünde "göçme" performansını sağlamaktadır	35

Şekil 9.e. Adapazarı'nda Karadere Apartmanı'nın Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre y-yönünde bina yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi	36
Şekil 9.f. Adapazarı'nda Karadere Apartmanı'nın Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre y-yönünde bina performans kontrolü. Bina y-yönünde "göçme" performansını sağlamaktadır	36
Şekil 10.a. Gölcük'te Karamürsel Ahmet Levent Sitesi A Blok'un Doğrusal Elastik Yönteme göre x-yönünde bina performans kontrolü. Bina x-yönünde "can güvenliği" performansını sağlamaktadır	37
Şekil 10.b. Gölcük'te Karamürsel Ahmet Levent Sitesi A Blok'un Doğrusal Elastik Yönteme göre y-yönünde bina performans kontrolü. Bina y-yönünde "can güvenliği" performansını sağlamaktadır	37
Şekil 10.c. Gölcük'te Karamürsel Ahmet Levent Sitesi A Blok'un Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre x-yönünde bina yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi	38
Şekil 10.d. Gölcük'te Karamürsel Ahmet Levent Sitesi A Blok'un Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre x-yönünde bina performans kontrolü. Bina x-yönünde "hemen kullanım" performansını sağlamaktadır	38
Şekil 10.e. Gölcük'te Karamürsel Ahmet Levent Sitesi A Blok'un Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre y-yönünde bina yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi	39
Şekil 10.f. Gölcük'te Karamürsel Ahmet Levent Sitesi A Blok'un Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre y-yönünde bina performans kontrolü. Bina y-yönünde "hemen kullanım" performansını sağlamaktadır	39
Şekil 11.a. Adapazarı'nda Kardeşler Apartmanı B Blok'un Doğrusal Elastik Yönteme göre x-yönünde bina performans kontrolü. Bina x-yönünde "can güvenliği" performansını sağlamaktadır	40
Şekil 11.b. Adapazarı'nda Kardeşler Apartmanı B Blok'un Doğrusal Elastik Yönteme göre y-yönünde bina performans kontrolü. Bina y-yönünde "can güvenliği" performansını sağlamaktadır	40
Şekil 11.c. Adapazarı'nda Kardeşler Apartmanı B Blok'un Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre x-yönünde bina yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi	41
Şekil 11.d. Adapazarı'nda Kardeşler Apartmanı B Blok'un Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre x-yönünde bina performans kontrolü. Bina x-yönünde "göçme" performansını sağlamaktadır	41
Şekil 11.e. Adapazarı'nda Kardeşler Apartmanı B Blok'un Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre y-yönünde bina yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi	42
Şekil 11.f. Adapazarı'nda Kardeşler Apartmanı B Blok'un Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre y-yönünde bina performans kontrolü. Bina y-yönünde "hemen kullanım" performansını sağlamaktadır	42
Şekil 12.a. Adapazarı'nda SSK Hizmet Binası'nın Doğrusal Elastik Yönteme göre x-yönünde bina performans kontrolü. Bina x-yönünde "göçme" performansını sağlamaktadır	43
Şekil 12.b. Adapazarı'nda SSK Hizmet Binası'nın Doğrusal Elastik Yönteme göre y-yönünde bina performans kontrolü. Bina y-yönünde "göçme" performansını sağlamaktadır	43
Şekil 12.c. Adapazarı'nda SSK Hizmet Binası'nın Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre x-yönünde bina yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi	44
Şekil 12.d. Adapazarı'nda SSK Hizmet Binası'nın Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre x-yönünde bina performans kontrolü. Bina x-yönünde "hemen kullanım" performansını sağlamaktadır	44
Şekil 12.e. Adapazarı'nda SSK Hizmet Binası'nın Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre y-yönünde bina yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi	45
Şekil 12.f. Adapazarı'nda SSK Hizmet Binası'nın Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre y-yönünde bina performans kontrolü. Bina y-yönünde "hemen kullanım" performansını sağlamaktadır	45
Şekil 13.a. Adapazarı'nda Yan Sokak Binası'nın Doğrusal Elastik Yönteme göre x-yönünde bina performans kontrolü. Bina x-yönünde "can güvenliği" performansını sağlamaktadır	46
Şekil 13.b. Adapazarı'nda Yan Sokak Binası'nın Doğrusal Elastik Yönteme göre y-yönünde bina performans kontrolü. Bina y-yönünde "can güvenliği" performansını sağlamaktadır	46
Şekil 13.c. Adapazarı'nda Yan Sokak Binası'nın Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre x-yönünde bina yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi	47
Şekil 13.d. Adapazarı'nda Yan Sokak Binası'nın Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre x-yönünde bina performans kontrolü. Bina x-yönünde "can güvenliği" performansını sağlamaktadır	47
Şekil 13.e. Adapazarı'nda Yan Sokak Binası'nın Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre y-yönünde bina yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi	48
Şekil 13.f. Adapazarı'nda Yan Sokak Binası'nın Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre y-yönünde bina performans kontrolü. Bina y-yönünde "hemen kullanım" performansını sağlamaktadır	48

Şekil 14.a. Adapazarı'nda Ekşioğlu Apartmanı'nın Doğrusal Elastik Yönteme göre x-yönünde bina performans kontrolü. Bina x-yönünde "can güvenliği" performansını sağlamaktadır	49
Şekil 14.b. Adapazarı'nda Ekşioğlu Apartmanı'nın Doğrusal Elastik Yönteme göre y-yönünde bina performans kontrolü. Bina y-yönünde "göçme" performansını sağlamaktadır	49
Şekil 14.c. Adapazarı'nda Ekşioğlu Apartmanı'nın Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre x-yönünde bina yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi	50
Şekil 14.d. Adapazarı'nda Ekşioğlu Apartmanı'nın Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre x-yönünde bina performans kontrolü. Bina x-yönünde "hemen kullanım" performansını sağlamaktadır	50
Şekil 14.e. Adapazarı'nda Ekşioğlu Apartmanı'nın Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre y-yönünde bina yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi	51
Şekil 14.f. Adapazarı'nda Ekşioğlu Apartmanı'nın Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre y-yönünde bina performans kontrolü. Bina y-yönünde "göçme" performansını sağlamaktadır	51
Şekil 15.a. Adapazarı'nda Altınışık Sitesi A Blok'un Doğrusal Elastik Yönteme göre x-yönünde bina performans kontrolü. Bina x-yönünde "can güvenliği" performansını sağlamaktadır	52
Şekil 15.b. Adapazarı'nda Altınışık Sitesi A Blok'un Doğrusal Elastik Yönteme göre y-yönünde bina performans kontrolü. Bina y-yönünde "can güvenliği" performansını sağlamaktadır	52
Şekil 15.c. Adapazarı'nda Altınışık Sitesi A Blok'un Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre x-yönünde bina yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi	53
Şekil 15.d. Adapazarı'nda Altınışık Sitesi A Blok'un Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre x-yönünde bina performans kontrolü. Bina x-yönünde "hemen kullanım" performansını sağlamaktadır	53
Şekil 15.e. Adapazarı'nda Altınışık Sitesi A Blok'un Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre y-yönünde bina yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi	54
Şekil 15.f. Adapazarı'nda Altınışık Sitesi A Blok'un Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre y-yönünde bina performans kontrolü. Bina y-yönünde "hemen kullanım" performansını sağlamaktadır	54
Şekil 16.a. Gölcük' te Aydın Bak Sitesi 1. Blok' un Doğrusal Elastik Yönteme göre x-yönünde bina performans kontrolü. Bina x-yönünde "can güvenliği" performansını sağlamaktadır	55
Şekil 16.b. Gölcük' te Aydın Bak Sitesi 1. Blok'un Doğrusal Elastik Yönteme göre y-yönünde bina performans kontrolü. Bina y-yönünde "can güvenliği" performansını sağlamaktadır	55
Şekil 16.c. Gölcük' te Aydın Bak Sitesi 1. Blok'un Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre x-yönünde bina yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi	56
Şekil 16.d. Gölcük' te Aydın Bak Sitesi 1 Blok'un Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre x-yönünde bina performans kontrolü. Bina x-yönünde "hemen kullanım" performansını sağlamaktadır	56
Şekil 16.e. Gölcük' te Aydın Bak Sitesi 1. Blok'un Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre y-yönünde bina yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi	57
Şekil 16.f. Gölcük' te Aydın Bak Sitesi 1. Blok'un Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre y-yönünde bina performans kontrolü. Bina y-yönünde "hemen kullanım" performansını sağlamaktadır	57
Şekil 17.a. Gölcük' te Aydın Bak Sitesi 2. Blok' un Doğrusal Elastik Yönteme göre x-yönünde bina performans kontrolü. Bina x-yönünde "hemen kullanım" performansını sağlamaktadır	58
Şekil 17.b. Gölcük' te Aydın Bak Sitesi 2. Blok'un Doğrusal Elastik Yönteme göre y-yönünde bina performans kontrolü. Bina y-yönünde "can güvenliği" performansını sağlamaktadır	58
Şekil 17.c. Gölcük' te Aydın Bak Sitesi 2. Blok'un Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre x-yönünde bina yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi	59
Şekil 17.d. Gölcük' te Aydın Bak Sitesi 2 Blok'un Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre x-yönünde bina performans kontrolü. Bina x-yönünde "hemen kullanım" performansını sağlamaktadır	59
Şekil 17.e. Gölcük' te Aydın Bak Sitesi 2. Blok'un Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre y-yönünde bina yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi	60
Şekil 17.f. Gölcük' te Aydın Bak Sitesi 2. Blok'un Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre y-yönünde bina performans kontrolü. Bina y-yönünde "hemen kullanım" performansını sağlamaktadır	60
Şekil 18.a. Adapazarı'nda Cincioğlu Apartmanı' nın Doğrusal Elastik Yönteme göre x-yönünde bina performans kontrolü. Bina x-yönünde "can güvenliği" performansını sağlamaktadır	61
Şekil 18.b. Adapazarı'nda Cincioğlu Apartmanı' nın Doğrusal Elastik Yönteme göre y-yönünde bina performans kontrolü. Bina y-yönünde "can güvenliği" performansını sağlamaktadır	61



Şekil 18.c. Adapazarı'nda Cincioğlu Apartmanı' nın Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre x-yönünde bina yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi	62
Şekil 18.d. Adapazarı'nda Cincioğlu Apartmanı' nın Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre x-yönünde bina performans kontrolü. Bina x-yönünde "can güvenliği" performansını sağlamaktadır	62
Şekil 18.e. Adapazarı'nda Cincioğlu Apartmanı' nın Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre y-yönünde bina yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi	63
Şekil 18.f. Adapazarı'nda Cincioğlu Apartmanı' nın Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre y-yönünde bina performans kontrolü. Bina y-yönünde "göçme" performansını sağlamaktadır	63
Şekil 19.a. Adapazarı'nda Dayal İnşaat A Blok'un Doğrusal Elastik Yönteme göre x-yönünde bina performans kontrolü. Bina x-yönünde "göçme" performansını sağlamaktadır	64
Şekil 19.b. Adapazarı'nda Dayal İnşaat A Blok'un Doğrusal Elastik Yönteme göre y-yönünde bina performans kontrolü. Bina y-yönünde "göçme" performansını sağlamaktadır	64
Şekil 19.c. Adapazarı'nda Dayal İnşaat A Blok'un Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre x-yönünde bina yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi	65
Şekil 19.e. Adapazarı'nda Dayal İnşaat A Blok'un Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre y-yönünde bina yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi	66
Şekil 19.f. Adapazarı'nda Dayal İnşaat A Blok'un Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre y-yönünde bina performans kontrolü. Bina y-yönünde "hemen kullanım" performansını sağlamaktadır	66
Şekil 20.a. Gölcük'te Durusoy Apartmanı' nın Doğrusal Elastik Yönteme göre x-yönünde bina performans kontrolü. Bina x-yönünde "göçme" performansını sağlamaktadır	67
Şekil 20.b. Gölcük'te Durusoy Apartmanı' nın Doğrusal Elastik Yönteme göre y-yönünde bina performans kontrolü. Bina y-yönünde "göçme" performansını sağlamaktadır	67
Şekil 20.c. Gölcük'te Durusoy Apartmanı' nın Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre x-yönünde bina yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi	68
Şekil 20.d. Gölcük'te Durusoy Apartmanı' nın Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre x-yönünde bina performans kontrolü. Bina x-yönünde "hemen kullanım" performansını sağlamaktadır	68
Şekil 20.e. Gölcük'te Durusoy Apartmanı' nın Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre y-yönünde bina yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi	69
Şekil 20.f. Gölcük'te Durusoy Apartmanı' nın Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre y-yönünde bina performans kontrolü. Bina y-yönünde "hemen kullanım" performansını sağlamaktadır	69
Şekil 21.a. Gölcük' te Hisar Apartmanı A Blok'un Doğrusal Elastik Yönteme göre x-yönünde bina performans kontrolü. Bina x-yönünde "göçme" performansını sağlamaktadır	70
Şekil 21.b. Gölcük' te Hisar Apartmanı A Blok'un Doğrusal Elastik Yönteme göre y-yönünde bina performans kontrolü. Bina y-yönünde "göçme" performansını sağlamaktadır	70
Şekil 21.c. Gölcük' te Hisar Apartmanı A Blok'un Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre x-yönünde bina yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi	71
Şekil 21.d. Gölcük' te Hisar Apartmanı A Blok'un Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre x-yönünde bina performans kontrolü. Bina x-yönünde "can güvenliği" performansını sağlamaktadır	71
Şekil 21.e. Gölcük' te Hisar Apartmanı A Blok'un Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre y-yönünde bina yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi	72
Şekil 21.f. Gölcük' te Hisar Apartmanı A Blok'un Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre y-yönünde bina performans kontrolü. Bina y-yönünde "can güvenliği" performansını sağlamaktadır	72
Şekil 22.a. Gölcük'te Hikmet Şahin Apartmanı'nın Doğrusal Elastik Yönteme göre x-yönünde bina performans kontrolü. Bina x-yönünde "can güvenliği" performansını sağlamaktadır	73
Şekil 22.b. Gölcük'te Hikmet Şahin Apartmanı'nın Doğrusal Elastik Yönteme göre y-yönünde bina performans kontrolü. Bina y-yönünde "can güvenliği" performansını sağlamaktadır	73
Şekil 22.c. Gölcük'te Hikmet Şahin Apartmanı'nın Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre x-yönünde bina yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi	74
Şekil 22.d. Gölcük'te Hikmet Şahin Apartmanı'nın Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre x-yönünde bina performans kontrolü. Bina x-yönünde "hemen kullanım" performansını sağlamaktadır	74
Şekil 22.e. Gölcük'te Hikmet Şahin Apartmanı'nın Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre y-yönünde bina yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi	75

Şekil 22.f. Gölcük'te Hikmet Şahin Apartmanı'nın Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre y-yönünde bina performans kontrolü. Bina y-yönünde "hemen kullanım" performansını sağlamaktadır	75
Şekil 23.a. Adapazarı'nda Karadere Apartmanı'nın Doğrusal Elastik Yönteme göre x-yönünde bina performans kontrolü. Bina x-yönünde "göçme" performansını sağlamaktadır	76
Şekil 23.b. Adapazarı'nda Karadere Apartmanı'nın Doğrusal Elastik Yönteme göre y-yönünde bina performans kontrolü. Bina y-yönünde "göçme" performansını sağlamaktadır	76
Şekil 23.c. Adapazarı'nda Karadere Apartmanı'nın Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre x-yönünde bina yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi	77
Şekil 23.d. Adapazarı'nda Karadere Apartmanı'nın Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre x-yönünde bina performans kontrolü. Bina x-yönünde "hemen kullanım" performansını sağlamaktadır	77
Şekil 23.e. Adapazarı'nda Karadere Apartmanı'nın Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre y-yönünde bina yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi	78
Şekil 23.f. Adapazarı'nda Karadere Apartmanı'nın Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre y-yönünde bina performans kontrolü. Bina y-yönünde "hemen kullanım" performansını sağlamaktadır	78
Şekil 24.a. Gölcük'te Karamürsel Ahmet Levent Sitesi A Blok'un Doğrusal Elastik Yönteme göre x-yönünde bina performans kontrolü. Bina x-yönünde "göçmenin önlenmesi" performansını sağlamaktadır	79
Şekil 24.b. Gölcük'te Karamürsel Ahmet Levent Sitesi A Blok'un Doğrusal Elastik Yönteme göre y-yönünde bina performans kontrolü. Bina y-yönünde "can güvenliği" performansını sağlamaktadır	79
Şekil 24.c. Gölcük'te Ahmet Levent Sitesi A Blok'un Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre x-yönünde bina yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi	80
Şekil 24.d. Gölcük'te Karamürsel Ahmet Levent Sitesi A Blok'un Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre x-yönünde bina performans kontrolü. Bina x-yönünde "can güvenliği" performansını sağlamaktadır	80
Şekil 24.e. Gölcük'te Karamürsel Ahmet Levent Sitesi A Blok'un Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre y-yönünde bina yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi	81
Şekil 24.f. Gölcük'te Ahmet Levent Sitesi A Blok'un Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre y-yönünde bina performans kontrolü. Bina y-yönünde "hemen kullanım" performansını sağlamaktadır	81
Şekil 25.a. Adapazarı'nda Kardeşler Apartmanı B Blok'un Doğrusal Elastik Yönteme göre x-yönünde bina performans kontrolü. Bina x-yönünde "göçmenin önlenmesi" performansını sağlamaktadır	82
Şekil 25.b. Adapazarı'nda Kardeşler Apartmanı B Blok'un Doğrusal Elastik Yönteme göre y-yönünde bina performans kontrolü. Bina y-yönünde "göçmenin önlenmesi" performansını sağlamaktadır	82
Şekil 25.c. Adapazarı'nda Kardeşler Apartmanı B Blok'un Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre x-yönünde bina yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi	83
Şekil 25.d. Adapazarı'nda Kardeşler Apartmanı B Blok'un Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre x-yönünde bina performans kontrolü. Bina x-yönünde "hemen kullanım" performansını sağlamaktadır	83
Şekil 25.e. Adapazarı'nda Kardeşler Apartmanı B Blok'un Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre y-yönünde bina yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi	84
Şekil 25.f. Adapazarı'nda Kardeşler Apartmanı B Blok'un Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre y-yönünde bina performans kontrolü. Bina y-yönünde "hemen kullanım" performansını sağlamaktadır	84
Şekil 26.a. Adapazarı'nda SSK Hizmet Binası'nın Doğrusal Elastik Yönteme göre x-yönünde bina performans kontrolü. Bina x-yönünde "can güvenliği" performansını sağlamaktadır	85
Şekil 26.b. Adapazarı'nda SSK Hizmet Binası'nın Doğrusal Elastik Yönteme göre y-yönünde bina performans kontrolü. Bina y-yönünde "can güvenliği" performansını sağlamaktadır	85
Şekil 26.c. Adapazarı'nda SSK Hizmet Binası'nın Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre x-yönünde bina yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi	86
Şekil 26.d. Adapazarı'nda SSK Hizmet Binası'nın Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre x-yönünde bina performans kontrolü. Bina x-yönünde "hemen kullanım" performansını sağlamaktadır	86
Şekil 26.e. Adapazarı'nda SSK Hizmet Binası'nın Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre y-yönünde bina yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi	87
Şekil 26.f. Adapazarı'nda SSK Hizmet Binası'nın Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre y-yönünde bina performans kontrolü. Bina y-yönünde "hemen kullanım" performansını sağlamaktadır	87
Şekil 27a. Adapazarı'nda Yan Sokak Binası'nın Doğrusal Elastik Yönteme göre x-yönünde bina performans kontrolü. Bina x-yönünde "can güvenliği" performansını sağlamaktadır	88

## EK-3

Şekil 27.b. Adapazarı'nda Yan Sokak Binası'nın Doğrusal Elastik Yönteme göre y-yönünde bina performans kontrolü. Bina y-yönünde "can güvenliği" performansını sağlamaktadır	88
Şekil 27.c. Adapazarı'nda Yan Sokak Binası'nın Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre x-yönünde bina yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi	89
Şekil 27.d. Adapazarı'nda Yan Sokak Binası'nın Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre x-yönünde bina performans kontrolü. Bina x-yönünde "hemen kullanım" performansını sağlamaktadır	89
Şekil 27.e. Adapazarı'nda Yan Sokak Binası'nın Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre y-yönünde bina yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi	90
Şekil 27.f. Adapazarı'nda Yan Sokak Binası'nın Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre y-yönünde bina performans kontrolü. Bina y-yönünde "hemen kullanım" performansını sağlamaktadır	90
Şekil 28.a. Adapazarı'nda Ekşioğlü Apartmanı'nın Doğrusal Elastik Yönteme göre x-yönünde bina performans kontrolü. Bina x-yönünde "göçmenin önlenmesi" performansını sağlamaktadır	91
Şekil 28.b. Adapazarı'nda Ekşioğlü Apartmanı'nın Doğrusal Elastik Yönteme göre y-yönünde bina performans kontrolü. Bina y-yönünde "göçmenin önlenmesi" performansını sağlamaktadır	91
Şekil 28.c. Adapazarı'nda Ekşioğlü Apartmanı'nın Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre x-yönünde bina yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi	92
Şekil 28.d. Adapazarı'nda Ekşioğlü Apartmanı'nın Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre x-yönünde bina performans kontrolü. Bina x-yönünde "hemen kullanım" performansını sağlamaktadır	92
Şekil 28.e. Adapazarı'nda Ekşioğlü Apartmanı'nın Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre y-yönünde bina yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi	93
Şekil 28.f. Adapazarı'nda Ekşioğlü Apartmanı'nın Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre y-yönünde bina performans kontrolü. Bina y-yönünde "göçme" performansını sağlamaktadır	93

### 3.1 Kalibre Edilmemiş Modellerin Türkiye Deprem Şartnamesine Göre Performanslarının Belirlenmesi

#### Altınışık Sitesi A Blok

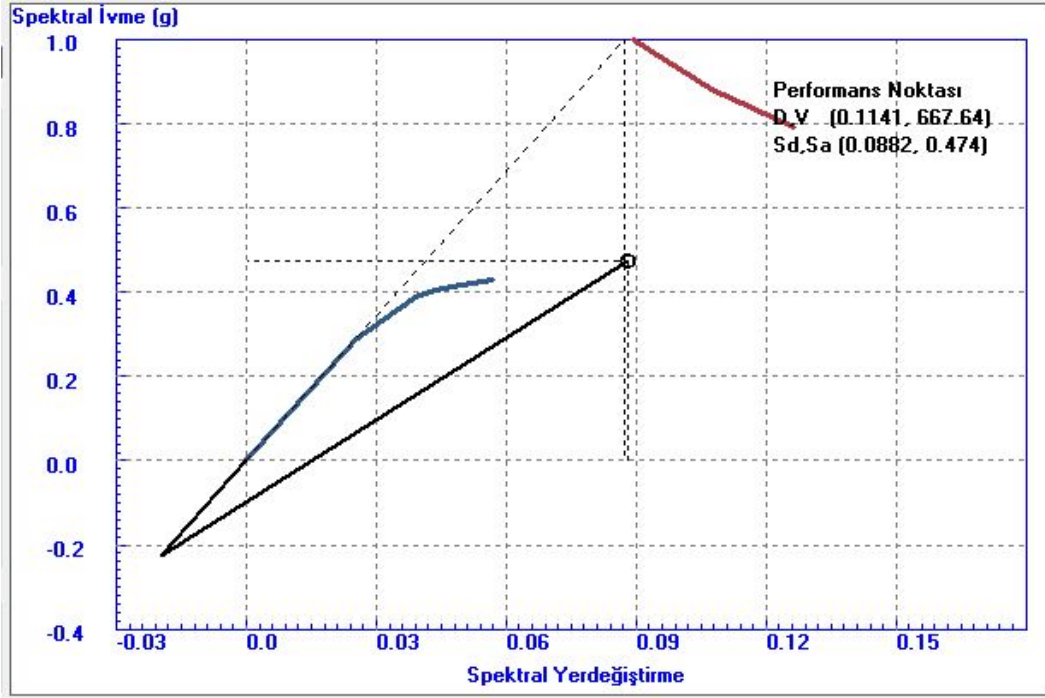
Kat	Eleman	Toplam Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Yuzdesi	V-toplam (t)	V-Saglmyn (t)	Saglamayan V Yuzdesi	Limit
1	Kolonlar:	44	0	0.00	1209.179	0.000	0.00	< 20.00
	Kirisler:	36	0	0.00				< 30.00
2	Kolonlar:	44	0	0.00	1130.493	0.000	0.00	< 20.00
	Kirisler:	28	6	21.43				< 30.00
3	Kolonlar:	44	0	0.00	959.942	0.000	0.00	< 20.00
	Kirisler:	28	0	0.00				< 30.00
4	Kolonlar:	44	0	0.00	712.159	0.000	0.00	< 20.00
	Kirisler:	28	0	0.00				< 30.00
5	Kolonlar:	44	0	0.00	387.819	0.000	0.00	< 40.00
	Kirisler:	28	0	0.00				< 30.00

Şekil 1.a. Adapazarı'nda Altınışık Sitesi A Blok'un Doğrusal Elastik Yönteme göre x-yönünde bina performans kontrolü. Bina x-yönünde "can güvenliği" performansını sağlamaktadır

Kat	Eleman	Toplam Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Yuzdesi	V-toplam (t)	V-Saglmyn (t)	Saglamayan V Yuzdesi	Limit
1	Kolonlar:	44	0	0.00	1203.329	0.000	0.00	< 20.00
	Kirisler:	33	0	0.00				< 30.00
2	Kolonlar:	44	0	0.00	1127.513	0.000	0.00	< 20.00
	Kirisler:	33	0	0.00				< 30.00
3	Kolonlar:	44	0	0.00	958.001	0.000	0.00	< 20.00
	Kirisler:	33	0	0.00				< 30.00
4	Kolonlar:	44	0	0.00	711.092	0.000	0.00	< 20.00
	Kirisler:	33	0	0.00				< 30.00
5	Kolonlar:	44	0	0.00	390.931	0.000	0.00	< 40.00
	Kirisler:	33	0	0.00				< 30.00

Şekil 1.b. Adapazarı'nda Altınışık Sitesi A Blok'un Doğrusal Elastik Yönteme göre y-yönünde bina performans kontrolü. Bina y-yönünde "can güvenliği" performansını sağlamaktadır

EK-3

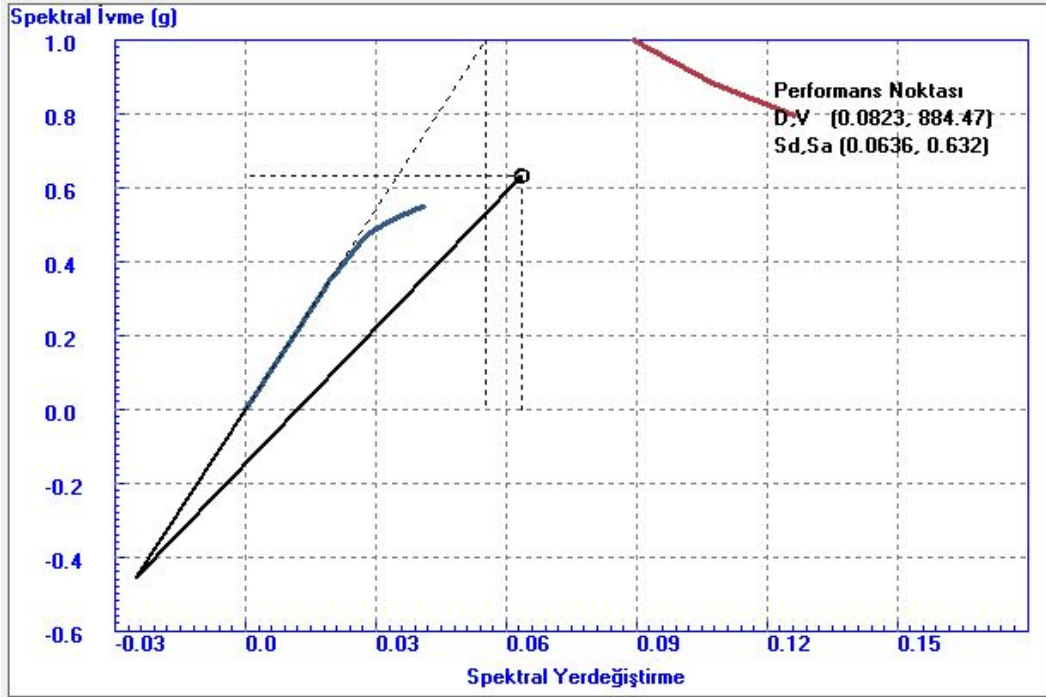


Şekil 1.c. Adapazarı'nda Altınışık Sitesi A Blok'un Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre x-yönünde bina yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi

Kat	Eleman	Toplam Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Yuzdesi	V-toplam (t)	V-Saglmyrn (t)	Saglamayan V Yuzdesi	Limit
1	Kolonlar:	44	0	0.00	647.679	0.000	0.00	< 0.00
	Kirisler:	108	0	0.00				< 10.00
2	Kolonlar:	44	0	0.00	609.641	0.000	0.00	< 0.00
	Kirisler:	100	0	0.00				< 10.00
3	Kolonlar:	44	0	0.00	519.090	0.000	0.00	< 0.00
	Kirisler:	100	0	0.00				< 10.00
4	Kolonlar:	44	0	0.00	383.249	0.000	0.00	< 0.00
	Kirisler:	100	0	0.00				< 10.00
5	Kolonlar:	44	0	0.00	209.290	0.000	0.00	< 0.00
	Kirisler:	100	0	0.00				< 10.00

Şekil 1.d. Adapazarı'nda Altınışık Sitesi A Blok'un Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre x-yönünde bina performans kontrolü. Bina x-yönünde "can güvenliği" performansını sağlamaktadır

EK-3



Şekil 1.e. Adapazarı'nda Altınışık Sitesi A Blok'un Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre y-yönünde bina yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi

Kat	Eleman	Toplam Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Yuzdesi	V-toplam (t)	V-Saglmyn (t)	Saglamayan V Yuzdesi	Limit
1	Kolonlar: Kirisler:	44 108	1 0	2.27 0.00	848.226	55.050	6.49	< 20.00 < 30.00
2	Kolonlar: Kirisler:	44 100	0 0	0.00 0.00	799.720	0.000	0.00	< 20.00 < 30.00
3	Kolonlar: Kirisler:	44 100	0 0	0.00 0.00	681.396	0.000	0.00	< 20.00 < 30.00
4	Kolonlar: Kirisler:	44 100	0 0	0.00 0.00	497.306	0.000	0.00	< 20.00 < 30.00
5	Kolonlar: Kirisler:	44 100	0 0	0.00 0.00	282.829	0.000	0.00	< 40.00 < 30.00

Şekil 1.f. Adapazarı'nda Altınışık Sitesi A Blok'un Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre y-yönünde bina performans kontrolü. Bina y-yönünde "can güvenliği" performansını sağlamaktadır



EK-3

**Aydın Bak Sitesi Blok 1**

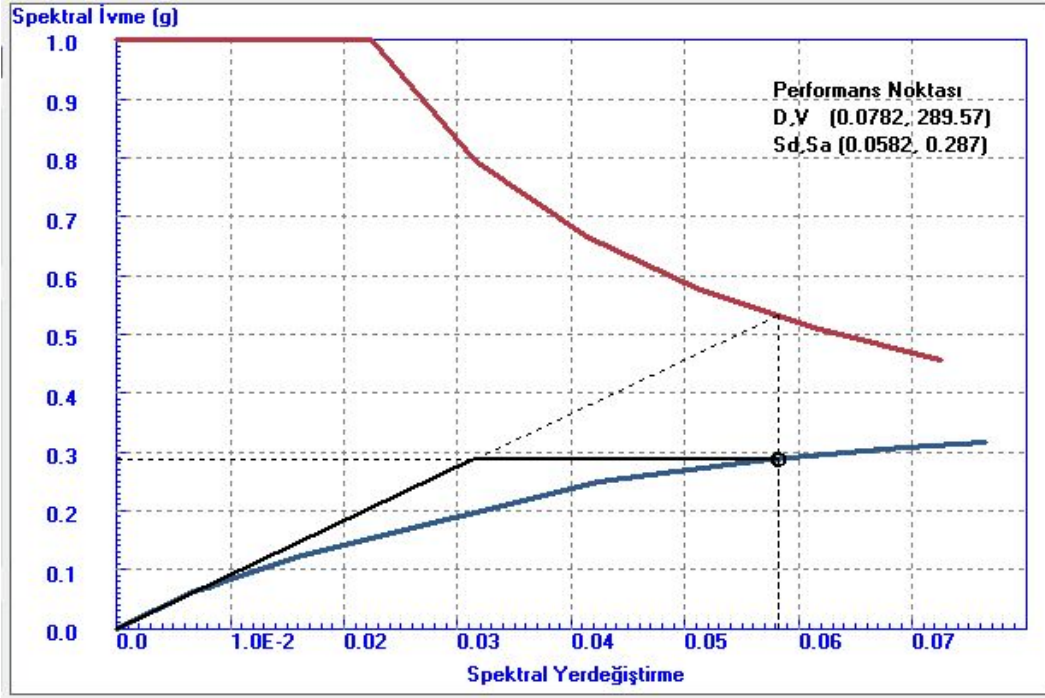
Kat	Eleman	Toplam Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Yuzdesi	V-toplam (t)	V-Saglmyn (t)	Saglamayan V Yuzdesi	Limit
1	Kolonlar:	28	0	0.00	426.389	0.000	0.00	< 0.00 > 10.00 !
	Kirisler:	21	5	23.81				
2	Kolonlar:	28	0	0.00	405.193	0.000	0.00	< 0.00 > 10.00 !
	Kirisler:	21	5	23.81				
3	Kolonlar:	28	0	0.00	357.342	0.000	0.00	< 0.00 > 10.00 !
	Kirisler:	21	5	23.81				
4	Kolonlar:	28	0	0.00	301.135	0.000	0.00	< 0.00 > 10.00 !
	Kirisler:	21	5	23.81				
5	Kolonlar:	28	0	0.00	237.895	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00
	Kirisler:	21	1	4.76				
6	Kolonlar:	28	0	0.00	86.502	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00
	Kirisler:	21	0	0.00				

Şekil 2.a. Gölcük' te Aydın Bak Sitesi 1. Blok' un Doğrusal Elastik Yönteme göre x-yönünde bina performans kontrolü. Bina x-yönünde "hemen kullanım" performansını sağlamaktadır

Kat	Eleman	Toplam Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Yuzdesi	V-toplam (t)	V-Saglmyn (t)	Saglamayan V Yuzdesi	Limit
1	Kolonlar:	28	1	3.57	399.039	43.451	10.89	< 20.00 < 30.00
	Kirisler:	24	5	20.83				
2	Kolonlar:	28	0	0.00	376.383	0.000	0.00	< 20.00 < 30.00
	Kirisler:	24	5	20.83				
3	Kolonlar:	28	0	0.00	328.965	0.000	0.00	< 20.00 < 30.00
	Kirisler:	24	4	16.67				
4	Kolonlar:	28	0	0.00	278.927	0.000	0.00	< 20.00 < 30.00
	Kirisler:	24	3	12.50				
5	Kolonlar:	28	0	0.00	223.159	0.000	0.00	< 20.00 < 30.00
	Kirisler:	24	4	16.67				
6	Kolonlar:	28	0	0.00	90.060	0.000	0.00	< 40.00 < 30.00
	Kirisler:	24	0	0.00				

Şekil 2.b. Gölcük' te Aydın Bak Sitesi 1. Blok'un Doğrusal Elastik Yönteme göre y-yönünde bina performans kontrolü. Bina y-yönünde "can güvenliği" performansını sağlamaktadır

EK-3

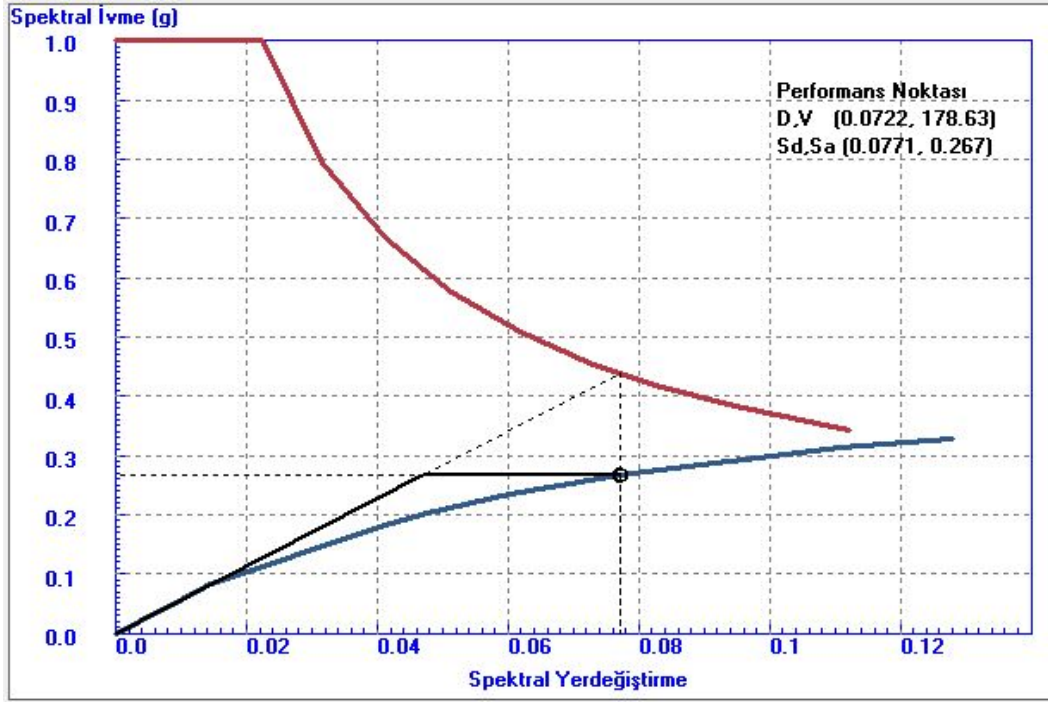


Şekil 2.c. Gölcük' te Aydın Bak Sitesi 1. Blok'un Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre x-yönünde bina yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi

Kat	Eleman	Toplam Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Yuzdesi	V-toplam (t)	V-Saglmyn (t)	Saglamayan V Yuzdesi	Limit
1	Kolonlar:	28	0	0.00	288.394	0.000	0.00	< 0.00
	Kirisler:	59	0	0.00				< 10.00
2	Kolonlar:	28	0	0.00	279.313	0.000	0.00	< 0.00
	Kirisler:	59	0	0.00				< 10.00
3	Kolonlar:	28	0	0.00	253.560	0.000	0.00	< 0.00
	Kirisler:	59	0	0.00				< 10.00
4	Kolonlar:	28	0	0.00	210.008	0.000	0.00	< 0.00
	Kirisler:	59	0	0.00				< 10.00
5	Kolonlar:	28	0	0.00	150.885	0.000	0.00	< 0.00
	Kirisler:	55	0	0.00				< 10.00
6	Kolonlar:	28	0	0.00	92.272	0.000	0.00	< 0.00
	Kirisler:	59	0	0.00				< 10.00

Şekil 2.d. Gölcük' te Aydın Bak Sitesi 1 Blok'un Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre x-yönünde bina performans kontrolü. Bina x-yönünde "hemen kullanım" performansını sağlamaktadır

EK-3



Şekil 2.e. Gölcük' te Aydın Bak Sitesi 1. Blok'un Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre y-yönünde bina yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi

Kat	Eleman	Toplam Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Yuzdesi	V-toplam (t)	V-Saglmyn (t)	Saglamayan V Yuzdesi	Limit
1	Kolonlar: Kirisler:	28 59	0 0	0.00 0.00	178.425	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00
2	Kolonlar: Kirisler:	28 59	0 0	0.00 0.00	171.957	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00
3	Kolonlar: Kirisler:	28 59	0 0	0.00 0.00	155.363	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00
4	Kolonlar: Kirisler:	28 59	0 0	0.00 0.00	128.290	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00
5	Kolonlar: Kirisler:	28 55	0 0	0.00 0.00	92.358	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00
6	Kolonlar: Kirisler:	28 59	0 0	0.00 0.00	50.379	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00

Şekil 2.f. Gölcük' te Aydın Bak Sitesi 1. Blok'un Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre y-yönünde bina performans kontrolü. Bina y-yönünde "hemen kullanım" performansını sağlamaktadır

**Aydın Bak Sitesi Blok 2**

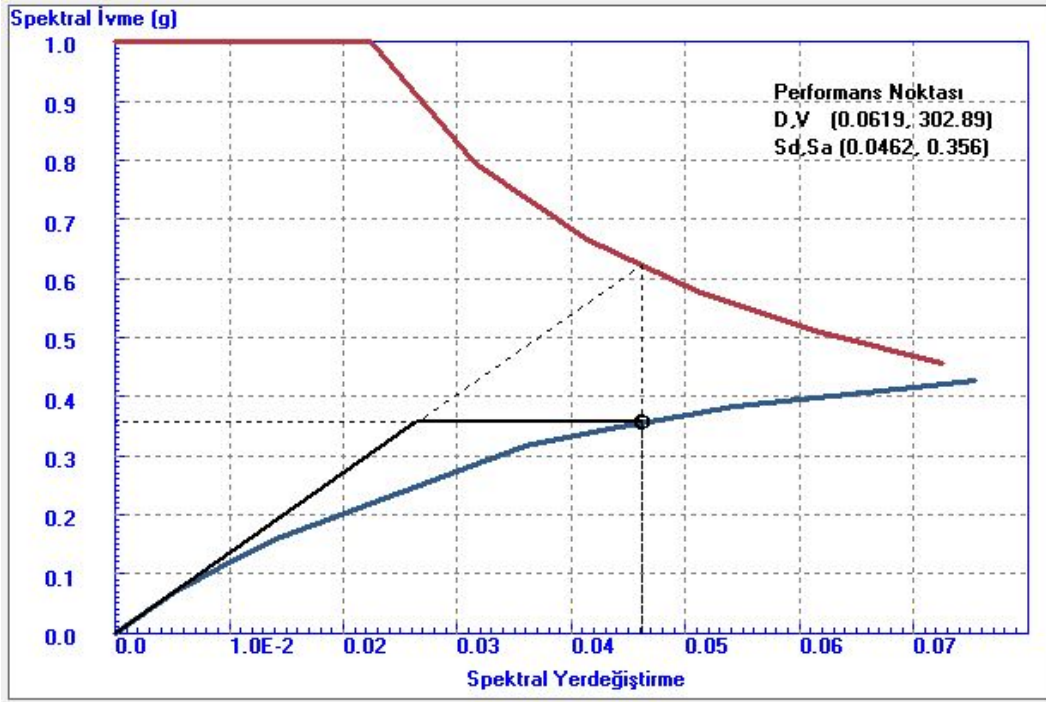
Kat	Eleman	Toplam Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Yuzdesi	V-toplam (t)	V-Saglmyn (t)	Saglamayan V Yuzdesi	Limit
1	Kolonlar:	28	0	0.00	418.599	0.000	0.00	< 0.00
	Kirisler:	21	5	23.81				> 10.00 !
2	Kolonlar:	28	0	0.00	390.926	0.000	0.00	< 0.00
	Kirisler:	21	5	23.81				> 10.00 !
3	Kolonlar:	28	0	0.00	331.641	0.000	0.00	< 0.00
	Kirisler:	21	5	23.81				> 10.00 !
4	Kolonlar:	28	0	0.00	258.930	0.000	0.00	< 0.00
	Kirisler:	21	1	4.76				< 10.00
5	Kolonlar:	28	0	0.00	128.304	0.000	0.00	< 0.00
	Kirisler:	21	1	4.76				< 10.00

Şekil 3.a. Gölçük' te Aydın Bak Sitesi 2. Blok'un Doğrusal Elastik Yönteme göre x-yönünde bina performans kontrolü. Bina x-yönünde "hemen kullanım" performansını sağlamaktadır

Kat	Eleman	Toplam Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Yuzdesi	V-toplam (t)	V-Saglmyn (t)	Saglamayan V Yuzdesi	Limit
1	Kolonlar:	28	0	0.00	390.717	0.000	0.00	< 20.00
	Kirisler:	24	4	16.67				< 30.00
2	Kolonlar:	28	0	0.00	361.925	0.000	0.00	< 20.00
	Kirisler:	24	5	20.83				< 30.00
3	Kolonlar:	28	0	0.00	305.261	0.000	0.00	< 20.00
	Kirisler:	24	3	12.50				< 30.00
4	Kolonlar:	28	0	0.00	239.805	0.000	0.00	< 20.00
	Kirisler:	24	1	4.17				< 30.00
5	Kolonlar:	28	0	0.00	93.939	0.000	0.00	< 40.00
	Kirisler:	24	4	16.67				< 30.00

Şekil 3.b. Gölçük' te Aydın Bak Sitesi 2. Blok'un Doğrusal Elastik Yönteme göre y-yönünde bina performans kontrolü. Bina y-yönünde "can güvenliği" performansını sağlamaktadır

EK-3

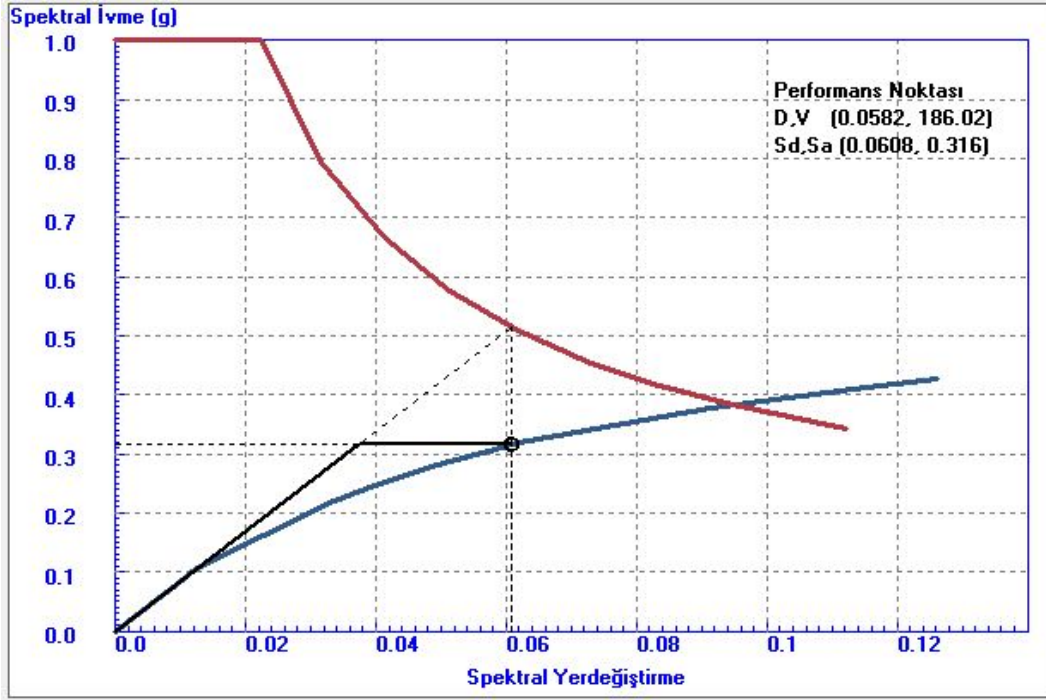


şekil 3.c. Gölçük' te Aydın Bak Sitesi 2. Blok'un Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre x-yönünde bina yerdeşirme isteminin belirlenmesi

Kat	Eleman	Toplam Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Yuzdesi	V-toplam (t)	V-Saglmyn (t)	Saglamayan V Yuzdesi	Limit
1	Kolonlar:	28	0	0.00	314.701	0.000	0.00	< 0.00
	Kirisler:	59	0	0.00				< 10.00
2	Kolonlar:	28	0	0.00	300.138	0.000	0.00	< 0.00
	Kirisler:	59	0	0.00				< 10.00
3	Kolonlar:	28	0	0.00	259.400	0.000	0.00	< 0.00
	Kirisler:	59	0	0.00				< 10.00
4	Kolonlar:	28	0	0.00	191.974	0.000	0.00	< 0.00
	Kirisler:	59	0	0.00				< 10.00
5	Kolonlar:	28	0	0.00	113.073	0.000	0.00	< 0.00
	Kirisler:	55	0	0.00				< 10.00

şekil 1.d. Adapazarı'nda Altınışık Sitesi A Blok'un Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre x-yönünde bina performans kontrolü. Bina x-yönünde "hemen kullanım" performansını sağlamaktadır

EK-3



Şekil 3.e. Gölçük' te Aydın Bak Sitesi 2. Blok'un Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre y-yönünde bina yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi

Kat	Eleman	Toplam Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Yuzdesi	V-toplam (t)	V-Saglmyn (t)	Saglamayan V Yuzdesi	Limit
1	Kolonlar: Kirisler:	28 59	0 0	0.00 0.00	185.797	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00
2	Kolonlar: Kirisler:	28 59	0 0	0.00 0.00	175.894	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00
3	Kolonlar: Kirisler:	28 59	0 0	0.00 0.00	150.833	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00
4	Kolonlar: Kirisler:	28 59	0 0	0.00 0.00	110.892	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00
5	Kolonlar: Kirisler:	28 55	0 0	0.00 0.00	61.743	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00

Şekil 3.f. Gölçük' te Aydın Bak Sitesi 2. Blok'un Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre y-yönünde bina performans kontrolü. Bina y-yönünde "hemen kullanım" performansını sağlamaktadır



EK-3

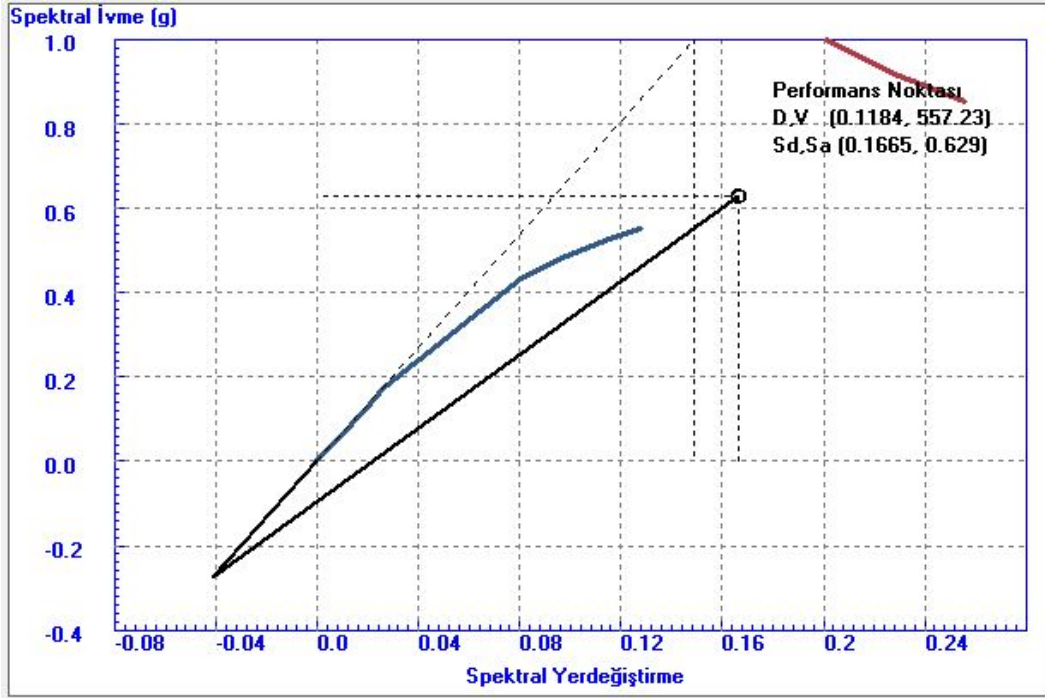
**Cincioğlu Apartmanı**

Kat	Eleman	Toplam Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Yuzdesi	V-toplam (t)	V-Saglmyn (t)	Saglamayan V Yuzdesi	Limit
1	Kolonlar:	27	0	0.00	1399.376	0.000	0.00	< 0.00 > 20.00 !
	Kirisler:	26	7	26.92				
2	Kolonlar:	27	0	0.00	1275.402	0.000	0.00	< 0.00 > 20.00 !
	Kirisler:	22	7	31.82				
3	Kolonlar:	27	0	0.00	1064.641	0.000	0.00	< 0.00 > 20.00 !
	Kirisler:	22	9	40.91				
4	Kolonlar:	27	0	0.00	751.697	0.000	0.00	< 0.00 > 20.00 !
	Kirisler:	22	7	31.82				
5	Kolonlar:	27	0	0.00	333.727	0.000	0.00	< 0.00 < 20.00
	Kirisler:	22	1	4.55				

Şekil 4.a. Adapazarı'nda Cincioğlu Apartmanı' nın Doğrusal Elastik Yönteme göre x-yönünde bina performans kontrolü. Bina x-yönünde "göçmenin önlenmesi" performansını sağlamaktadır

Kat	Eleman	Toplam Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Yuzdesi	V-toplam (t)	V-Saglmyn (t)	Saglamayan V Yuzdesi	Limit
1	Kolonlar:	27	2	7.41	1389.482	150.663	10.84	> 0.00 ! > 20.00 !
	Kirisler:	23	5	21.74				
2	Kolonlar:	27	4	14.81	1258.228	270.042	21.46	> 0.00 ! > 20.00 !
	Kirisler:	17	4	23.53				
3	Kolonlar:	27	0	0.00	1046.044	0.000	0.00	< 0.00 < 20.00
	Kirisler:	17	3	17.65				
4	Kolonlar:	27	0	0.00	742.105	0.000	0.00	< 0.00 < 20.00
	Kirisler:	17	1	5.88				
5	Kolonlar:	27	0	0.00	322.855	0.000	0.00	< 0.00 < 20.00
	Kirisler:	17	1	5.88				

Şekil 4.b. Adapazarı'nda Cincioğlu Apartmanı' nın Doğrusal Elastik Yönteme göre y-yönünde bina performans kontrolü. Bina y-yönünde "göçme" performansını sağlamaktadır

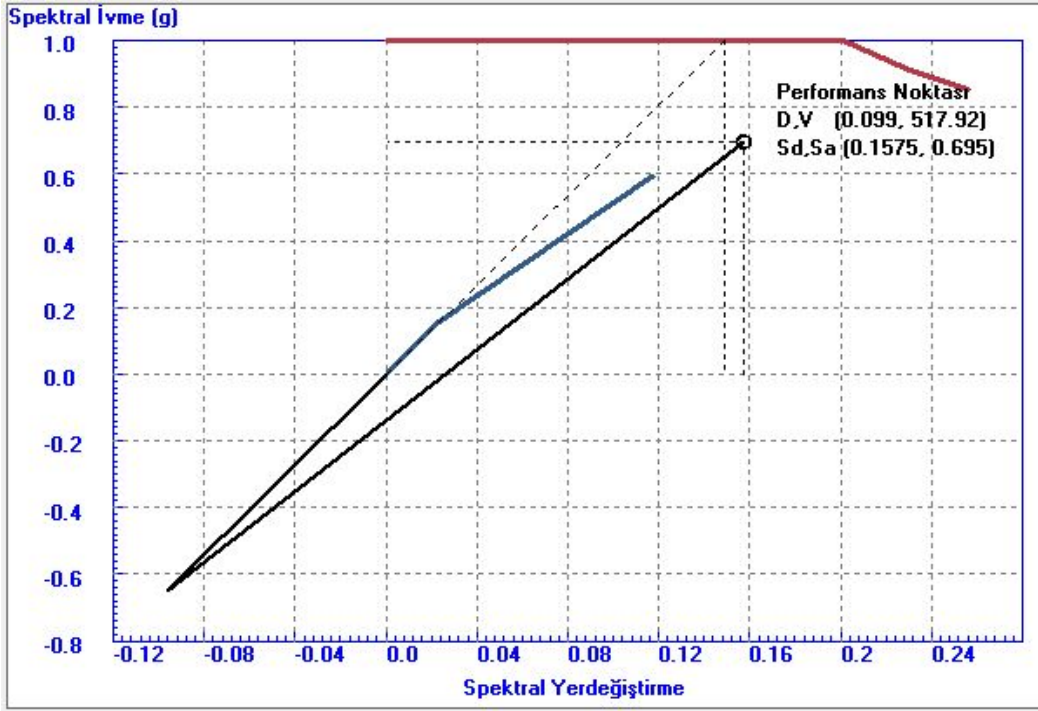


Şekil 4.c. Adapazarı'nda Cincioğlu Apartmanı' nın Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre x-yönünde bina yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi

Kat	Eleman	Toplam Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Yuzdesi	V-toplam (t)	V-Saglmyn (t)	Saglamayan V Yuzdesi	Limit
1	Kolonlar: Kirisler:	27 54	0 2	0.00 3.70	491.267	0.000	0.00	< 20.00 < 30.00
2	Kolonlar: Kirisler:	27 52	0 2	0.00 3.85	448.001	0.000	0.00	< 20.00 < 30.00
3	Kolonlar: Kirisler:	27 52	0 1	0.00 1.92	372.370	0.000	0.00	< 20.00 < 30.00
4	Kolonlar: Kirisler:	27 52	0 0	0.00 0.00	254.266	0.000	0.00	< 20.00 < 30.00
5	Kolonlar: Kirisler:	27 52	0 0	0.00 0.00	137.520	0.000	0.00	< 40.00 < 30.00

Şekil 4.d. Adapazarı'nda Cincioğlu Apartmanı' nın Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre x-yönünde bina performans kontrolü. Bina x-yönünde "can güvenliği" performansını sağlamaktadır

EK-3



Şekil 4.e. Adapazarı'nda Cincioğlu Apartmanı' nın Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre y-yönünde bina yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi

Kat	Eleman	Toplam Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Yuzdesi	V-toplam (t)	V-Saglmyn (t)	Saglamayan V Yuzdesi	Limit
1	Kolonlar:	27	0	0.00	438.580	0.000	0.00	< 20.00
	Kirisler:	54	3	5.56				< 30.00
2	Kolonlar:	27	0	0.00	403.248	0.000	0.00	< 20.00
	Kirisler:	52	5	9.62				< 30.00
3	Kolonlar:	27	0	0.00	338.865	0.000	0.00	< 20.00
	Kirisler:	52	2	3.85				< 30.00
4	Kolonlar:	27	0	0.00	232.896	0.000	0.00	< 20.00
	Kirisler:	52	0	0.00				< 30.00
5	Kolonlar:	27	0	0.00	150.047	0.000	0.00	< 40.00
	Kirisler:	52	0	0.00				< 30.00

Şekil 4.f. Adapazarı'nda Cincioğlu Apartmanı' nın Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre y-yönünde bina performans kontrolü. Bina y-yönünde "can güvenliği" performansını sağlamaktadır

EK-3

**Dayal İnşaat A Blok**

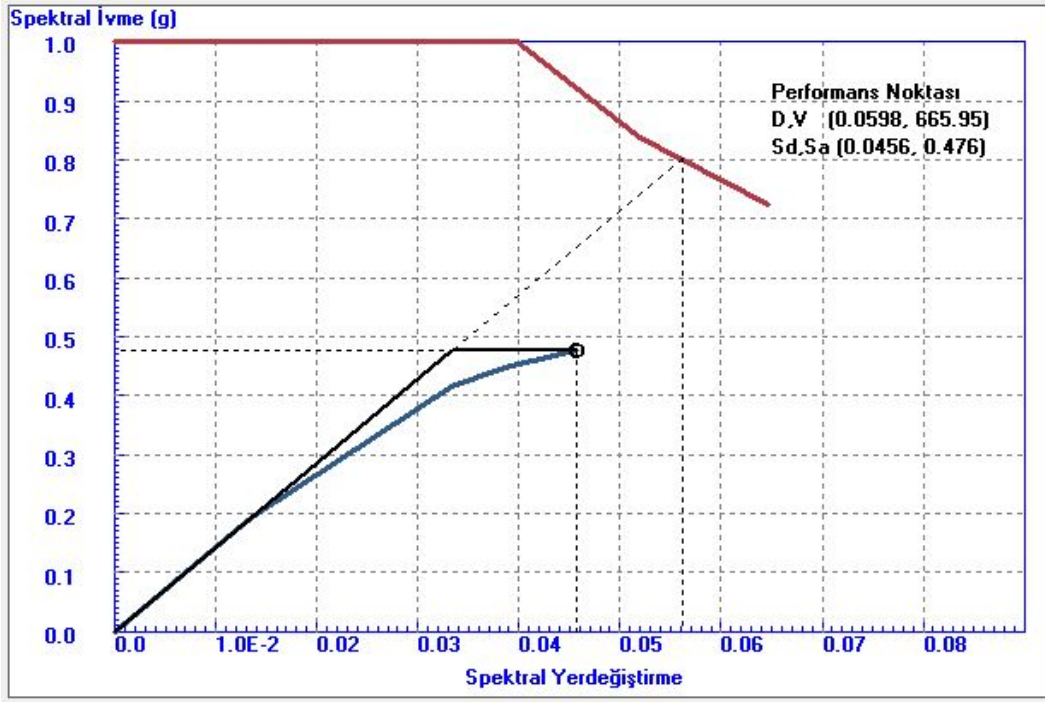
Kat	Eleman	Toplam Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Yuzdesi	V-toplam (t)	V-Saglmyın (t)	Saglamayan V Yuzdesi	Limit
1	Kolonlar:	51	7	13.73	963.892	175.005	18.16	< 20.00
	Kirisler:	32	0	0.00				< 30.00
2	Kolonlar:	51	4	7.84	936.506	118.797	12.69	< 20.00
	Kirisler:	34	1	2.94				< 30.00
3	Kolonlar:	51	3	5.88	841.826	87.627	10.41	< 20.00
	Kirisler:	34	0	0.00				< 30.00
4	Kolonlar:	51	1	1.96	703.724	27.299	3.88	< 20.00
	Kirisler:	34	0	0.00				< 30.00
5	Kolonlar:	51	1	1.96	503.194	21.041	4.18	< 20.00
	Kirisler:	34	0	0.00				< 30.00
6	Kolonlar:	51	0	0.00	276.453	0.000	0.00	< 40.00
	Kirisler:	34	0	0.00				< 30.00

Şekil 5.a. Adapazarı'nda Dayal İnşaat A Blok'un Doğrusal Elastik Yönteme göre x-yönünde bina performans kontrolü. Bina x-yönünde "can güvenliği" performansını sağlamaktadır

Kat	Eleman	Toplam Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Yuzdesi	V-toplam (t)	V-Saglmyın (t)	Saglamayan V Yuzdesi	Limit
1	Kolonlar:	51	1	1.96	1075.749	428.276	39.81	> 0.00 !
	Kirisler:	29	2	6.90				< 20.00
2	Kolonlar:	51	1	1.96	1023.752	413.649	40.41	> 0.00 !
	Kirisler:	32	2	6.25				< 20.00
3	Kolonlar:	51	0	0.00	907.486	0.000	0.00	< 0.00
	Kirisler:	32	2	6.25				< 20.00
4	Kolonlar:	51	0	0.00	749.608	0.000	0.00	< 0.00
	Kirisler:	32	2	6.25				< 20.00
5	Kolonlar:	51	0	0.00	538.178	0.000	0.00	< 0.00
	Kirisler:	32	1	3.13				< 20.00
6	Kolonlar:	51	0	0.00	242.133	0.000	0.00	< 0.00
	Kirisler:	32	1	3.13				< 20.00

Şekil 5.b. Adapazarı'nda Dayal İnşaat A Blok'un Doğrusal Elastik Yönteme göre y-yönünde bina performans kontrolü. Bina y-yönünde "göçme" performansını sağlamaktadır

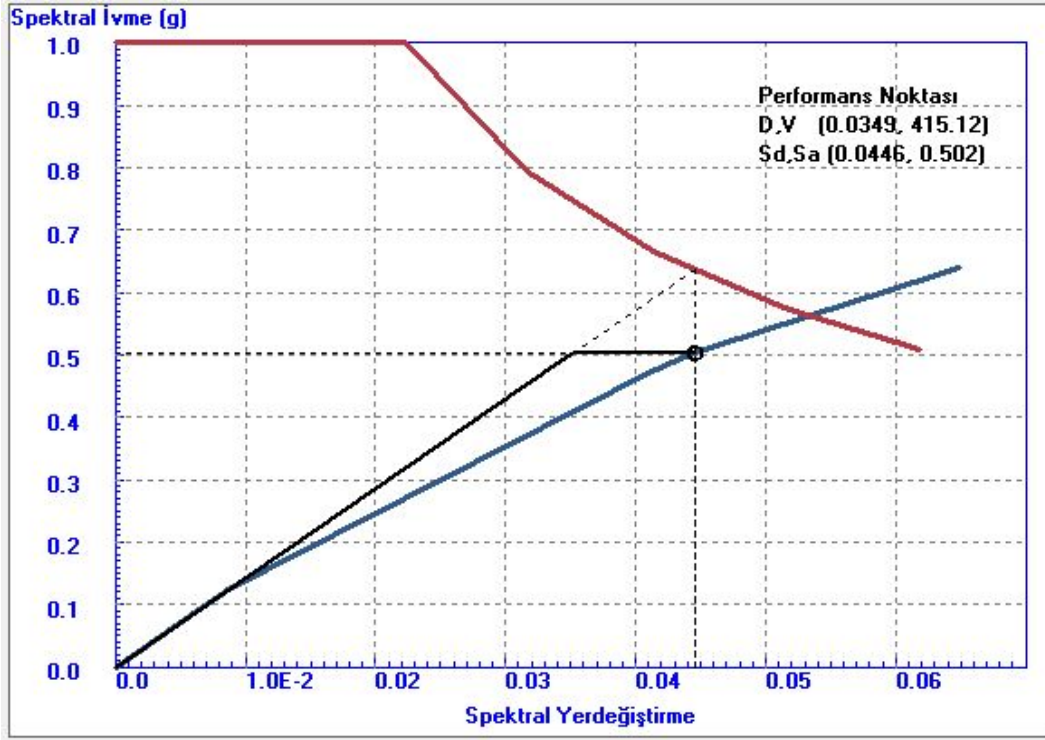
EK-3



şekil 5.c. Adapazarı'nda Dayal İnaaat A Blok'un Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre x-yönünde bina yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi

Adapazarı'nda Dayal İnaaat A Blok'un Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre x-yönünde bina performans kontrolü gerçekleştirilememiştir.

EK-3



Şekil 5.e. Adapazarı'nda Dayal İnşaat A Blok'un Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre y-yönünde bina yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi

Kat	Eleman	Toplam Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Yuzdesi	V-toplam (t)	V-Saglmyn (t)	Saglamayan V Yuzdesi	Limit
1	Kolonlar: Kirisler:	51 0	1 0	1.96 0.00	415.492	104.829	25.23	> 20.00 ! < 30.00
2	Kolonlar: Kirisler:	51 0	0 0	0.00 0.00	405.001	0.000	0.00	< 20.00 < 30.00
3	Kolonlar: Kirisler:	51 0	0 0	0.00 0.00	382.845	0.000	0.00	< 20.00 < 30.00
4	Kolonlar: Kirisler:	51 0	0 0	0.00 0.00	306.383	0.000	0.00	< 20.00 < 30.00
5	Kolonlar: Kirisler:	51 0	0 0	0.00 0.00	221.659	0.000	0.00	< 20.00 < 30.00
6	Kolonlar: Kirisler:	51 0	0 0	0.00 0.00	185.408	0.000	0.00	< 40.00 < 30.00

Şekil 5.f. Adapazarı'nda Dayal İnşaat A Blok'un Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre y-yönünde bina performans kontrolü. Bina y-yönünde "can güvenliği" performansını sağlamaktadır



EK-3

**Durusoy Apartmanı**

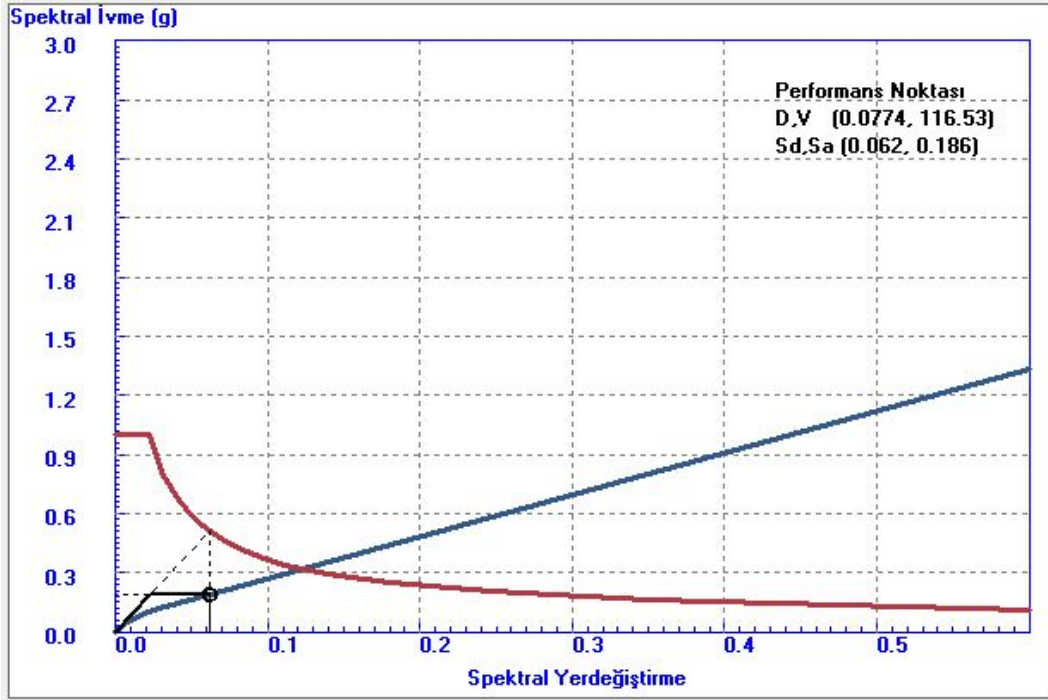
Kat	Eleman	Toplam Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Yuzdesi	V-toplam (t)	V-Saglmyn (t)	Saglamayan V Yuzdesi	Limit
1	Kolonlar:	22	0	0.00	290.341	0.000	0.00	< 0.00 > 20.00 !
	Kirisler:	15	6	40.00				
2	Kolonlar:	22	0	0.00	247.008	0.000	0.00	< 0.00 > 20.00 !
	Kirisler:	15	6	40.00				
3	Kolonlar:	22	2	9.09	182.159	7.332	4.03	> 0.00 ! > 20.00 !
	Kirisler:	15	4	26.67				
4	Kolonlar:	22	0	0.00	21.587	0.000	0.00	< 0.00 < 20.00
	Kirisler:	15	3	20.00				

Şekil 6.a. Gölcük'te Durusoy Apartmanı' nın Doğrusal Elastik Yönteme göre x-yönünde bina performans kontrolü. Bina x-yönünde "göçme" performansını sağlamaktadır

Kat	Eleman	Toplam Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Yuzdesi	V-toplam (t)	V-Saglmyn (t)	Saglamayan V Yuzdesi	Limit
1	Kolonlar:	22	0	0.00	331.208	0.000	0.00	< 0.00 > 20.00 !
	Kirisler:	16	12	75.00				
2	Kolonlar:	22	0	0.00	291.294	0.000	0.00	< 0.00 > 20.00 !
	Kirisler:	16	10	62.50				
3	Kolonlar:	22	4	18.18	212.942	49.443	23.22	> 0.00 ! > 20.00 !
	Kirisler:	16	6	37.50				
4	Kolonlar:	22	2	9.09	109.300	19.132	17.50	> 0.00 ! < 20.00
	Kirisler:	16	2	12.50				

Şekil 6.b. Gölcük'te Durusoy Apartmanı' nın Doğrusal Elastik Yönteme göre y-yönünde bina performans kontrolü. Bina y-yönünde "göçme" performansını sağlamaktadır

EK-3

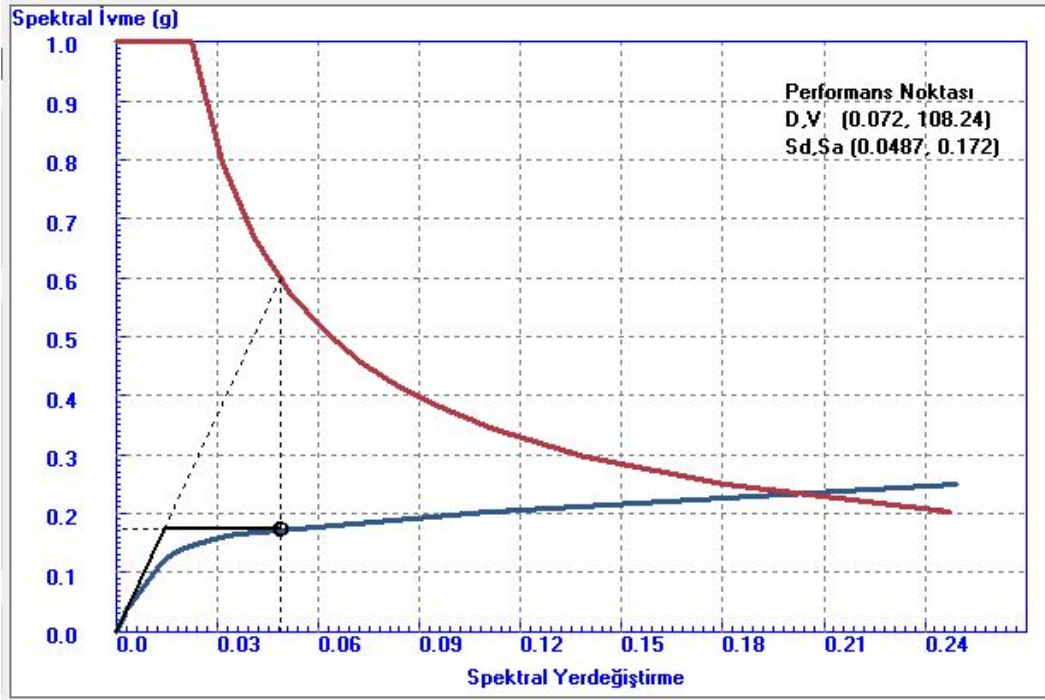


Şekil 6.c. Gölcük'te Durusoy Apartmanı' nın Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre x-yönünde bina yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi

Kat	Eleman	Toplam Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Yuzdesi	V-toplam (t)	V-Saglmyn (t)	Saglamayan V Yuzdesi	Limit
1	Kolonlar:	22	0	0.00	111.449	0.000	0.00	< 20.00
	Kirisler:	36	0	0.00				< 30.00
2	Kolonlar:	22	2	9.09	102.482	20.027	19.54	< 20.00
	Kirisler:	36	0	0.00				< 30.00
3	Kolonlar:	22	0	0.00	71.879	0.000	0.00	< 20.00
	Kirisler:	36	0	0.00				< 30.00
4	Kolonlar:	22	0	0.00	36.457	0.000	0.00	< 40.00
	Kirisler:	36	0	0.00				< 30.00

Şekil 6.d. Gölcük'te Durusoy Apartmanı' nın Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre x-yönünde bina performans kontrolü. Bina x-yönünde "can güvenliği" performansını sağlamaktadır

EK-3



Şekil 6.e. Gölcük'te Durusoy Apartmanı' nın Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre y-yönünde bina yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi

Kat	Eleman	Toplam Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Yuzdesi	V-toplam (t)	V-Saglmyn (t)	Saglamayan V Yuzdesi	Limit
1	Kolonlar:	22	0	0.00	107.941	0.000	0.00	< 0.00
	Kirisler:	36	0	0.00				< 10.00
2	Kolonlar:	22	0	0.00	96.860	0.000	0.00	< 0.00
	Kirisler:	36	0	0.00				< 10.00
3	Kolonlar:	22	0	0.00	71.112	0.000	0.00	< 0.00
	Kirisler:	36	0	0.00				< 10.00
4	Kolonlar:	22	0	0.00	30.019	0.000	0.00	< 0.00
	Kirisler:	36	0	0.00				< 10.00

Şekil 6.f. Gölcük'te Durusoy Apartmanı' nın Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre y-yönünde bina performans kontrolü. Bina y-yönünde "hemen kullanım" performansını sağlamaktadır

EK-3

**Hisar Apartmanı A Blok**

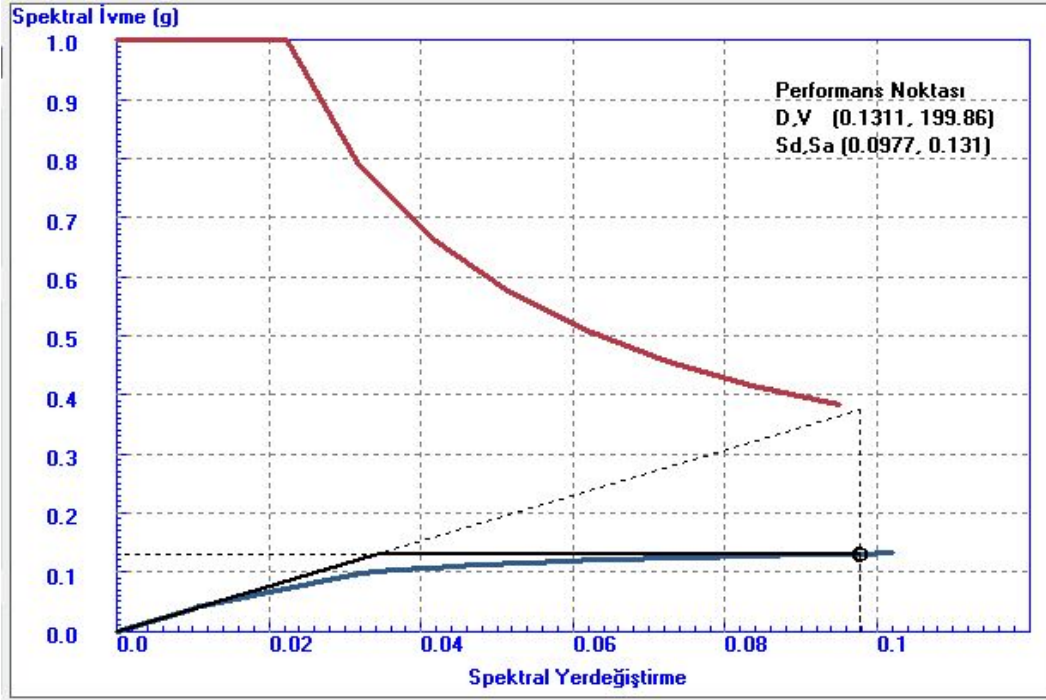
Kat	Eleman	Toplam Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Yuzdesi	V-toplam (t)	V-Saglmyn (t)	Saglamayan V Yuzdesi	Limit
1	Kolonlar:	29	1	3.45	510.728	74.771	14.64	> 0.00 ! > 20.00 !
	Kirisler:	22	6	27.27				
2	Kolonlar:	29	0	0.00	468.611	0.000	0.00	< 0.00 < 20.00
	Kirisler:	22	4	18.18				
3	Kolonlar:	29	0	0.00	403.192	0.000	0.00	< 0.00 > 20.00 !
	Kirisler:	22	10	45.45				
4	Kolonlar:	29	0	0.00	333.730	0.000	0.00	< 0.00 > 20.00 !
	Kirisler:	22	9	40.91				
5	Kolonlar:	29	0	0.00	246.405	0.000	0.00	< 0.00 > 20.00 !
	Kirisler:	22	8	36.36				
6	Kolonlar:	29	2	6.90	71.378	7.112	9.96	> 0.00 ! > 20.00 !
	Kirisler:	22	6	27.27				

Şekil 7.a. Gölcük' te Hisar Apartmanı A Blok'un Doğrusal Elastik Yönteme göre x-yönünde bina performans kontrolü. Bina x-yönünde "göçme" performansını sağlamaktadır

Kat	Eleman	Toplam Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Yuzdesi	V-toplam (t)	V-Saglmyn (t)	Saglamayan V Yuzdesi	Limit
1	Kolonlar:	29	1	3.45	725.064	34.968	4.82	< 20.00 > 30.00 !
	Kirisler:	23	16	69.57				
2	Kolonlar:	29	1	3.45	683.977	29.661	4.34	< 20.00 > 30.00 !
	Kirisler:	23	21	91.30				
3	Kolonlar:	29	0	0.00	600.477	0.000	0.00	< 20.00 > 30.00 !
	Kirisler:	23	17	73.91				
4	Kolonlar:	29	0	0.00	490.800	0.000	0.00	< 20.00 > 30.00 !
	Kirisler:	23	13	56.52				
5	Kolonlar:	29	1	3.45	363.044	15.234	4.20	< 20.00 > 30.00 !
	Kirisler:	23	7	30.43				
6	Kolonlar:	29	3	10.34	112.240	8.374	7.46	< 40.00 < 30.00
	Kirisler:	23	0	0.00				

Şekil 7.b. Gölcük' te Hisar Apartmanı A Blok'un Doğrusal Elastik Yönteme göre y-yönünde bina performans kontrolü. Bina y-yönünde "can güvenliği" performansını sağlamaktadır

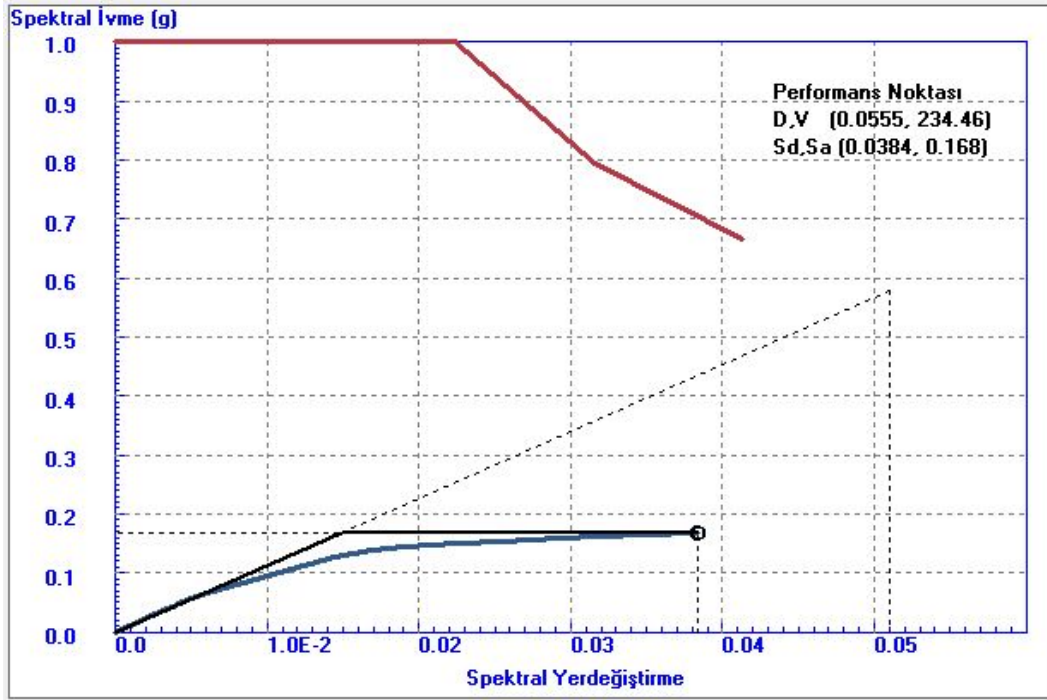
EK-3



Şekil 7.c. Gölcük' te Hisar Apartmanı A Blok'un Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre x-yönünde bina yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi

Kat	Eleman	Toplam Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Yuzdesi	V-toplam (t)	V-Saglmyn (t)	Saglamayan V Yuzdesi	Limit
1	Kolonlar: Kirisler:	29 48	1 0	3.45 0.00	199.737	40.716	20.38	> 0.00 ! < 20.00
2	Kolonlar: Kirisler:	29 48	0 0	0.00 0.00	188.624	0.000	0.00	< 0.00 < 20.00
3	Kolonlar: Kirisler:	29 40	0 0	0.00 0.00	165.653	0.000	0.00	< 0.00 < 20.00
4	Kolonlar: Kirisler:	29 40	0 0	0.00 0.00	130.276	0.000	0.00	< 0.00 < 20.00
5	Kolonlar: Kirisler:	29 40	0 0	0.00 0.00	84.788	0.000	0.00	< 0.00 < 20.00
6	Kolonlar: Kirisler:	29 40	0 0	0.00 0.00	32.049	0.000	0.00	< 0.00 < 20.00

Şekil 7.d. Gölcük' te Hisar Apartmanı A Blok'un Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre x-yönünde bina performans kontrolü. Bina x-yönünde "göçme" performansını sağlamaktadır



Şekil 7.e. Gölcük' te Hisar Apartmanı A Blok'un Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre y-yönünde bina yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi

Kat	Eleman	Toplam Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Yuzdesi	V-toplam (t)	V-Saglmyn (t)	Saglamayan V Yuzdesi	Limit
1	Kolonlar:	29	0	0.00	248.994	0.000	0.00	< 0.00
	Kirisler:	48	2	4.17				< 10.00
2	Kolonlar:	29	0	0.00	238.966	0.000	0.00	< 0.00
	Kirisler:	48	2	4.17				< 10.00
3	Kolonlar:	29	0	0.00	215.183	0.000	0.00	< 0.00
	Kirisler:	40	2	5.00				< 10.00
4	Kolonlar:	29	0	0.00	175.093	0.000	0.00	< 0.00
	Kirisler:	40	2	5.00				< 10.00
5	Kolonlar:	29	0	0.00	118.676	0.000	0.00	< 0.00
	Kirisler:	40	0	0.00				< 10.00
6	Kolonlar:	29	0	0.00	47.178	0.000	0.00	< 0.00
	Kirisler:	40	0	0.00				< 10.00

Şekil 7.f. Gölcük' te Hisar Apartmanı A Blok'un Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre y-yönünde bina performans kontrolü. Bina y-yönünde "hemen kullanım" performansını sağlamaktadır



EK-3

**Hikmet Şahin Apartmanı**

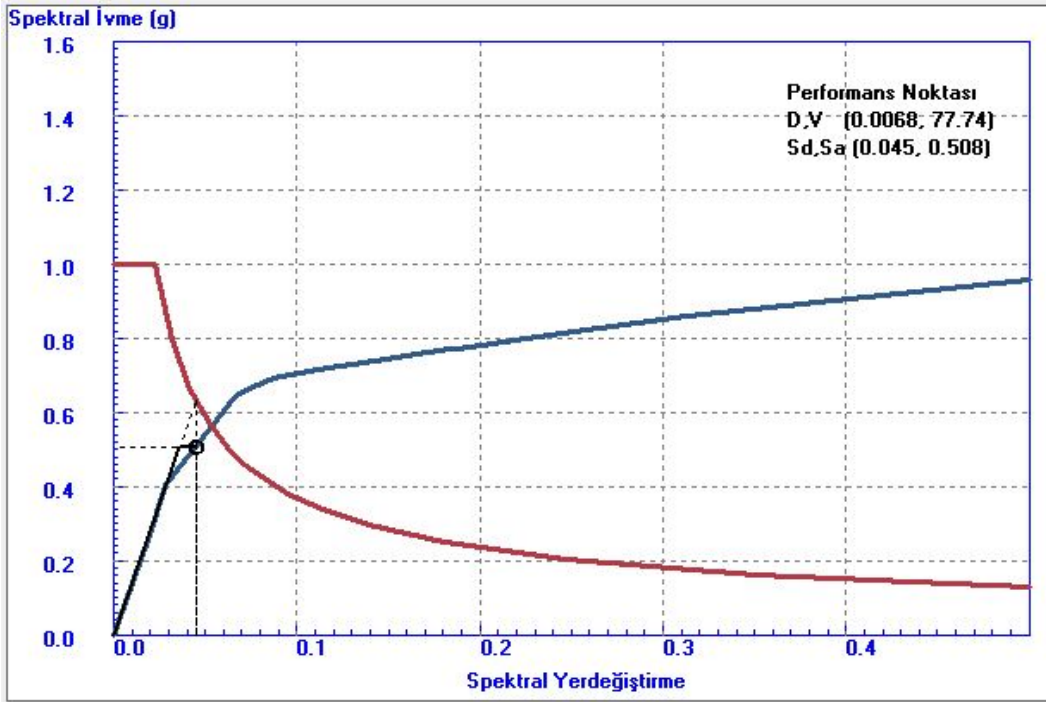
Kat	Eleman	Toplam Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Yuzdesi	V-toplam (t)	V-Saglmyn (t)	Saglamayan V Yuzdesi	Limit
1	Kolonlar:	14	1	7.14	166.251	21.461	12.91	< 20.00
	Kirisler:	10	0	0.00				< 30.00
2	Kolonlar:	14	1	7.14	154.965	13.899	8.97	< 20.00
	Kirisler:	9	0	0.00				< 30.00
3	Kolonlar:	14	0	0.00	129.786	0.000	0.00	< 20.00
	Kirisler:	9	0	0.00				< 30.00
4	Kolonlar:	14	0	0.00	100.050	0.000	0.00	< 20.00
	Kirisler:	9	0	0.00				< 30.00
5	Kolonlar:	14	0	0.00	53.343	0.000	0.00	< 40.00
	Kirisler:	9	0	0.00				< 30.00

Şekil 8.a. Gölcük'te Hikmet Şahin Apartmanı'nın Doğrusal Elastik Yönteme göre x-yönünde bina performans kontrolü. Bina x-yönünde "can güvenliği" performansını sağlamaktadır

Kat	Eleman	Toplam Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Yuzdesi	V-toplam (t)	V-Saglmyn (t)	Saglamayan V Yuzdesi	Limit
1	Kolonlar:	14	1	7.14	176.425	16.499	9.35	< 20.00
	Kirisler:	12	0	0.00				< 30.00
2	Kolonlar:	14	0	0.00	165.888	0.000	0.00	< 20.00
	Kirisler:	9	0	0.00				< 30.00
3	Kolonlar:	14	0	0.00	140.740	0.000	0.00	< 20.00
	Kirisler:	9	0	0.00				< 30.00
4	Kolonlar:	14	0	0.00	107.565	0.000	0.00	< 20.00
	Kirisler:	9	0	0.00				< 30.00
5	Kolonlar:	14	0	0.00	61.426	0.000	0.00	< 40.00
	Kirisler:	9	0	0.00				< 30.00

Şekil 8.b. Gölcük'te Hikmet Şahin Apartmanı'nın Doğrusal Elastik Yönteme göre y-yönünde bina performans kontrolü. Bina y-yönünde "can güvenliği" performansını sağlamaktadır

EK-3

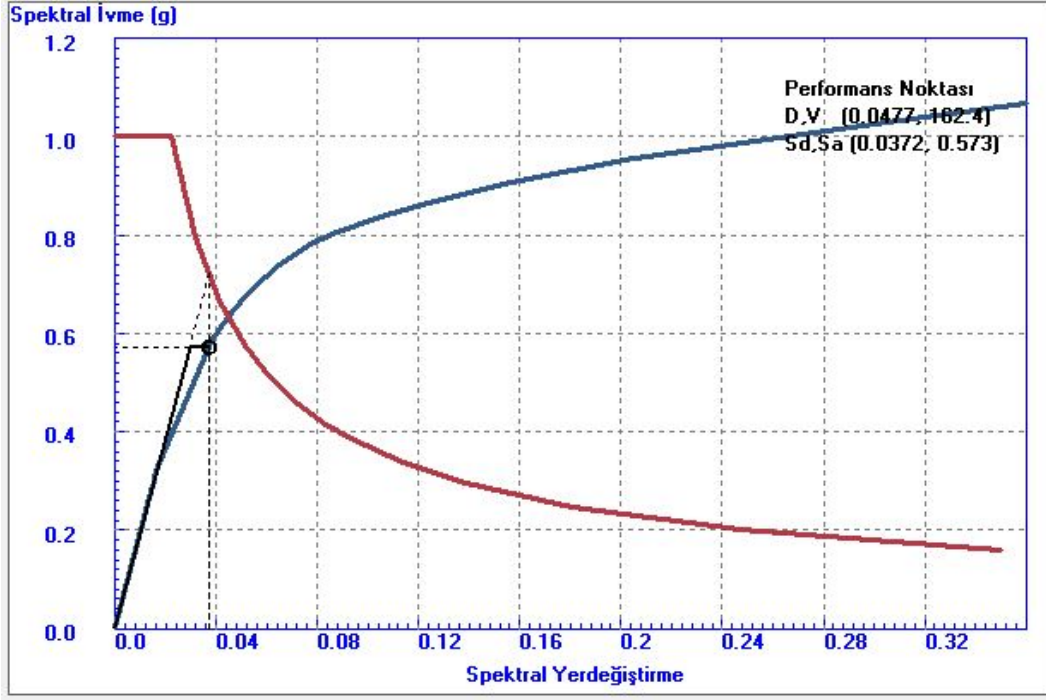


Şekil 8.c. Gölcük'te Hikmet Şahin Apartmanı'nın Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre x-yönünde bina yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi

Kat	Eleman	Toplam Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Yuzdesi	V-toplam (t)	V-Saglmyn (t)	Saglamayan V Yuzdesi	Limit
1	Kolonlar: Kirisler:	14 23	0 0	0.00 0.00	62.209	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00
2	Kolonlar: Kirisler:	14 26	0 1	0.00 3.85	60.486	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00
3	Kolonlar: Kirisler:	14 26	0 0	0.00 0.00	52.402	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00
4	Kolonlar: Kirisler:	14 26	0 0	0.00 0.00	39.432	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00
5	Kolonlar: Kirisler:	14 26	0 0	0.00 0.00	22.800	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00

Şekil 8.d. Gölcük'te Hikmet Şahin Apartmanı'nın Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre x-yönünde bina performans kontrolü. Bina x-yönünde "hemen kullanım" performansını sağlamaktadır

EK-3



Şekil 8.e. Gölcük'te Hikmet Şahin Apartmanı'nın Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre y-yönünde bina yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi

Kat	Eleman	Toplam Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Yuzdesi	V-toplam (t)	V-Saglmyn (t)	Saglamayan V Yuzdesi	Limit
1	Kolonlar:	14	0	0.00	166.506	0.000	0.00	< 20.00
	Kirisler:	23	0	0.00				< 30.00
2	Kolonlar:	14	0	0.00	158.529	0.000	0.00	< 20.00
	Kirisler:	26	1	3.85				< 30.00
3	Kolonlar:	14	0	0.00	135.977	0.000	0.00	< 20.00
	Kirisler:	26	1	3.85				< 30.00
4	Kolonlar:	14	0	0.00	100.493	0.000	0.00	< 20.00
	Kirisler:	26	0	0.00				< 30.00
5	Kolonlar:	14	0	0.00	53.851	0.000	0.00	< 40.00
	Kirisler:	26	0	0.00				< 30.00

Şekil 8.f. Gölcük'te Hikmet Şahin Apartmanı'nın Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre y-yönünde bina performans kontrolü. Bina y-yönünde "can güvenliği" performansını sağlamaktadır

EK-3

**Karadere Apartmanı**

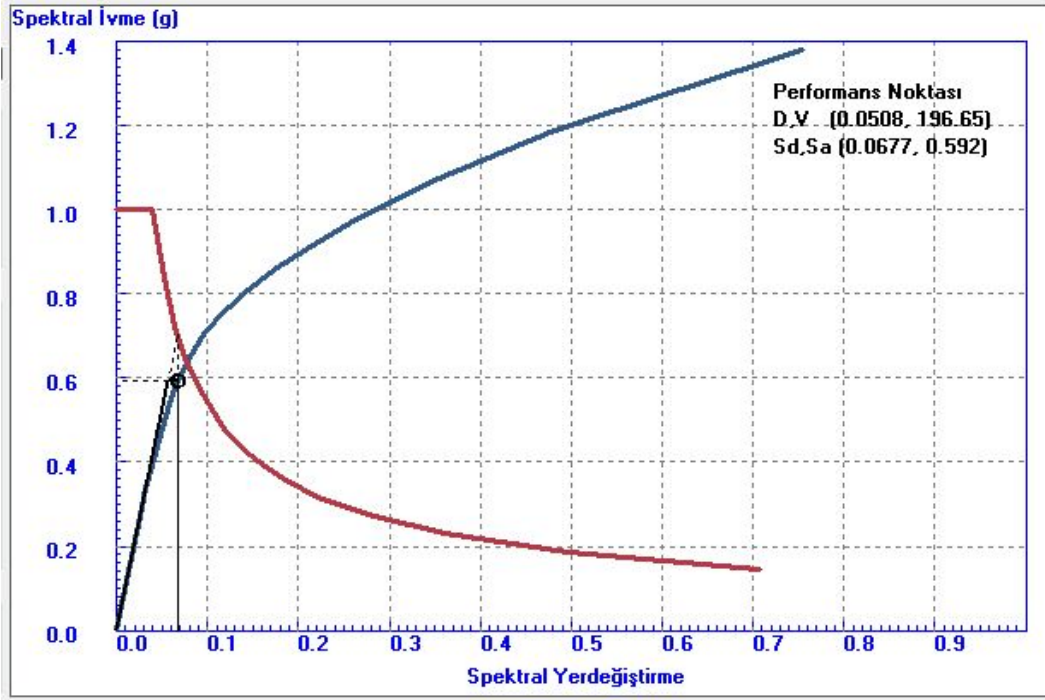
Kat	Eleman	Toplam Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Yuzdesi	V-toplam (t)	V-Saglmyn (t)	Saglamayan V Yuzdesi	Limit
1	Kolonlar:	14	0	0.00	367.914	0.000	0.00	< 20.00
	Kirisler:	13	0	0.00				< 30.00
2	Kolonlar:	14	0	0.00	331.175	0.000	0.00	< 20.00
	Kirisler:	10	0	0.00				< 30.00
3	Kolonlar:	14	0	0.00	271.556	0.000	0.00	< 20.00
	Kirisler:	10	0	0.00				< 30.00
4	Kolonlar:	14	0	0.00	187.141	0.000	0.00	< 20.00
	Kirisler:	10	0	0.00				< 30.00
5	Kolonlar:	14	0	0.00	75.192	0.000	0.00	< 40.00
	Kirisler:	10	0	0.00				< 30.00

Şekil 9.a. Adapazarı'nda Karadere Apartmanı'nın Doğrusal Elastik Yönteme göre x-yönünde bina performans kontrolü. Bina x-yönünde "can güvenliği" performansını sağlamaktadır

Kat	Eleman	Toplam Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Yuzdesi	V-toplam (t)	V-Saglmyn (t)	Saglamayan V Yuzdesi	Limit
1	Kolonlar:	14	0	0.00	301.200	0.000	0.00	< 20.00
	Kirisler:	13	1	7.69				< 30.00
2	Kolonlar:	14	0	0.00	267.007	0.000	0.00	< 20.00
	Kirisler:	10	1	10.00				< 30.00
3	Kolonlar:	14	0	0.00	218.594	0.000	0.00	< 20.00
	Kirisler:	10	1	10.00				< 30.00
4	Kolonlar:	14	0	0.00	155.994	0.000	0.00	< 20.00
	Kirisler:	10	0	0.00				< 30.00
5	Kolonlar:	14	0	0.00	64.181	0.000	0.00	< 40.00
	Kirisler:	10	0	0.00				< 30.00

Şekil 9.b. Adapazarı'nda Karadere Apartmanı'nın Doğrusal Elastik Yönteme göre y-yönünde bina performans kontrolü. Bina y-yönünde "can güvenliği" performansını sağlamaktadır

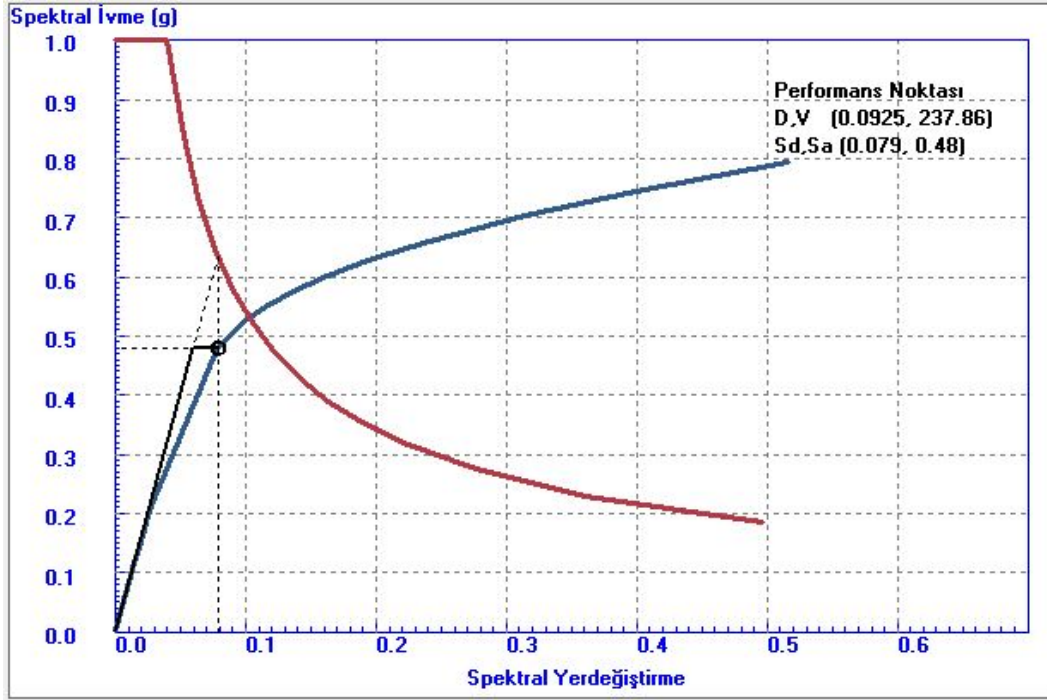
EK-3



Şekil 9.c. Adapazarı'nda Karadere Apartmanı'nın Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre x-yönünde bina yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi

Kat	Eleman	Toplam Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Yuzdesi	V-toplam (t)	V-Saglmyn (t)	Saglamayan V Yuzdesi	Limit
1	Kolonlar: Kirisler:	14 27	1 0	7.14 0.00	191.280	49.969	26.12	> 0.00 ! < 20.00
2	Kolonlar: Kirisler:	14 24	1 0	7.14 0.00	172.238	22.209	12.89	> 0.00 ! < 20.00
3	Kolonlar: Kirisler:	14 24	0 0	0.00 0.00	139.209	0.000	0.00	< 0.00 < 20.00
4	Kolonlar: Kirisler:	14 24	0 0	0.00 0.00	92.604	0.000	0.00	< 0.00 < 20.00
5	Kolonlar: Kirisler:	14 24	0 0	0.00 0.00	46.741	0.000	0.00	< 0.00 < 20.00

Şekil 9.d. Adapazarı'nda Karadere Apartmanı'nın Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre x-yönünde bina performans kontrolü. Bina x-yönünde "göçme" performansını sağlamaktadır



Şekil 9.e. Adapazarı'nda Karadere Apartmanı'nın Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre y-yönünde bina yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi

Kat	Eleman	Toplam Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Yuzdesi	V-toplam (t)	V-Saglmyn (t)	Saglamayan V Yuzdesi	Limit
1	Kolonlar:	14	0	0.00	235.908	0.000	0.00	< 0.00
	Kirisler:	27	0	0.00				< 20.00
2	Kolonlar:	14	1	7.14	215.094	24.785	11.52	> 0.00 !
	Kirisler:	24	0	0.00				< 20.00
3	Kolonlar:	14	2	14.29	176.892	45.961	25.98	> 0.00 !
	Kirisler:	24	0	0.00				< 20.00
4	Kolonlar:	14	0	0.00	119.176	0.000	0.00	< 0.00
	Kirisler:	24	0	0.00				< 20.00
5	Kolonlar:	14	0	0.00	50.352	0.000	0.00	< 0.00
	Kirisler:	24	0	0.00				< 20.00

Şekil 9.f. Adapazarı'nda Karadere Apartmanı'nın Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre y-yönünde bina performans kontrolü. Bina y-yönünde "göçme" performansını sağlamaktadır



EK-3

**Karamürsel Ahmet Levent Sitesi A Blok**

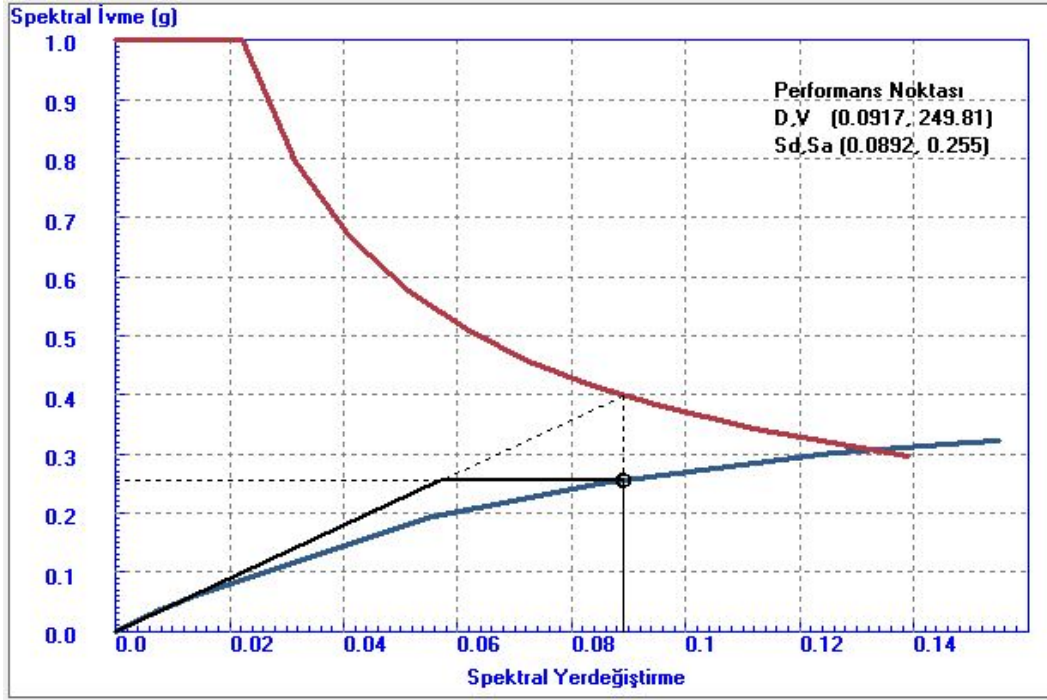
Kat	Eleman	Toplam Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Yuzdesi	V-toplam (t)	V-Saglmyn (t)	Saglamayan V Yuzdesi	Limit
1	Kolonlar:	24	0	0.00	391.355	0.000	0.00	< 20.00
	Kirisler:	17	1	5.88				< 30.00
2	Kolonlar:	24	0	0.00	375.967	0.000	0.00	< 20.00
	Kirisler:	17	1	5.88				< 30.00
3	Kolonlar:	24	0	0.00	337.641	0.000	0.00	< 20.00
	Kirisler:	17	2	11.76				< 30.00
4	Kolonlar:	24	0	0.00	295.635	0.000	0.00	< 20.00
	Kirisler:	17	0	0.00				< 30.00
5	Kolonlar:	24	0	0.00	242.343	0.000	0.00	< 20.00
	Kirisler:	17	0	0.00				< 30.00
6	Kolonlar:	24	0	0.00	189.171	0.000	0.00	< 20.00
	Kirisler:	17	0	0.00				< 30.00
7	Kolonlar:	24	0	0.00	63.215	0.000	0.00	< 40.00
	Kirisler:	17	0	0.00				< 30.00

Şekil 10.a. Gölcük'te Karamürsel Ahmet Levent Sitesi A Blok'un Doğrusal Elastik Yönteme göre x-yönünde bina performans kontrolü. Bina x-yönünde "can güvenliği" performansını sağlamaktadır

Kat	Eleman	Toplam Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Yuzdesi	V-toplam (t)	V-Saglmyn (t)	Saglamayan V Yuzdesi	Limit
1	Kolonlar:	24	0	0.00	461.576	0.000	0.00	< 20.00
	Kirisler:	20	0	0.00				< 30.00
2	Kolonlar:	24	0	0.00	445.180	0.000	0.00	< 20.00
	Kirisler:	20	1	5.00				< 30.00
3	Kolonlar:	24	0	0.00	404.750	0.000	0.00	< 20.00
	Kirisler:	20	1	5.00				< 30.00
4	Kolonlar:	24	0	0.00	354.209	0.000	0.00	< 20.00
	Kirisler:	20	1	5.00				< 30.00
5	Kolonlar:	24	0	0.00	301.936	0.000	0.00	< 20.00
	Kirisler:	20	0	0.00				< 30.00
6	Kolonlar:	24	0	0.00	225.327	0.000	0.00	< 20.00
	Kirisler:	20	0	0.00				< 30.00
7	Kolonlar:	24	0	0.00	114.086	0.000	0.00	< 40.00
	Kirisler:	20	0	0.00				< 30.00

Şekil 10.b. Gölcük'te Karamürsel Ahmet Levent Sitesi A Blok'un Doğrusal Elastik Yönteme göre y-yönünde bina performans kontrolü. Bina y-yönünde "can güvenliği" performansını sağlamaktadır

EK-3

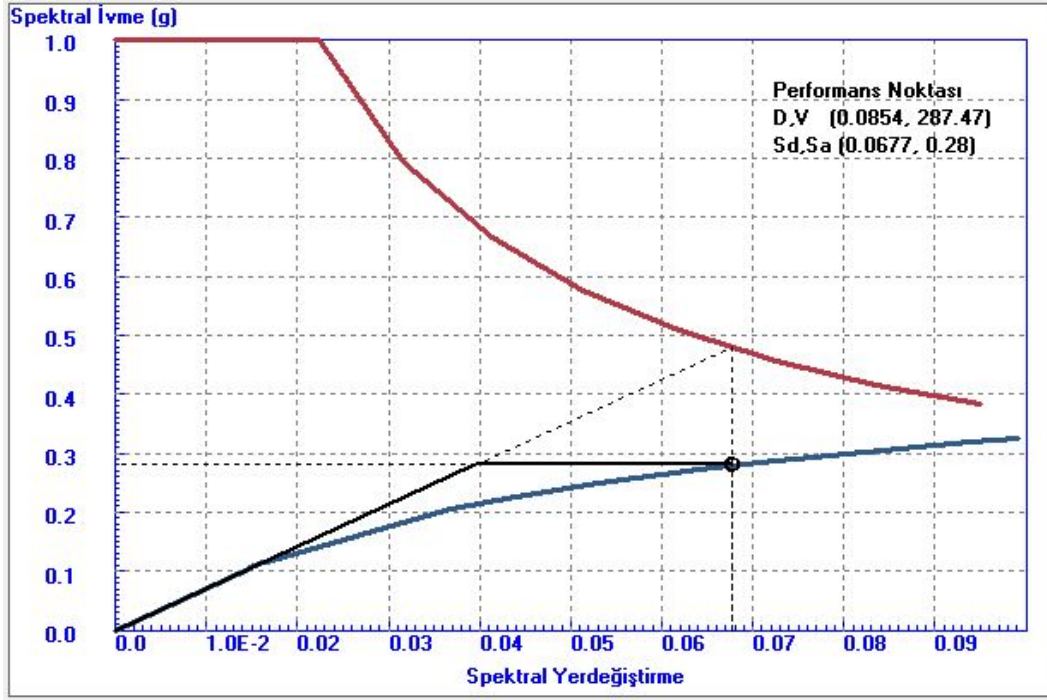


Şekil 10.c. Gölcük'te Karamürsel Ahmet Levent Sitesi A Blok'un Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre x-yönünde bina yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi

Kat	Eleman	Toplam Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Yuzdesi	V-toplam (t)	V-Saglmyrn (t)	Saglamayan V Yuzdesi	Limit
1	Kolonlar: Kirisler:	24 41	0 0	0.00 0.00	249.689	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00
2	Kolonlar: Kirisler:	24 41	0 0	0.00 0.00	243.184	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00
3	Kolonlar: Kirisler:	24 41	0 0	0.00 0.00	226.142	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00
4	Kolonlar: Kirisler:	24 41	0 0	0.00 0.00	198.101	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00
5	Kolonlar: Kirisler:	24 41	0 0	0.00 0.00	159.761	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00
6	Kolonlar: Kirisler:	24 41	0 0	0.00 0.00	118.363	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00
7	Kolonlar: Kirisler:	24 41	0 0	0.00 0.00	90.925	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00

Şekil 10.d. Gölcük'te Karamürsel Ahmet Levent Sitesi A Blok'un Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre x-yönünde bina performans kontrolü. Bina x-yönünde "hemen kullanım" performansını sağlamaktadır

EK-3



Şekil 10.e. Gölcük'te Karamürsel Ahmet Levent Sitesi A Blok'un Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre y-yönünde bina yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi

Kat	Eleman	Toplam Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Yuzdesi	V-toplam (t)	V-Saglmyn (t)	Saglamayan V Yuzdesi	Limit
1	Kolonlar:	47	0	0.00	866.193	0.000	0.00	< 0.00
	Kirisler:	82	0	0.00				< 10.00
2	Kolonlar:	47	0	0.00	849.172	0.000	0.00	< 0.00
	Kirisler:	82	0	0.00				< 10.00
3	Kolonlar:	48	0	0.00	807.774	0.000	0.00	< 0.00
	Kirisler:	82	0	0.00				< 10.00
4	Kolonlar:	48	0	0.00	713.671	0.000	0.00	< 0.00
	Kirisler:	82	0	0.00				< 10.00
5	Kolonlar:	48	0	0.00	580.203	0.000	0.00	< 0.00
	Kirisler:	82	0	0.00				< 10.00
6	Kolonlar:	48	0	0.00	413.196	0.000	0.00	< 0.00
	Kirisler:	82	0	0.00				< 10.00
7	Kolonlar:	48	0	0.00	325.437	0.000	0.00	< 0.00
	Kirisler:	82	0	0.00				< 10.00

Şekil 10.f. Gölcük'te Karamürsel Ahmet Levent Sitesi A Blok'un Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre y-yönünde bina performans kontrolü. Bina y-yönünde "hemen kullanım" performansını sağlamaktadır

**Kardeşler Apartmanı B Blok**

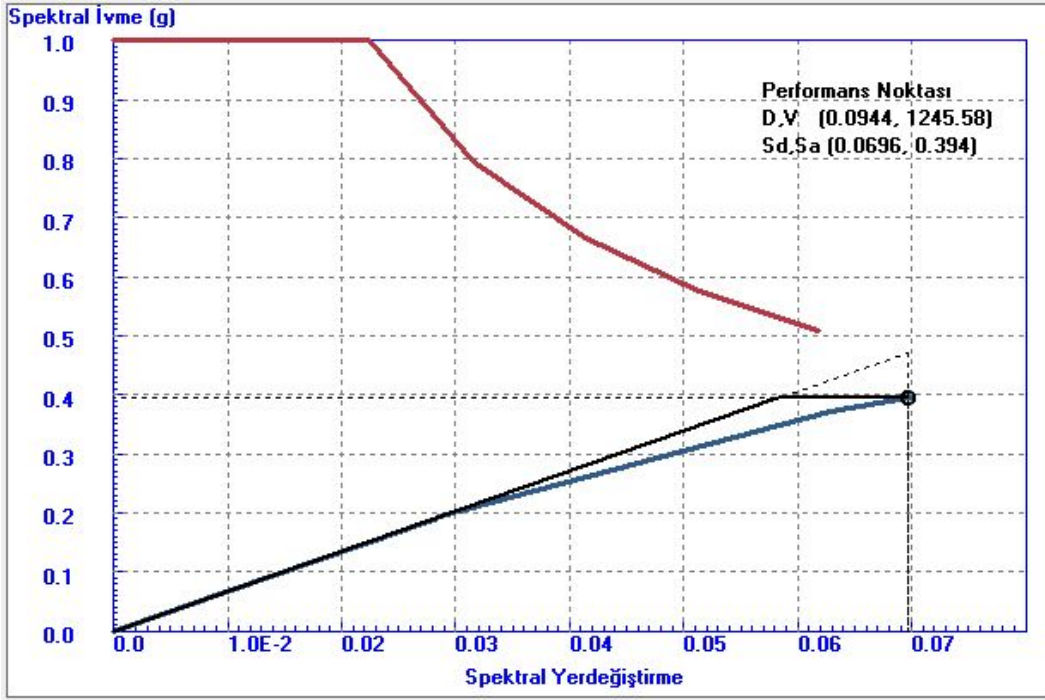
Kat	Eleman	Toplam Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Yuzdesi	V-toplam (t)	V-Saglmyn (t)	Saglamayan V Yuzdesi	Limit
1	Kolonlar:	44	0	0.00	1373.546	0.000	0.00	< 20.00
	Kirisler:	38	1	2.63				
2	Kolonlar:	44	0	0.00	1202.727	0.000	0.00	< 20.00
	Kirisler:	28	0	0.00				
3	Kolonlar:	44	0	0.00	1041.794	0.000	0.00	< 20.00
	Kirisler:	28	27	96.43				
4	Kolonlar:	44	0	0.00	876.831	0.000	0.00	< 20.00
	Kirisler:	28	27	96.43				
5	Kolonlar:	44	0	0.00	660.963	0.000	0.00	< 20.00
	Kirisler:	28	27	96.43				
6	Kolonlar:	44	0	0.00	164.496	0.000	0.00	< 40.00
	Kirisler:	28	27	96.43				

Şekil 11.a. Adapazarı'nda Kardeşler Apartmanı B Blok'un Doğrusal Elastik Yönteme göre x-yönünde bina performans kontrolü. Bina x-yönünde "can güvenliği" performansını sağlamaktadır

Kat	Eleman	Toplam Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Yuzdesi	V-toplam (t)	V-Saglmyn (t)	Saglamayan V Yuzdesi	Limit
1	Kolonlar:	44	0	0.00	1454.994	0.000	0.00	< 20.00
	Kirisler:	34	0	0.00				
2	Kolonlar:	44	0	0.00	1286.956	0.000	0.00	< 20.00
	Kirisler:	36	2	5.56				
3	Kolonlar:	44	0	0.00	1118.316	0.000	0.00	< 20.00
	Kirisler:	36	33	91.67				
4	Kolonlar:	44	0	0.00	940.023	0.000	0.00	< 20.00
	Kirisler:	36	33	91.67				
5	Kolonlar:	44	0	0.00	715.913	0.000	0.00	< 20.00
	Kirisler:	36	33	91.67				
6	Kolonlar:	44	0	0.00	247.619	0.000	0.00	< 40.00
	Kirisler:	36	33	91.67				

Şekil 11.b. Adapazarı'nda Kardeşler Apartmanı B Blok'un Doğrusal Elastik Yönteme göre y-yönünde bina performans kontrolü. Bina y-yönünde "can güvenliği" performansını sağlamaktadır

EK-3

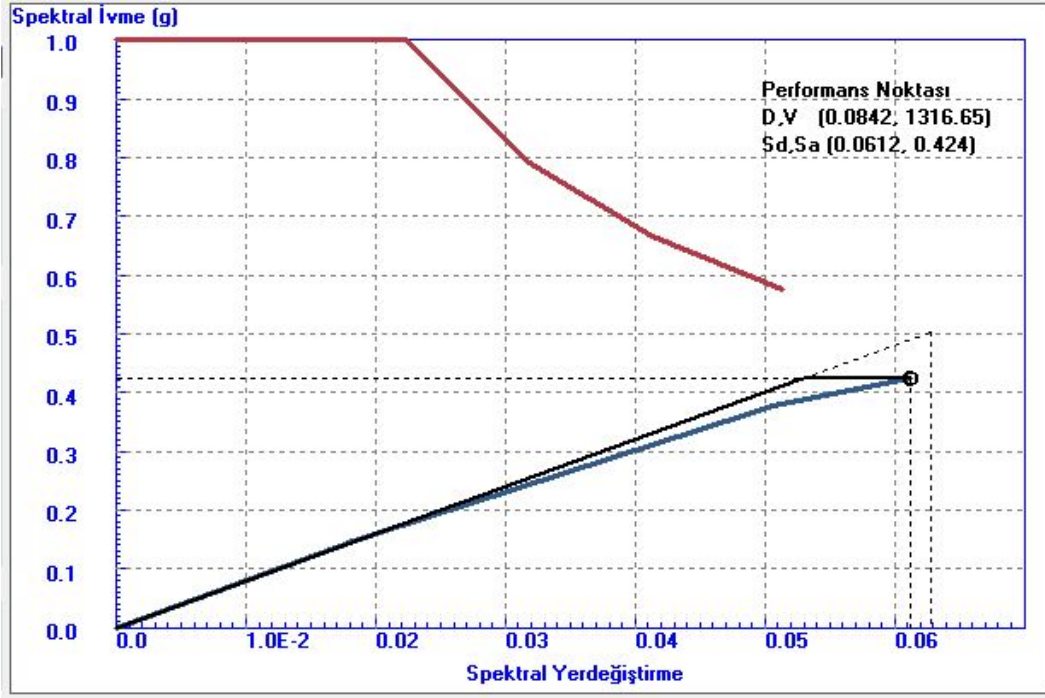


Şekil 11.c. Adapazarı'nda Kardeşler Apartmanı B Blok'un Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre x-yönünde bina yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi

Kat	Eleman	Toplam Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Yuzdesi	V-toplam (t)	V-Saglmyn (t)	Saglamayan V Yuzdesi	Limit
1	Kolonlar:	32	1	3.13	742.945	48.404	6.52	> 0.00 !
	Kirisler:	87	4	4.60				< 20.00
2	Kolonlar:	32	5	15.63	742.889	263.082	35.41	> 0.00 !
	Kirisler:	103	13	12.62				< 20.00
3	Kolonlar:	32	7	21.88	664.397	338.238	50.91	> 0.00 !
	Kirisler:	3	0	0.00				< 20.00
4	Kolonlar:	32	1	3.13	475.420	41.658	8.76	> 0.00 !
	Kirisler:	3	0	0.00				< 20.00
5	Kolonlar:	32	0	0.00	351.059	0.000	0.00	< 0.00
	Kirisler:	3	0	0.00				< 20.00
6	Kolonlar:	32	0	0.00	182.673	0.000	0.00	< 0.00
	Kirisler:	3	0	0.00				< 20.00

Şekil 11.d. Adapazarı'nda Kardeşler Apartmanı B Blok'un Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre x-yönünde bina performans kontrolü. Bina x-yönünde "göçme" performansını sağlamaktadır

EK-3



Şekil 11.e. Adapazarı'nda Kardeşler Apartmanı B Blok'un Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre y-yönünde bina yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi

Kat	Eleman	Toplam Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Yuzdesi	V-toplam (t)	V-Saglmyn (t)	Saglamayan V Yuzdesi	Limit
1	Kolonlar: Kirisler:	32 87	0 2	0.00 2.30	628.261	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00
2	Kolonlar: Kirisler:	32 103	0 12	0.00 11.65	769.931	0.000	0.00	< 0.00 > 10.00 !
3	Kolonlar: Kirisler:	32 3	0 0	0.00 0.00	697.564	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00
4	Kolonlar: Kirisler:	32 3	0 0	0.00 0.00	538.880	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00
5	Kolonlar: Kirisler:	32 3	0 0	0.00 0.00	404.943	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00
6	Kolonlar: Kirisler:	32 3	0 0	0.00 0.00	237.204	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00

Şekil 11.f. Adapazarı'nda Kardeşler Apartmanı B Blok'un Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre y-yönünde bina performans kontrolü. Bina y-yönünde "hemen kullanım" performansını sağlamaktadır



EK-3

**SSK Hizmet Binası**

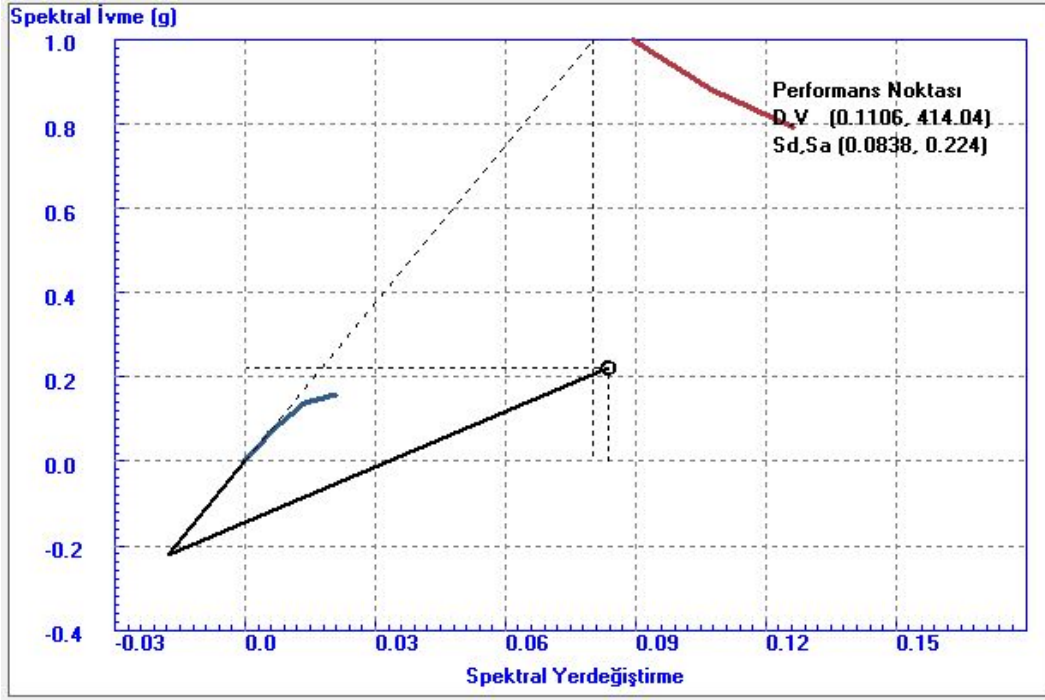
Kat	Eleman	Toplam Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Yuzdesi	V-toplam (t)	V-Saglmyn (t)	Saglamayan V Yuzdesi	Limit
1	Kolonlar:	46	19	41.30	1589.411	904.822	56.93	> 0.00 ! > 20.00 !
	Kirisler:	42	38	90.48				
2	Kolonlar:	46	21	45.65	1404.033	787.979	56.12	> 0.00 ! > 20.00 !
	Kirisler:	42	38	90.48				
3	Kolonlar:	46	31	67.39	1037.265	756.722	72.95	> 0.00 ! > 20.00 !
	Kirisler:	42	32	76.19				
4	Kolonlar:	46	2	4.35	480.057	26.401	5.50	> 0.00 ! < 20.00
	Kirisler:	42	0	0.00				

Şekil 12.a. Adapazarı'nda SSK Hizmet Binası'nın Doğrusal Elastik Yönteme göre x-yönünde bina performans kontrolü. Bina x-yönünde "göçme" performansını sağlamaktadır

Kat	Eleman	Toplam Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Yuzdesi	V-toplam (t)	V-Saglmyn (t)	Saglamayan V Yuzdesi	Limit
1	Kolonlar:	46	0	0.00	1544.366	0.000	0.00	< 0.00 > 20.00 !
	Kirisler:	34	24	70.59				
2	Kolonlar:	46	0	0.00	1386.806	0.000	0.00	< 0.00 > 20.00 !
	Kirisler:	34	33	97.06				
3	Kolonlar:	46	1	2.17	1026.817	17.024	1.66	> 0.00 ! > 20.00 !
	Kirisler:	34	30	88.24				
4	Kolonlar:	46	0	0.00	484.678	0.000	0.00	< 0.00 < 20.00
	Kirisler:	34	0	0.00				

Şekil 12.b. Adapazarı'nda SSK Hizmet Binası'nın Doğrusal Elastik Yönteme göre y-yönünde bina performans kontrolü. Bina y-yönünde "göçme" performansını sağlamaktadır

EK-3

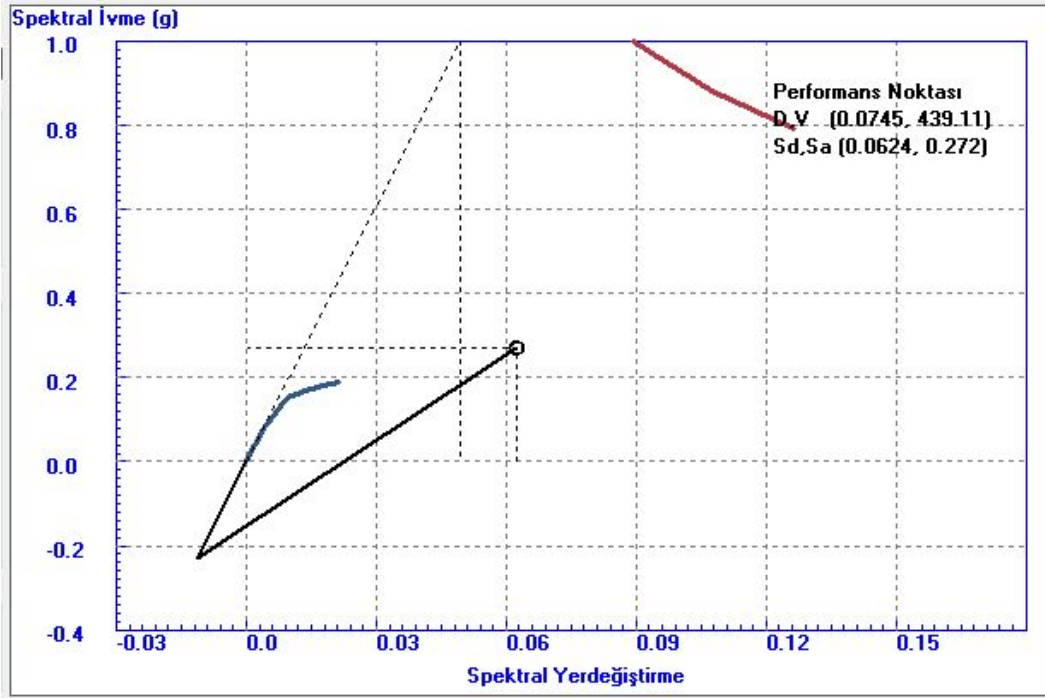


Şekil 12.c. Adapazarı'nda SSK Hizmet Binası'nın Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre x-yönünde bina yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi

Kat	Eleman	Toplam Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Yuzdesi	V-toplam (t)	V-Saglmyn (t)	Saglamayan V Yuzdesi	Limit
1	Kolonlar:	46	0	0.00	325.478	0.000	0.00	< 0.00
	Kirisler:	77	2	2.60				< 10.00
2	Kolonlar:	46	0	0.00	290.410	0.000	0.00	< 0.00
	Kirisler:	77	1	1.30				< 10.00
3	Kolonlar:	45	0	0.00	202.917	0.000	0.00	< 0.00
	Kirisler:	77	0	0.00				< 10.00
4	Kolonlar:	46	0	0.00	109.994	0.000	0.00	< 0.00
	Kirisler:	77	0	0.00				< 10.00

Şekil 12.d. Adapazarı'nda SSK Hizmet Binası'nın Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre x-yönünde bina performans kontrolü. Bina x-yönünde "hemen kullanım" performansını sağlamaktadır

EK-3



Şekil 12.e. Adapazarı'nda SSK Hizmet Binası'nın Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre y-yönünde bina yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi

Kat	Eleman	Toplam Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Yuzdesi	V-toplam (t)	V-Saglmyn (t)	Saglamayan V Yuzdesi	Limit
1	Kolonlar: Kirisler:	46 77	0 0	0.00 0.00	391.371	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00
2	Kolonlar: Kirisler:	46 77	0 0	0.00 0.00	342.153	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00
3	Kolonlar: Kirisler:	45 77	0 0	0.00 0.00	248.647	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00
4	Kolonlar: Kirisler:	46 77	0 0	0.00 0.00	112.992	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00

Şekil 12.f. Adapazarı'nda SSK Hizmet Binası'nın Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre y-yönünde bina performans kontrolü. Bina y-yönünde "hemen kullanım" performansını sağlamaktadır

**Yan Sokak Binası**

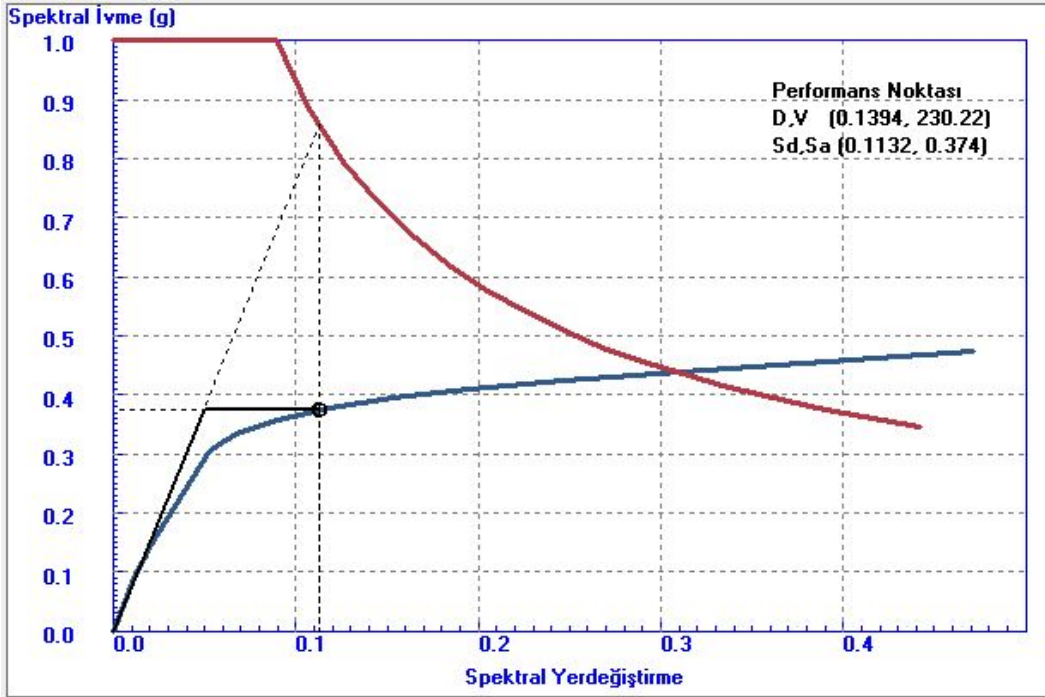
Kat	Eleman	Toplam Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Yuzdesi	V-toplam (t)	V-Saglmyn (t)	Saglamayan V Yuzdesi	Limit
1	Kolonlar:	15	0	0.00	485.138	0.000	0.00	< 20.00 > 30.00 !
	Kirisler:	11	4	36.36				
2	Kolonlar:	15	0	0.00	460.775	0.000	0.00	< 20.00 > 30.00 !
	Kirisler:	11	4	36.36				
3	Kolonlar:	15	0	0.00	405.997	0.000	0.00	< 20.00 > 30.00 !
	Kirisler:	11	5	45.45				
4	Kolonlar:	15	0	0.00	327.653	0.000	0.00	< 20.00 > 30.00 !
	Kirisler:	11	6	54.55				
5	Kolonlar:	15	0	0.00	225.710	0.000	0.00	< 20.00 < 30.00
	Kirisler:	11	2	18.18				
6	Kolonlar:	15	0	0.00	96.221	0.000	0.00	< 40.00 < 30.00
	Kirisler:	11	0	0.00				

Şekil 13.a. Adapazarı'nda Yan Sokak Binası'nın Doğrusal Elastik Yönteme göre x-yönünde bina performans kontrolü. Bina x-yönünde "can güvenliği" performansını sağlamaktadır

Kat	Eleman	Toplam Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Yuzdesi	V-toplam (t)	V-Saglmyn (t)	Saglamayan V Yuzdesi	Limit
1	Kolonlar:	15	0	0.00	546.581	0.000	0.00	< 20.00 < 30.00
	Kirisler:	14	3	21.43				
2	Kolonlar:	15	0	0.00	520.910	0.000	0.00	< 20.00 > 30.00 !
	Kirisler:	14	5	35.71				
3	Kolonlar:	15	0	0.00	459.939	0.000	0.00	< 20.00 > 30.00 !
	Kirisler:	14	7	50.00				
4	Kolonlar:	15	0	0.00	369.414	0.000	0.00	< 20.00 > 30.00 !
	Kirisler:	14	6	42.86				
5	Kolonlar:	15	0	0.00	253.248	0.000	0.00	< 20.00 < 30.00
	Kirisler:	14	2	14.29				
6	Kolonlar:	15	0	0.00	106.015	0.000	0.00	< 40.00 < 30.00
	Kirisler:	14	0	0.00				

Şekil 13.b. Adapazarı'nda Yan Sokak Binası'nın Doğrusal Elastik Yönteme göre y-yönünde bina performans kontrolü. Bina y-yönünde "can güvenliği" performansını sağlamaktadır

EK-3

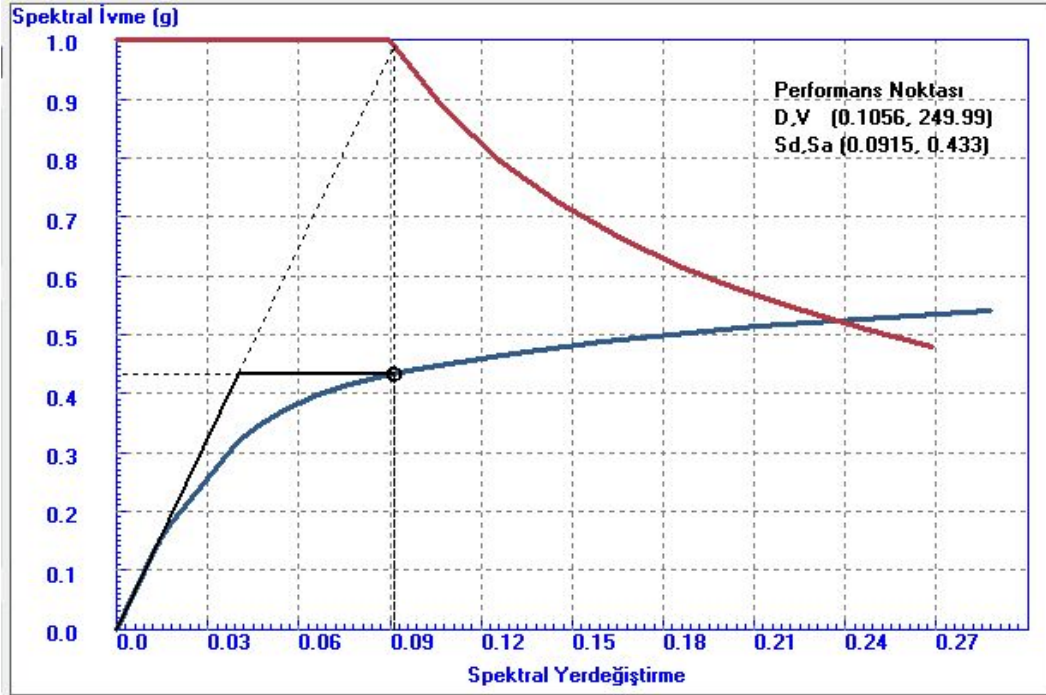


Şekil 13.c. Adapazarı'nda Yan Sokak Binası'nın Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre x-yönünde bina yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi

Kat	Eleman	Toplam Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Yuzdesi	V-toplam (t)	V-Saglmyın (t)	Saglamayan V Yuzdesi	Limit
1	Kolonlar:	15	0	0.00	232.448	0.000	0.00	< 20.00
	Kirisler:	25	2	8.00				< 30.00
2	Kolonlar:	15	0	0.00	222.911	0.000	0.00	< 20.00
	Kirisler:	24	2	8.33				< 30.00
3	Kolonlar:	15	0	0.00	198.162	0.000	0.00	< 20.00
	Kirisler:	24	1	4.17				< 30.00
4	Kolonlar:	15	0	0.00	157.999	0.000	0.00	< 20.00
	Kirisler:	24	1	4.17				< 30.00
5	Kolonlar:	15	0	0.00	104.805	0.000	0.00	< 20.00
	Kirisler:	24	0	0.00				< 30.00
6	Kolonlar:	15	0	0.00	54.836	0.000	0.00	< 40.00
	Kirisler:	24	0	0.00				< 30.00

Şekil 13.d. Adapazarı'nda Yan Sokak Binası'nın Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre x-yönünde bina performans kontrolü. Bina x-yönünde "can güvenliği" performansını sağlamaktadır

EK-3



Şekil 13.e. Adapazarı'nda Yan Sokak Binası'nın Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre y-yönünde bina yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi

Kat	Eleman	Toplam Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Yuzdesi	V-toplam (t)	V-Saglmyn (t)	Saglamayan V Yuzdesi	Limit
1	Kolonlar:	15	0	0.00	254.949	0.000	0.00	< 0.00
	Kirisler:	25	1	4.00				< 10.00
2	Kolonlar:	15	0	0.00	244.306	0.000	0.00	< 0.00
	Kirisler:	24	1	4.17				< 10.00
3	Kolonlar:	15	0	0.00	217.009	0.000	0.00	< 0.00
	Kirisler:	24	0	0.00				< 10.00
4	Kolonlar:	15	0	0.00	172.945	0.000	0.00	< 0.00
	Kirisler:	24	0	0.00				< 10.00
5	Kolonlar:	15	0	0.00	114.550	0.000	0.00	< 0.00
	Kirisler:	24	0	0.00				< 10.00
6	Kolonlar:	15	0	0.00	49.335	0.000	0.00	< 0.00
	Kirisler:	24	0	0.00				< 10.00

Şekil 13.f. Adapazarı'nda Yan Sokak Binası'nın Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre y-yönünde bina performans kontrolü. Bina y-yönünde "hemen kullanım" performansını sağlamaktadır



EK-3

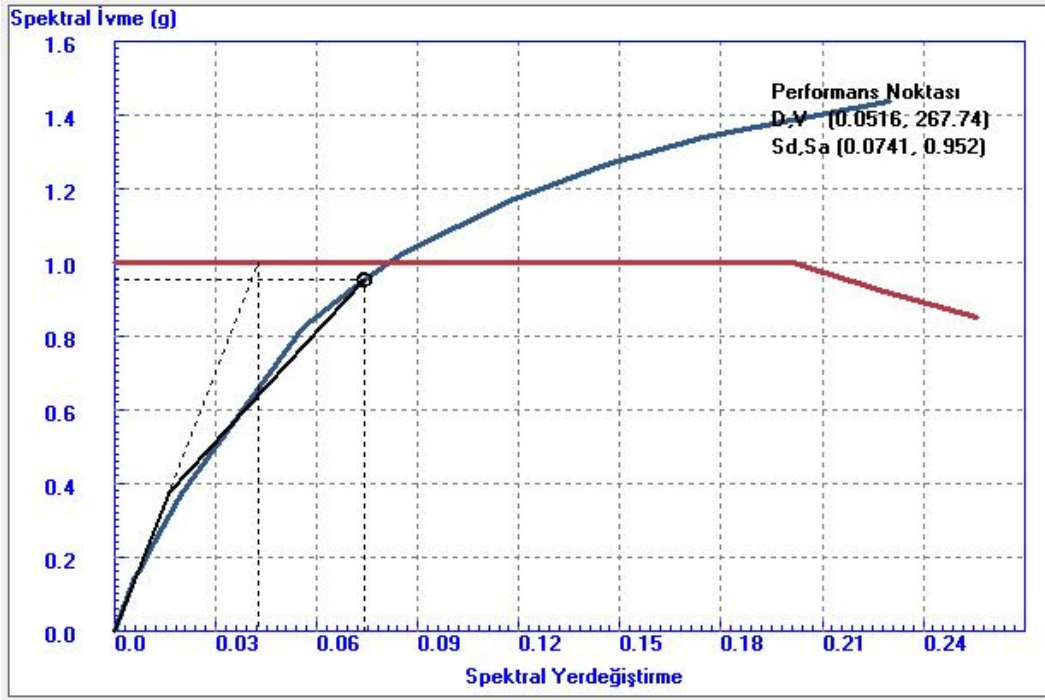
**Ekşioğlu Apartmanı**

Kat	Eleman	Toplam Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Yuzdesi	V-toplam (t)	V-Saglmyn (t)	Saglamayan V Yuzdesi	Limit
1	Kolonlar:	11	0	0.00	395.103	0.000	0.00	< 20.00
	Kirisler:	7	1	14.29				< 30.00
2	Kolonlar:	18	0	0.00	488.035	0.000	0.00	< 20.00
	Kirisler:	17	5	29.41				< 30.00
3	Kolonlar:	18	0	0.00	448.645	0.000	0.00	< 20.00
	Kirisler:	14	5	35.71				> 30.00 !
4	Kolonlar:	18	0	0.00	374.415	0.000	0.00	< 20.00
	Kirisler:	14	4	28.57				< 30.00
5	Kolonlar:	18	0	0.00	268.841	0.000	0.00	< 20.00
	Kirisler:	14	4	28.57				< 30.00
6	Kolonlar:	18	0	0.00	135.268	0.000	0.00	< 40.00
	Kirisler:	13	3	23.08				< 30.00

Şekil 14.a. Adapazarı'nda Ekşioğlu Apartmanı'nın Doğrusal Elastik Yönteme göre x-yönünde bina performans kontrolü. Bina x-yönünde "can güvenliği" performansını sağlamaktadır

Kat	Eleman	Toplam Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Yuzdesi	V-toplam (t)	V-Saglmyn (t)	Saglamayan V Yuzdesi	Limit
1	Kolonlar:	11	1	9.09	340.360	51.026	14.99	> 0.00 !
	Kirisler:	8	0	0.00				< 20.00
2	Kolonlar:	18	0	0.00	486.288	0.000	0.00	< 0.00
	Kirisler:	19	2	10.53				< 20.00
3	Kolonlar:	18	0	0.00	411.666	0.000	0.00	< 0.00
	Kirisler:	14	0	0.00				< 20.00
4	Kolonlar:	18	0	0.00	333.418	0.000	0.00	< 0.00
	Kirisler:	14	0	0.00				< 20.00
5	Kolonlar:	18	0	0.00	242.090	0.000	0.00	< 0.00
	Kirisler:	14	0	0.00				< 20.00
6	Kolonlar:	18	0	0.00	128.946	0.000	0.00	< 0.00
	Kirisler:	14	0	0.00				< 20.00

Şekil 14.b. Adapazarı'nda Ekşioğlu Apartmanı'nın Doğrusal Elastik Yönteme göre y-yönünde bina performans kontrolü. Bina y-yönünde "göçme" performansını sağlamaktadır



Şekil 14.c. Adapazarı'nda Ekşioğlu Apartmanı'nın Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre x-yönünde bina yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi

Kat	Eleman	Toplam Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Yuzdesi	V-toplam (t)	V-Saglmyn (t)	Saglamayan V Yuzdesi	Limit
1	Kolonlar: Kirisler:	11 15	0 1	0.00 6.67	248.403	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00
2	Kolonlar: Kirisler:	18 31	0 1	0.00 3.23	271.493	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00
3	Kolonlar: Kirisler:	18 31	0 1	0.00 3.23	247.686	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00
4	Kolonlar: Kirisler:	18 31	0 1	0.00 3.23	205.934	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00
5	Kolonlar: Kirisler:	18 31	0 1	0.00 3.23	148.829	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00
6	Kolonlar: Kirisler:	18 29	0 1	0.00 3.45	78.861	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00

Şekil 14.d. Adapazarı'nda Ekşioğlu Apartmanı'nın Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre x-yönünde bina performans kontrolü. Bina x-yönünde "hemen kullanım" performansını sağlamaktadır

EK-3



Şekil 14.e. Adapazarı'nda Ekşioğlu Apartmanı'nın Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre y-yönünde bina yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi

Kat	Eleman	Toplam Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Yuzdesi	V-toplam (t)	V-Saglmyn (t)	Saglamayan V Yuzdesi	Limit
1	Kolonlar:	11	0	0.00	155.256	0.000	0.00	< 0.00
	Kirisler:	15	1	6.67				< 20.00
2	Kolonlar:	18	1	5.56	243.352	53.864	22.13	> 0.00 !
	Kirisler:	31	1	3.23				< 20.00
3	Kolonlar:	18	0	0.00	206.070	0.000	0.00	< 0.00
	Kirisler:	31	2	6.45				< 20.00
4	Kolonlar:	18	0	0.00	170.162	0.000	0.00	< 0.00
	Kirisler:	31	2	6.45				< 20.00
5	Kolonlar:	18	0	0.00	118.338	0.000	0.00	< 0.00
	Kirisler:	31	0	0.00				< 20.00
6	Kolonlar:	18	0	0.00	83.109	0.000	0.00	< 0.00
	Kirisler:	29	0	0.00				< 20.00

Şekil 14.f. Adapazarı'nda Ekşioğlu Apartmanı'nın Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre y-yönünde bina performans kontrolü. Bina y-yönünde "göçme" performansını sağlamaktadır

### 3.2 Kalibre Edilmiş Modellerin Türkiye Deprem Şartnamesine Göre Performanslarının Belirlenmesi

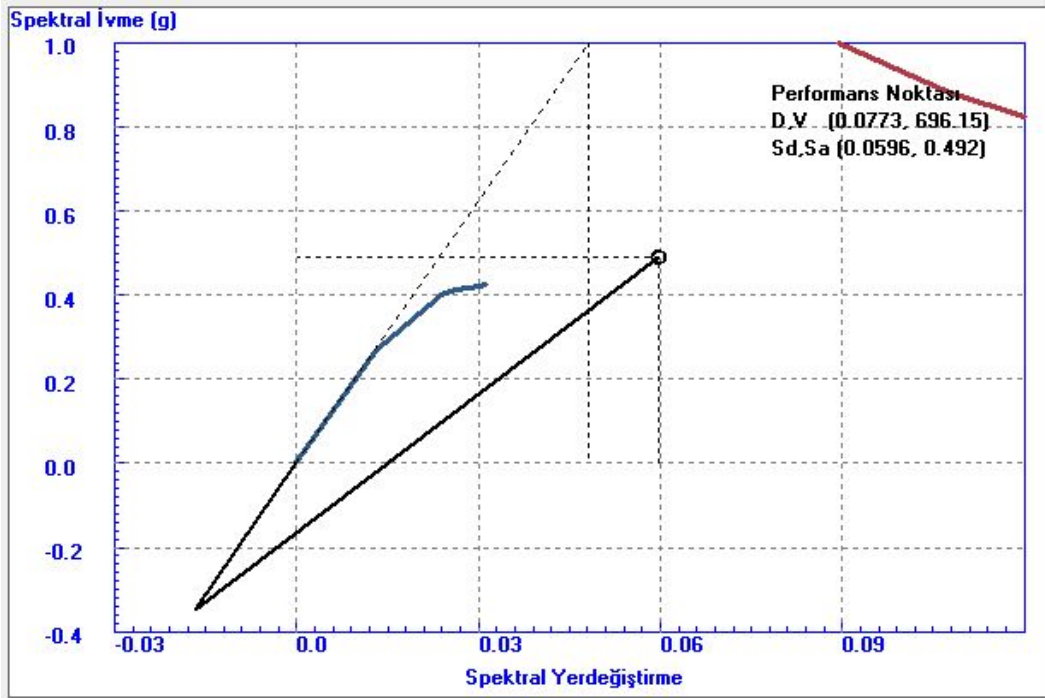
#### Altınışık Sitesi A Blok

Kat	Eleman	Toplam Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Yuzdesi	V-toplam (t)	V-Saglmyn (t)	Saglamayan V Yuzdesi	Limit
1	Kolonlar:	44	0	0.00	1213.568	0.000	0.00	< 20.00
	Kirisler:	36	6	16.67				< 30.00
2	Kolonlar:	44	0	0.00	1132.171	0.000	0.00	< 20.00
	Kirisler:	28	6	21.43				< 30.00
3	Kolonlar:	44	0	0.00	960.630	0.000	0.00	< 20.00
	Kirisler:	28	0	0.00				< 30.00
4	Kolonlar:	44	0	0.00	712.369	0.000	0.00	< 20.00
	Kirisler:	28	0	0.00				< 30.00
5	Kolonlar:	44	0	0.00	388.424	0.000	0.00	< 40.00
	Kirisler:	28	0	0.00				< 30.00

Şekil 15.a. Adapazarı'nda Altınışık Sitesi A Blok'un Doğrusal Elastik Yönteme göre x-yönünde bina performans kontrolü. Bina x-yönünde "can güvenliği" performansını sağlamaktadır

Kat	Eleman	Toplam Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Yuzdesi	V-toplam (t)	V-Saglmyn (t)	Saglamayan V Yuzdesi	Limit
1	Kolonlar:	44	0	0.00	1208.479	0.000	0.00	< 20.00
	Kirisler:	33	0	0.00				< 30.00
2	Kolonlar:	44	0	0.00	1130.832	0.000	0.00	< 20.00
	Kirisler:	33	0	0.00				< 30.00
3	Kolonlar:	44	0	0.00	959.420	0.000	0.00	< 20.00
	Kirisler:	33	0	0.00				< 30.00
4	Kolonlar:	44	0	0.00	707.874	0.000	0.00	< 20.00
	Kirisler:	33	0	0.00				< 30.00
5	Kolonlar:	44	0	0.00	384.514	0.000	0.00	< 40.00
	Kirisler:	33	0	0.00				< 30.00

Şekil 15.b. Adapazarı'nda Altınışık Sitesi A Blok'un Doğrusal Elastik Yönteme göre y-yönünde bina performans kontrolü. Bina y-yönünde "can güvenliği" performansını sağlamaktadır

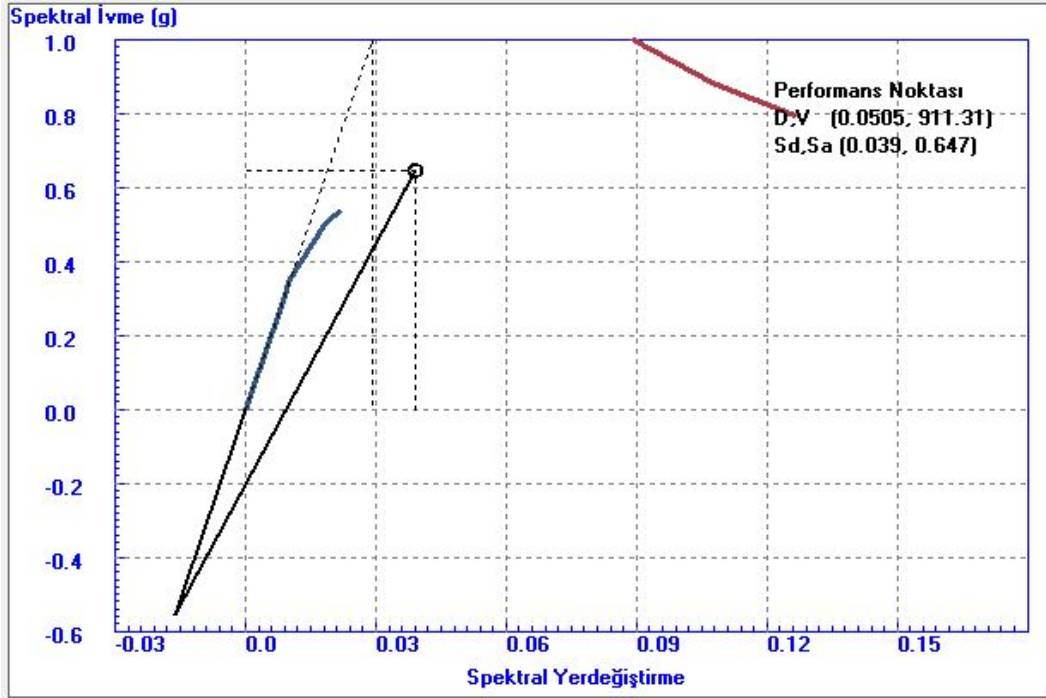


Şekil 15.c. Adapazarı'nda Altınışık Sitesi A Blok'un Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre x-yönünde bina yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi

Kat	Eleman	Toplam Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Yuzdesi	V-toplam (t)	V-Saglmyn (t)	Saglamayan V Yuzdesi	Limit
1	Kolonlar: Kirisler:	44 108	0 0	0.00 0.00	600.719	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00
2	Kolonlar: Kirisler:	44 100	0 0	0.00 0.00	564.238	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00
3	Kolonlar: Kirisler:	44 100	0 0	0.00 0.00	480.343	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00
4	Kolonlar: Kirisler:	44 100	0 0	0.00 0.00	352.449	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00
5	Kolonlar: Kirisler:	44 100	0 0	0.00 0.00	188.901	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00

Şekil 15.d. Adapazarı'nda Altınışık Sitesi A Blok'un Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre x-yönünde bina performans kontrolü. Bina x-yönünde "hemen kullanım" performansını sağlamaktadır

EK-3



Şekil 15.e. Adapazarı'nda Altınışık Sitesi A Blok'un Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre y-yönünde bina yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi

Kat	Eleman	Toplam Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Yuzdesi	V-toplam (t)	V-Saglmyn (t)	Saglamayan V Yuzdesi	Limit
1	Kolonlar: Kirisler:	44 108	0 0	0.00 0.00	751.573	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00
2	Kolonlar: Kirisler:	44 100	0 0	0.00 0.00	706.496	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00
3	Kolonlar: Kirisler:	44 100	0 0	0.00 0.00	600.468	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00
4	Kolonlar: Kirisler:	44 100	0 0	0.00 0.00	437.738	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00
5	Kolonlar: Kirisler:	44 100	0 0	0.00 0.00	231.253	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00

Şekil 15.f. Adapazarı'nda Altınışık Sitesi A Blok'un Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre y-yönünde bina performans kontrolü. Bina y-yönünde "hemen kullanım" performansını sağlamaktadır



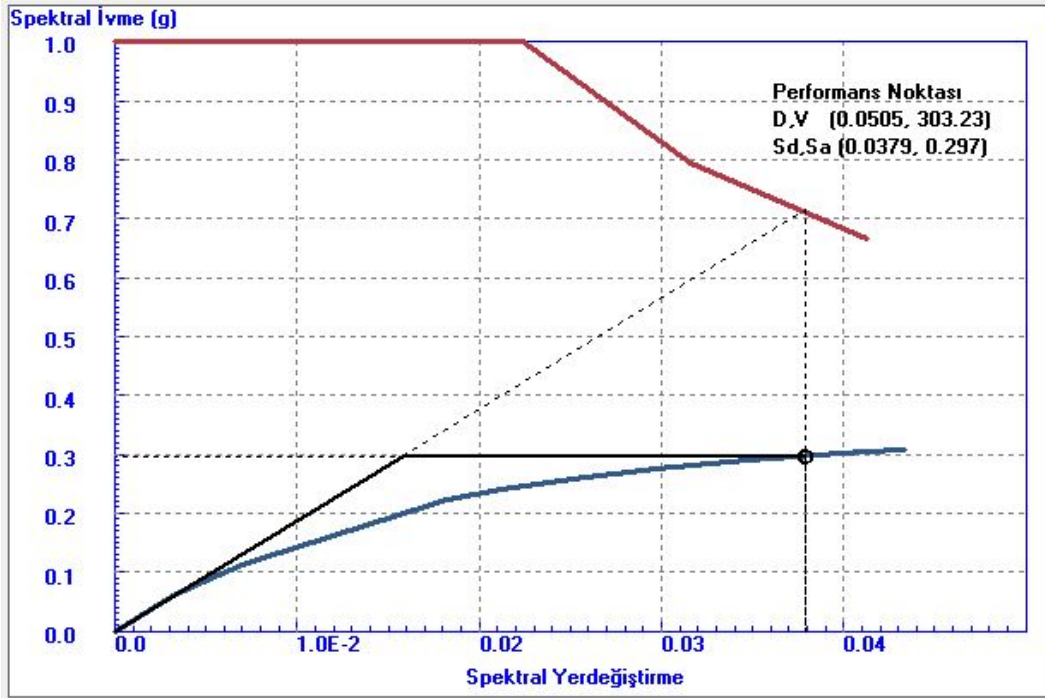
**Aydın Bak Sitesi Blok 1**

Kat	Eleman	Toplam Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Yuzdesi	V-toplam (t)	V-Saglmyn (t)	Saglamayan V Yuzdesi	Limit
1	Kolonlar:	28	0	0.00	562.219	0.000	0.00	< 20.00
	Kirisler:	21	5	23.81				< 30.00
2	Kolonlar:	28	0	0.00	536.962	0.000	0.00	< 20.00
	Kirisler:	21	5	23.81				< 30.00
3	Kolonlar:	28	0	0.00	478.141	0.000	0.00	< 20.00
	Kirisler:	21	5	23.81				< 30.00
4	Kolonlar:	28	0	0.00	399.260	0.000	0.00	< 20.00
	Kirisler:	21	3	14.29				< 30.00
5	Kolonlar:	28	0	0.00	302.420	0.000	0.00	< 20.00
	Kirisler:	21	0	0.00				< 30.00
6	Kolonlar:	28	0	0.00	161.574	0.000	0.00	< 40.00
	Kirisler:	21	0	0.00				< 30.00

Şekil 16.a. Gölçük' te Aydın Bak Sitesi 1. Blok' un Doğrusal Elastik Yönteme göre x-yönünde bina performans kontrolü. Bina x-yönünde "can güvenliği" performansını sağlamaktadır

Kat	Eleman	Toplam Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Yuzdesi	V-toplam (t)	V-Saglmyn (t)	Saglamayan V Yuzdesi	Limit
1	Kolonlar:	28	1	3.57	494.152	50.812	10.28	< 20.00
	Kirisler:	24	5	20.83				< 30.00
2	Kolonlar:	28	0	0.00	469.331	0.000	0.00	< 20.00
	Kirisler:	24	6	25.00				< 30.00
3	Kolonlar:	28	0	0.00	414.452	0.000	0.00	< 20.00
	Kirisler:	24	5	20.83				< 30.00
4	Kolonlar:	28	0	0.00	348.299	0.000	0.00	< 20.00
	Kirisler:	24	5	20.83				< 30.00
5	Kolonlar:	28	0	0.00	269.484	0.000	0.00	< 20.00
	Kirisler:	24	5	20.83				< 30.00
6	Kolonlar:	28	0	0.00	127.132	0.000	0.00	< 40.00
	Kirisler:	24	0	0.00				< 30.00

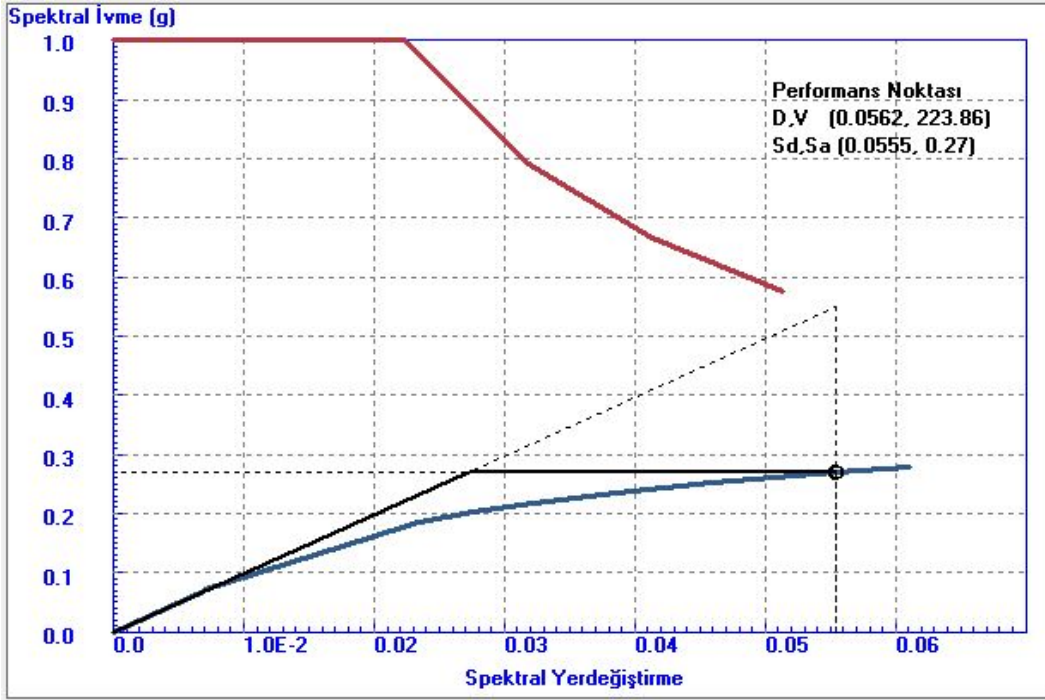
Şekil 16.b. Gölçük' te Aydın Bak Sitesi 1. Blok'un Doğrusal Elastik Yönteme göre y-yönünde bina performans kontrolü. Bina y-yönünde "can güvenliği" performansını sağlamaktadır



Şekil 16.c. Gölçük' te Aydın Bak Sitesi 1. Blok'un Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre x-yönünde bina yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi

Kat	Eleman	Toplam Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Yuzdesi	V-toplam (t)	V-Saglmyn (t)	Saglamayan V Yuzdesi	Limit
1	Kolonlar: Kirisler:	28 59	0 0	0.00 0.00	310.791	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00
2	Kolonlar: Kirisler:	28 59	0 1	0.00 1.69	300.249	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00
3	Kolonlar: Kirisler:	28 59	0 0	0.00 0.00	271.571	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00
4	Kolonlar: Kirisler:	28 59	0 0	0.00 0.00	224.181	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00
5	Kolonlar: Kirisler:	28 55	0 0	0.00 0.00	160.628	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00
6	Kolonlar: Kirisler:	28 59	0 0	0.00 0.00	94.601	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00

Şekil 16.d. Gölçük' te Aydın Bak Sitesi 1 Blok'un Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre x-yönünde bina performans kontrolü. Bina x-yönünde "hemen kullanım" performansını sağlamaktadır



Şekil 16.e. Gölçük' te Aydın Bak Sitesi 1. Blok'un Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre y-yönünde bina yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi

Kat	Eleman	Toplam Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Yuzdesi	V-toplam (t)	V-Saglmyn (t)	Saglamayan V Yuzdesi	Limit
1	Kolonlar: Kirisler:	28 59	0 0	0.00 0.00	223.736	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00
2	Kolonlar: Kirisler:	28 59	0 0	0.00 0.00	215.472	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00
3	Kolonlar: Kirisler:	28 59	0 0	0.00 0.00	194.697	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00
4	Kolonlar: Kirisler:	28 59	0 0	0.00 0.00	161.069	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00
5	Kolonlar: Kirisler:	28 55	0 0	0.00 0.00	115.790	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00
6	Kolonlar: Kirisler:	28 59	0 0	0.00 0.00	60.925	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00

Şekil 16.f. Gölçük' te Aydın Bak Sitesi 1. Blok'un Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre y-yönünde bina performans kontrolü. Bina y-yönünde "hemen kullanım" performansını sağlamaktadır

EK-3

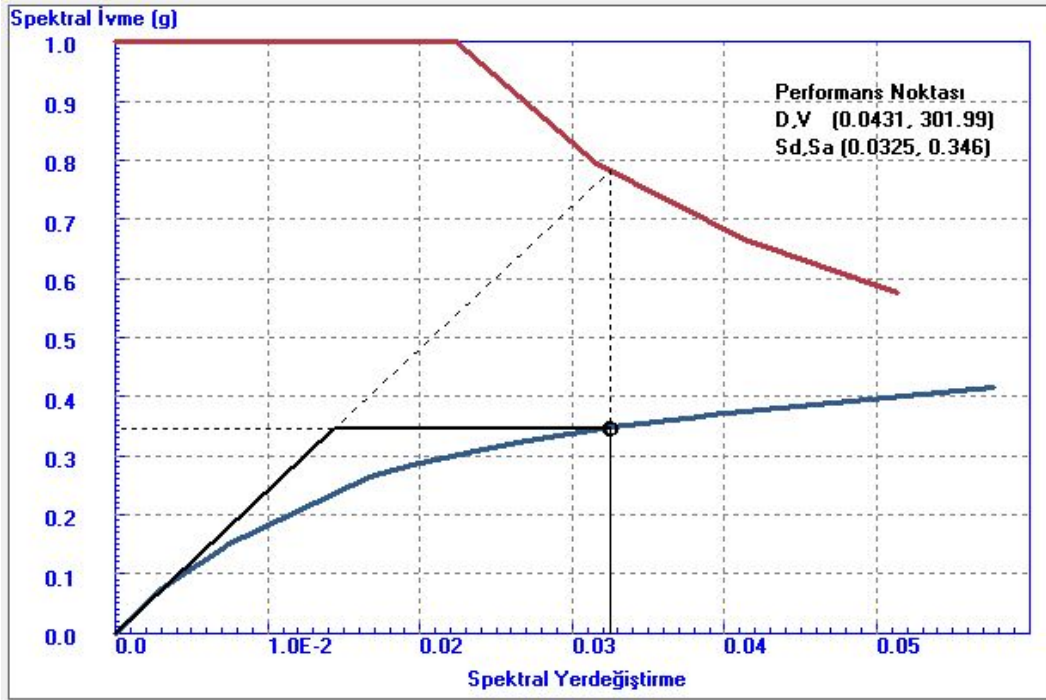
**Aydın Bak Sitesi Blok 2**

Kat	Eleman	Toplam Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Yuzdesi	V-toplam (t)	V-Saglmyn (t)	Saglamayan V Yuzdesi	Limit
1	Kolonlar:	28	0	0.00	530.119	0.000	0.00	< 0.00 > 10.00 !
	Kirisler:	21	14	66.67				
2	Kolonlar:	28	0	0.00	495.858	0.000	0.00	< 0.00 > 10.00 !
	Kirisler:	21	17	80.95				
3	Kolonlar:	28	0	0.00	421.179	0.000	0.00	< 0.00 > 10.00 !
	Kirisler:	21	14	66.67				
4	Kolonlar:	28	0	0.00	320.121	0.000	0.00	< 0.00 > 10.00 !
	Kirisler:	21	6	28.57				
5	Kolonlar:	28	0	0.00	183.825	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00
	Kirisler:	21	0	0.00				

Şekil 17.a. Gölçük' te Aydın Bak Sitesi 2. Blok' un Doğrusal Elastik Yönteme göre x-yönünde bina performans kontrolü. Bina x-yönünde "hemen kullanım" performansını sağlamaktadır

Kat	Eleman	Toplam Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Yuzdesi	V-toplam (t)	V-Saglmyn (t)	Saglamayan V Yuzdesi	Limit
1	Kolonlar:	28	1	3.57	486.843	50.305	10.33	< 20.00 < 30.00
	Kirisler:	24	5	20.83				
2	Kolonlar:	28	0	0.00	454.251	0.000	0.00	< 20.00 < 30.00
	Kirisler:	24	5	20.83				
3	Kolonlar:	28	0	0.00	384.925	0.000	0.00	< 20.00 < 30.00
	Kirisler:	24	5	20.83				
4	Kolonlar:	28	0	0.00	295.761	0.000	0.00	< 20.00 < 30.00
	Kirisler:	24	3	12.50				
5	Kolonlar:	28	0	0.00	136.402	0.000	0.00	< 40.00 < 30.00
	Kirisler:	24	0	0.00				

Şekil 17.b. Gölçük' te Aydın Bak Sitesi 2. Blok'un Doğrusal Elastik Yönteme göre y-yönünde bina performans kontrolü. Bina y-yönünde "can güvenliği" performansını sağlamaktadır

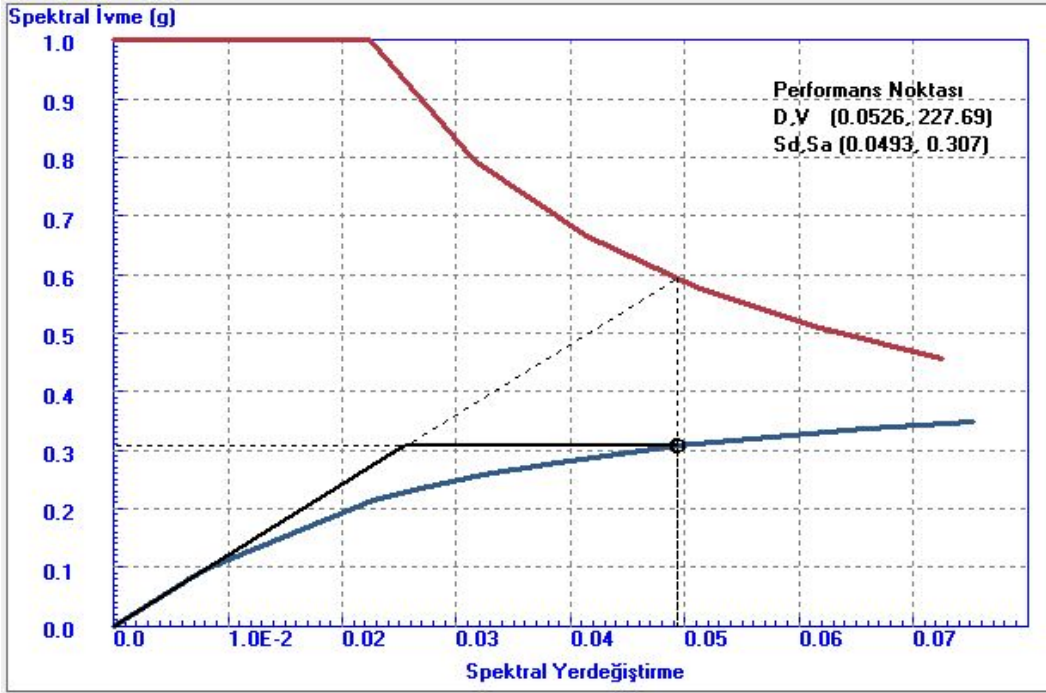


Şekil 17.c. Gölçük' te Aydın Bak Sitesi 2. Blok'un Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre x-yönünde bina yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi

Kat	Eleman	Toplam Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Yuzdesi	V-toplam (t)	V-Saglmyn (t)	Saglamayan V Yuzdesi	Limit
1	Kolonlar:	28	0	0.00	302.362	0.000	0.00	< 0.00
	Kirisler:	59	0	0.00				< 10.00
2	Kolonlar:	28	0	0.00	286.564	0.000	0.00	< 0.00
	Kirisler:	59	0	0.00				< 10.00
3	Kolonlar:	28	0	0.00	245.457	0.000	0.00	< 0.00
	Kirisler:	59	0	0.00				< 10.00
4	Kolonlar:	28	0	0.00	180.104	0.000	0.00	< 0.00
	Kirisler:	59	0	0.00				< 10.00
5	Kolonlar:	28	0	0.00	101.297	0.000	0.00	< 0.00
	Kirisler:	55	0	0.00				< 10.00

Şekil 17.d. Gölçük' te Aydın Bak Sitesi 2 Blok'un Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre x-yönünde bina performans kontrolü. Bina x-yönünde "hemen kullanım" performansını sağlamaktadır

EK-3



Şekil 17.e. Gölçük' te Aydın Bak Sitesi 2. Blok'un Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre y-yönünde bina yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi

Kat	Eleman	Toplam Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Yuzdesi	V-toplam (t)	V-Saglmyrn (t)	Saglamayan V Yuzdesi	Limit
1	Kolonlar: Kirisler:	28 59	0 0	0.00 0.00	227.600	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00
2	Kolonlar: Kirisler:	28 59	0 0	0.00 0.00	214.882	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00
3	Kolonlar: Kirisler:	28 59	0 0	0.00 0.00	184.106	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00
4	Kolonlar: Kirisler:	28 59	0 0	0.00 0.00	135.706	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00
5	Kolonlar: Kirisler:	28 55	0 0	0.00 0.00	72.743	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00

Şekil 17.f. Gölçük' te Aydın Bak Sitesi 2. Blok'un Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre y-yönünde bina performans kontrolü. Bina y-yönünde "hemen kullanım" performansını sağlamaktadır



EK-3

**Cincioğlu Apartmanı**

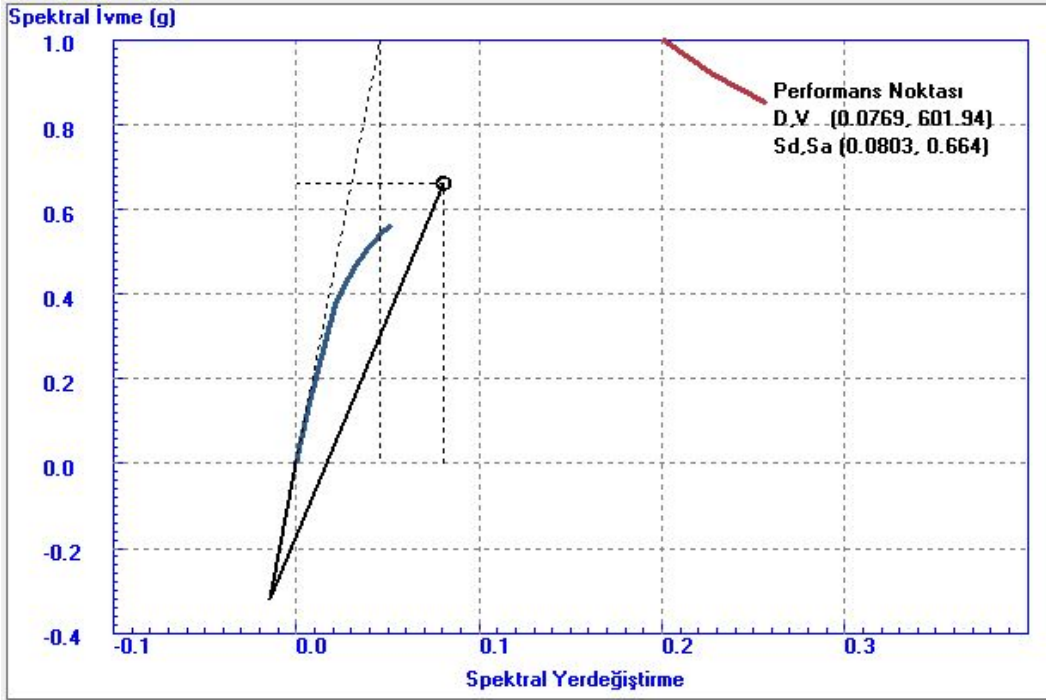
Kat	Eleman	Toplam Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Yuzdesi	V-toplam (t)	V-Saglmyn (t)	Saglamayan V Yuzdesi	Limit
1	Kolonlar:	27	0	0.00	1029.623	0.000	0.00	< 20.00 > 30.00 !
	Kirisler:	26	9	34.62				
2	Kolonlar:	27	0	0.00	944.750	0.000	0.00	< 20.00 > 30.00 !
	Kirisler:	22	8	36.36				
3	Kolonlar:	27	0	0.00	790.472	0.000	0.00	< 20.00 > 30.00 !
	Kirisler:	22	9	40.91				
4	Kolonlar:	27	0	0.00	560.517	0.000	0.00	< 20.00 > 30.00 !
	Kirisler:	22	8	36.36				
5	Kolonlar:	27	0	0.00	269.074	0.000	0.00	< 40.00 < 30.00
	Kirisler:	22	1	4.55				

Şekil 18.a. Adapazarı'nda Cincioğlu Apartmanı' nın Doğrusal Elastik Yönteme göre x-yönünde bina performans kontrolü. Bina x-yönünde "can güvenliği" performansını sağlamaktadır

Kat	Eleman	Toplam Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Yuzdesi	V-toplam (t)	V-Saglmyn (t)	Saglamayan V Yuzdesi	Limit
1	Kolonlar:	27	2	7.41	1025.841	115.863	11.29	< 20.00 < 30.00
	Kirisler:	23	5	21.74				
2	Kolonlar:	27	3	11.11	936.942	159.602	17.03	< 20.00 > 30.00 !
	Kirisler:	17	7	41.18				
3	Kolonlar:	27	0	0.00	782.739	0.000	0.00	< 20.00 < 30.00
	Kirisler:	17	5	29.41				
4	Kolonlar:	27	0	0.00	557.201	0.000	0.00	< 20.00 < 30.00
	Kirisler:	17	1	5.88				
5	Kolonlar:	27	0	0.00	263.502	0.000	0.00	< 40.00 < 30.00
	Kirisler:	17	2	11.76				

Şekil 18.b. Adapazarı'nda Cincioğlu Apartmanı' nın Doğrusal Elastik Yönteme göre y-yönünde bina performans kontrolü. Bina y-yönünde "can güvenliği" performansını sağlamaktadır

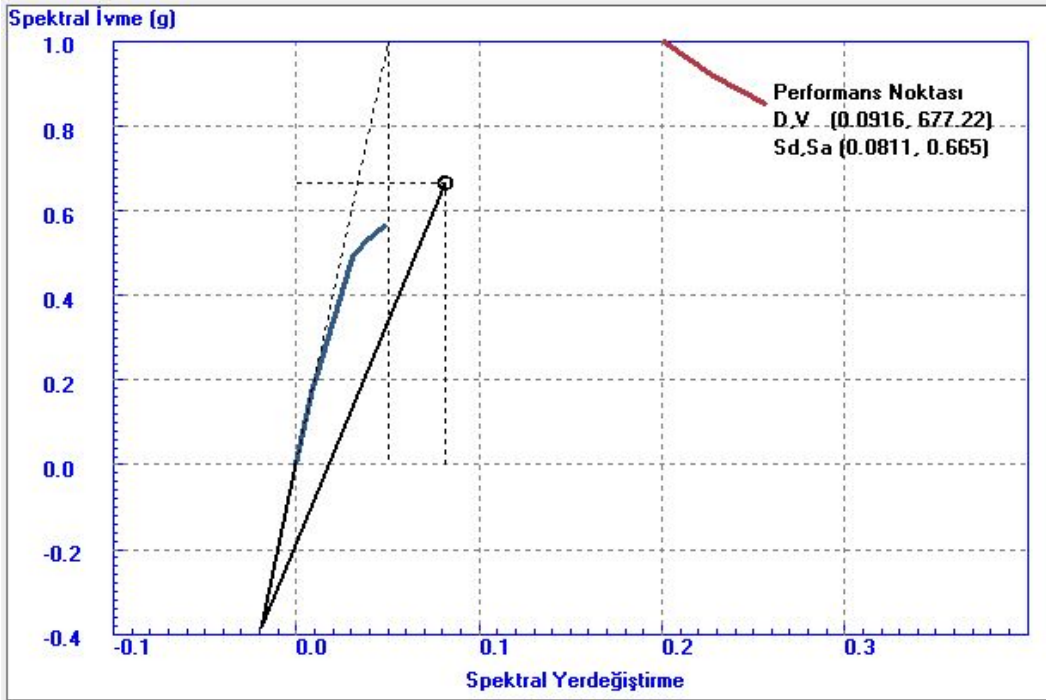
EK-3



Şekil 18.c. Adapazarı'nda Cincioğlu Apartmanı' nın Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre x-yönünde bina yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi

Kat	Eleman	Toplam Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Yuzdesi	V-toplam (t)	V-Saglmyn (t)	Saglamayan V Yuzdesi	Limit
1	Kolonlar: Kirisler:	27 54	0 2	0.00 3.70	506.051	0.000	0.00	< 20.00 < 30.00
2	Kolonlar: Kirisler:	27 52	2 2	7.41 3.85	460.428	65.306	14.18	< 20.00 < 30.00
3	Kolonlar: Kirisler:	27 52	1 1	3.70 1.92	382.858	22.228	5.81	< 20.00 < 30.00
4	Kolonlar: Kirisler:	27 52	0 0	0.00 0.00	265.547	0.000	0.00	< 20.00 < 30.00
5	Kolonlar: Kirisler:	27 52	0 0	0.00 0.00	145.382	0.000	0.00	< 40.00 < 30.00

Şekil 18.d. Adapazarı'nda Cincioğlu Apartmanı' nın Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre x-yönünde bina performans kontrolü. Bina x-yönünde "can güvenliği" performansını sağlamaktadır



Şekil 18.e. Adapazarı'nda Cincioğlu Apartmanı' nın Doğrusal Elastik Olmayan Yöntemle y-yönünde bina yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi

Kat	Eleman	Toplam Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Yuzdesi	V-toplam (t)	V-Saglımın (t)	Saglamayan V Yuzdesi	Limit
1	Kolonlar: Kirisler:	27 54	2 5	7.41 9.26	572.867	157.884	27.56	> 0.00 ! < 20.00
2	Kolonlar: Kirisler:	27 52	2 7	7.41 13.46	526.772	71.691	13.61	> 0.00 ! < 20.00
3	Kolonlar: Kirisler:	27 52	1 6	3.70 11.54	442.594	38.954	8.80	> 0.00 ! < 20.00
4	Kolonlar: Kirisler:	27 52	0 6	0.00 11.54	309.256	0.000	0.00	< 0.00 < 20.00
5	Kolonlar: Kirisler:	27 52	0 0	0.00 0.00	190.585	0.000	0.00	< 0.00 < 20.00

Şekil 18.f. Adapazarı'nda Cincioğlu Apartmanı' nın Doğrusal Elastik Olmayan Yöntemle y-yönünde bina performans kontrolü. Bina y-yönünde "göçme" performansını sağlamaktadır

**Dayal İnşaat A Blok**

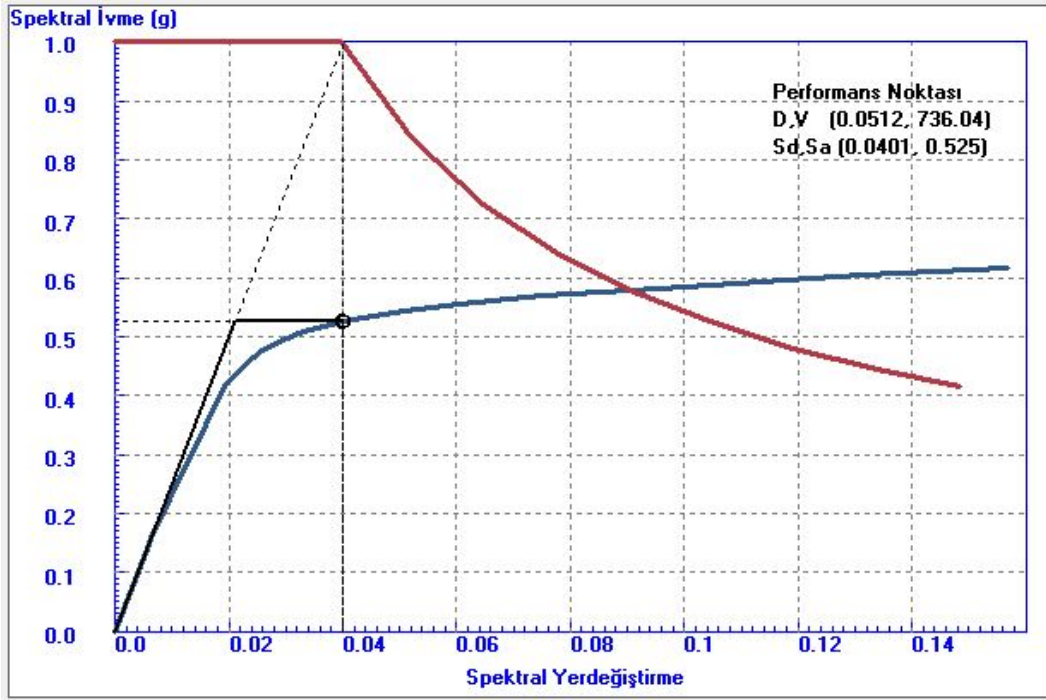
Kat	Eleman	Toplam Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Yuzdesi	V-toplam (t)	V-Saglmyn (t)	Saglamayan V Yuzdesi	Limit
1	Kolonlar:	51	6	11.76	1225.196	193.748	15.81	> 0.00 !
	Kirisler:	32	0	0.00				< 20.00
2	Kolonlar:	51	4	7.84	1191.603	168.379	14.13	> 0.00 !
	Kirisler:	34	0	0.00				< 20.00
3	Kolonlar:	51	2	3.92	1074.809	71.031	6.61	> 0.00 !
	Kirisler:	34	0	0.00				< 20.00
4	Kolonlar:	51	1	1.96	894.509	33.384	3.73	> 0.00 !
	Kirisler:	34	0	0.00				< 20.00
5	Kolonlar:	51	0	0.00	615.817	0.000	0.00	< 0.00
	Kirisler:	34	0	0.00				< 20.00
6	Kolonlar:	51	0	0.00	353.080	0.000	0.00	< 0.00
	Kirisler:	34	0	0.00				< 20.00

Şekil 19.a. Adapazarı'nda Dayal İnşaat A Blok'un Doğrusal Elastik Yönteme göre x-yönünde bina performans kontrolü. Bina x-yönünde "göçme" performansını sağlamaktadır

Kat	Eleman	Toplam Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Yuzdesi	V-toplam (t)	V-Saglmyn (t)	Saglamayan V Yuzdesi	Limit
1	Kolonlar:	51	1	1.96	1345.927	487.018	36.18	> 0.00 !
	Kirisler:	29	2	6.90				< 20.00
2	Kolonlar:	51	1	1.96	1280.456	450.653	35.19	> 0.00 !
	Kirisler:	32	2	6.25				< 20.00
3	Kolonlar:	51	0	0.00	1134.211	0.000	0.00	< 0.00
	Kirisler:	32	2	6.25				< 20.00
4	Kolonlar:	51	0	0.00	932.568	0.000	0.00	< 0.00
	Kirisler:	32	3	9.38				< 20.00
5	Kolonlar:	51	0	0.00	674.357	0.000	0.00	< 0.00
	Kirisler:	32	1	3.13				< 20.00
6	Kolonlar:	51	0	0.00	327.530	0.000	0.00	< 0.00
	Kirisler:	32	1	3.13				< 20.00

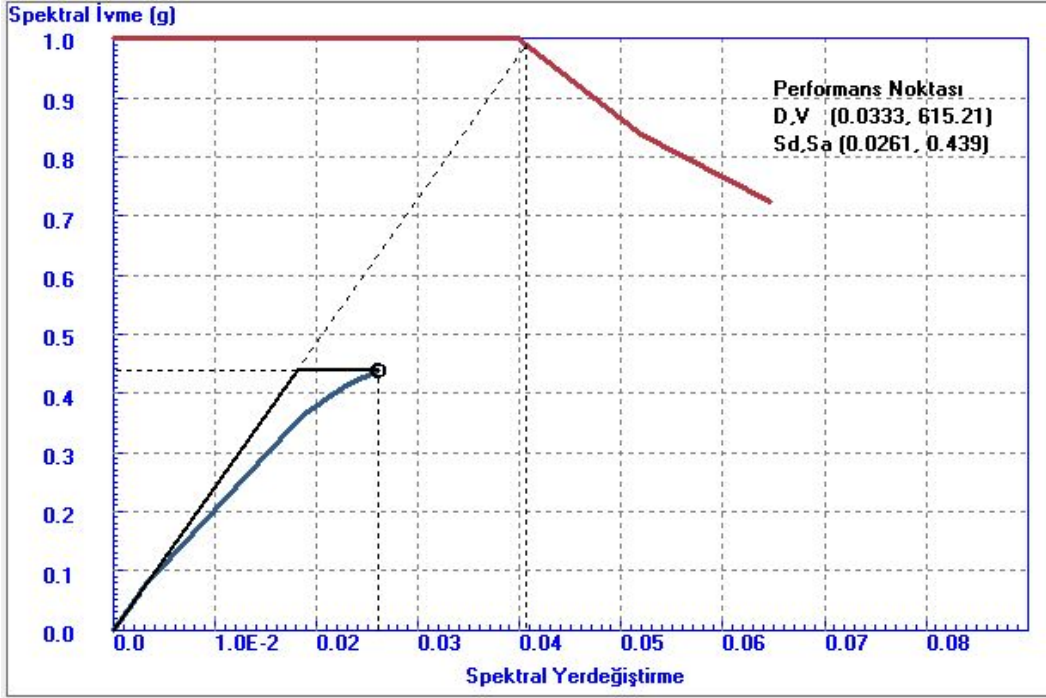
Şekil 19.b. Adapazarı'nda Dayal İnşaat A Blok'un Doğrusal Elastik Yönteme göre y-yönünde bina performans kontrolü. Bina y-yönünde "göçme" performansını sağlamaktadır

EK-3



Şekil 19.c. Adapazarı'nda Dayal İnşaat A Blok'un Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre x-yönünde bina yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi

Adapazarı'nda Dayal İnşaat A Blok'un Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre x-yönünde bina performans kontrolü gerçekleştirilememiştir.



Şekil 19.e. Adapazarı'nda Dayal İnşaat A Blok'un Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre y-yönünde bina yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi

Kat	Eleman	Toplam Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Yuzdesi	V-toplam (t)	V-Saglmyın (t)	Saglamayan V Yuzdesi	Limit
1	Kolonlar: Kirisler:	51 61	0 0	0.00 0.00	615.210	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00
2	Kolonlar: Kirisler:	51 114	0 1	0.00 0.88	600.271	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00
3	Kolonlar: Kirisler:	51 114	0 1	0.00 0.88	577.600	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00
4	Kolonlar: Kirisler:	51 114	0 1	0.00 0.88	451.147	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00
5	Kolonlar: Kirisler:	51 114	0 1	0.00 0.88	325.095	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00
6	Kolonlar: Kirisler:	51 114	0 1	0.00 0.88	283.922	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00

Şekil 19.f. Adapazarı'nda Dayal İnşaat A Blok'un Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre y-yönünde bina performans kontrolü. Bina y-yönünde "hemen kullanım" performansını sağlamaktadır



EK-3

**Durusoy Apartmanı**

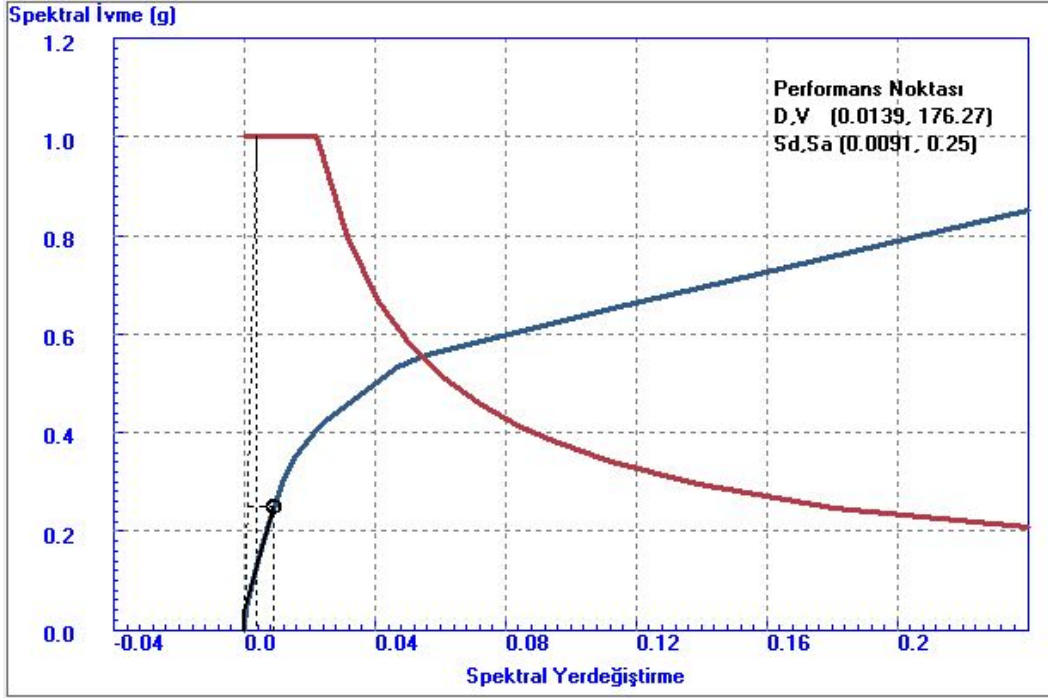
Kat	Eleman	Toplam Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Yuzdesi	V-toplam (t)	V-Saglmyn (t)	Saglamayan V Yuzdesi	Limit
1	Kolonlar:	27	6	22.22	26.380	106.970	405.50	> 0.00 !
	Kirisler:	15	6	40.00				> 20.00 !
2	Kolonlar:	26	3	11.54	77.345	133.856	173.06	> 0.00 !
	Kirisler:	15	4	26.67				> 20.00 !
3	Kolonlar:	26	0	0.00	50.133	0.000	0.00	< 0.00
	Kirisler:	15	4	26.67				> 20.00 !
4	Kolonlar:	26	0	0.00	22.812	0.000	0.00	< 0.00
	Kirisler:	15	2	13.33				< 20.00

Şekil 20.a. Gölcük'te Durusoy Apartmanı' nın Doğrusal Elastik Yönteme göre x-yönünde bina performans kontrolü. Bina x-yönünde "göçme" performansını sağlamaktadır

Kat	Eleman	Toplam Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Yuzdesi	V-toplam (t)	V-Saglmyn (t)	Saglamayan V Yuzdesi	Limit
1	Kolonlar:	28	7	25.00	129.326	203.144	157.08	> 0.00 !
	Kirisler:	16	12	75.00				> 20.00 !
2	Kolonlar:	30	8	26.67	81.427	287.038	352.51	> 0.00 !
	Kirisler:	16	8	50.00				> 20.00 !
3	Kolonlar:	30	8	26.67	105.376	226.378	214.83	> 0.00 !
	Kirisler:	16	4	25.00				> 20.00 !
4	Kolonlar:	30	0	0.00	98.395	0.000	0.00	< 0.00
	Kirisler:	16	0	0.00				< 20.00

Şekil 20.b. Gölcük'te Durusoy Apartmanı' nın Doğrusal Elastik Yönteme göre y-yönünde bina performans kontrolü. Bina y-yönünde "göçme" performansını sağlamaktadır

EK-3

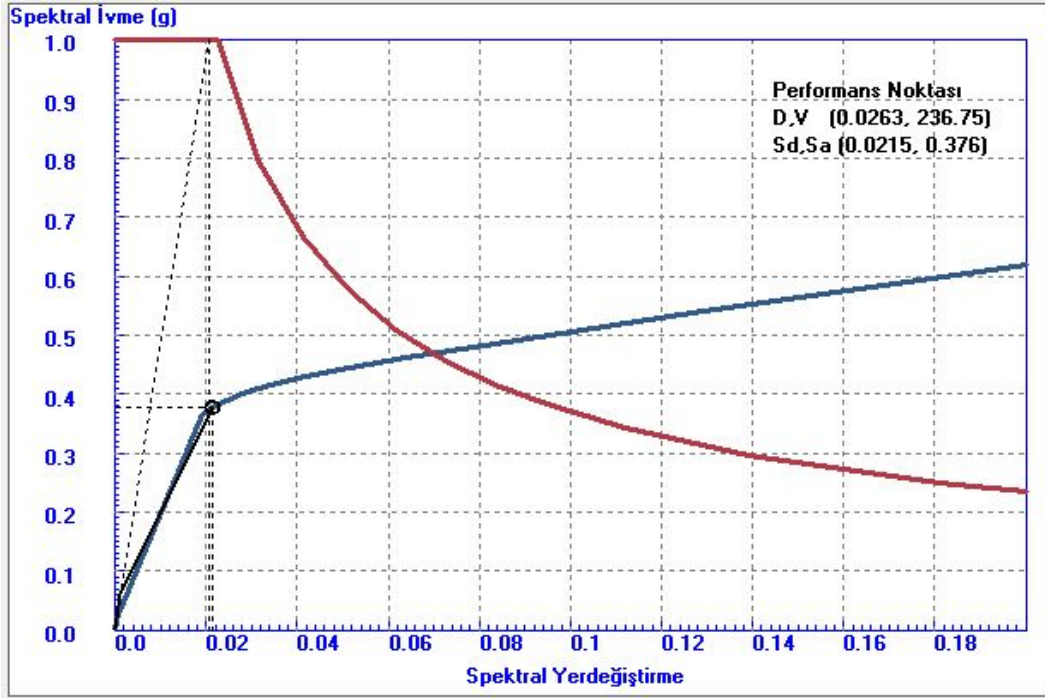


Şekil 20.c. Gölçük'te Durusoy Apartmanı' nın Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre x-yönünde bina yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi

Kat	Eleman	Toplam Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Yuzdesi	V-toplam (t)	V-Saglmyın (t)	Saglamayan V Yuzdesi	Limit
1	Kolonlar:	22	0	0.00	75.963	0.000	0.00	< 0.00
	Kirisler:	36	0	0.00				< 10.00
2	Kolonlar:	22	0	0.00	36.323	0.000	0.00	< 0.00
	Kirisler:	36	0	0.00				< 10.00
3	Kolonlar:	22	0	0.00	30.434	0.000	0.00	< 0.00
	Kirisler:	36	0	0.00				< 10.00
4	Kolonlar:	22	0	0.00	14.315	0.000	0.00	< 0.00
	Kirisler:	36	0	0.00				< 10.00

Şekil 20.d. Gölçük'te Durusoy Apartmanı' nın Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre x-yönünde bina performans kontrolü. Bina x-yönünde "hemen kullanım" performansını sağlamaktadır

EK-3



Şekil 20.e. Gölçük'te Durusoy Apartmanı' nın Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre y-yönünde bina yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi

Kat	Eleman	Toplam Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Yuzdesi	V-toplam (t)	V-Saglmyn (t)	Saglamayan V Yuzdesi	Limit
1	Kolonlar: Kirisler:	22 36	1 0	4.55 0.00	154.637	19.949	12.90	> 0.00 ! < 10.00
2	Kolonlar: Kirisler:	22 36	0 0	0.00 0.00	95.249	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00
3	Kolonlar: Kirisler:	22 36	0 0	0.00 0.00	41.108	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00
4	Kolonlar: Kirisler:	22 36	0 0	0.00 0.00	10.353	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00

Şekil 20.f. Gölçük'te Durusoy Apartmanı' nın Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre y-yönünde bina performans kontrolü. Bina y-yönünde "hemen kullanım" performansını sağlamaktadır

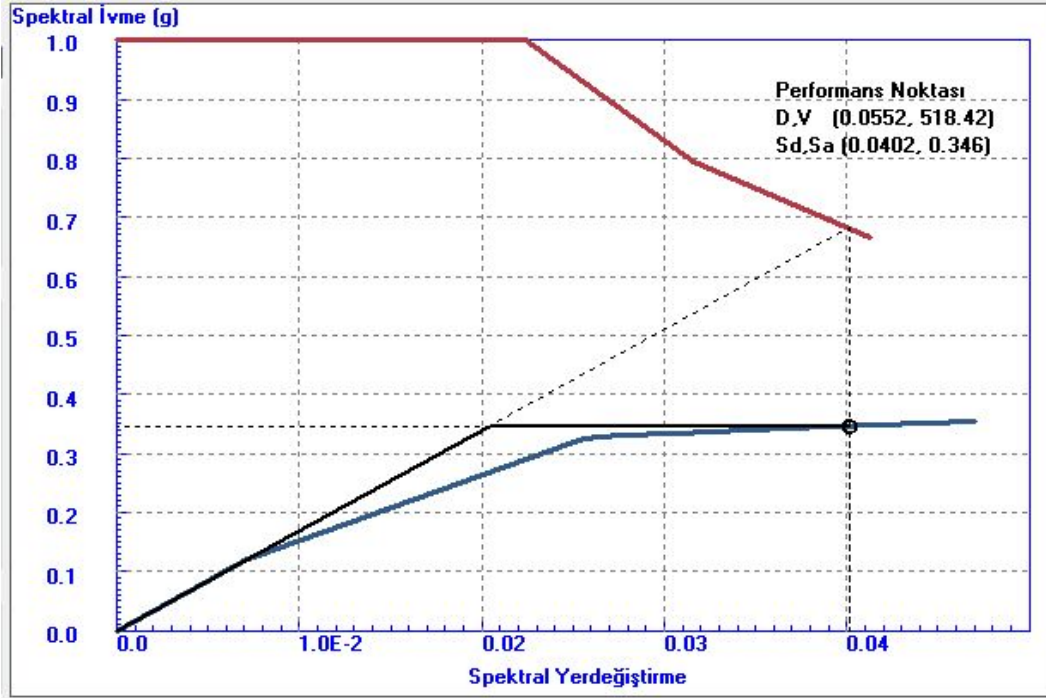
**Hisar Apartmanı A Blok**

Kat	Eleman	Toplam Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Yuzdesi	V-toplam (t)	V-Saglmyn (t)	Saglamayan V Yuzdesi	Limit
1	Kolonlar: Kirisler:	35 22	14 1	40.00 4.55	298.778	469.208	157.04	> 0.00 ! < 20.00
2	Kolonlar: Kirisler:	35 22	11 0	31.43 0.00	397.771	548.637	137.93	> 0.00 ! < 20.00
3	Kolonlar: Kirisler:	35 22	9 8	25.71 36.36	331.262	471.407	142.31	> 0.00 ! > 20.00 !
4	Kolonlar: Kirisler:	35 22	7 8	20.00 36.36	236.492	379.346	160.41	> 0.00 ! > 20.00 !
5	Kolonlar: Kirisler:	35 22	1 8	2.86 36.36	176.134	46.548	26.43	> 0.00 ! > 20.00 !
6	Kolonlar: Kirisler:	35 22	0 6	0.00 27.27	75.223	0.000	0.00	< 0.00 > 20.00 !

Şekil 21.a. Gölcük' te Hisar Apartmanı A Blok'un Doğrusal Elastik Yönteme göre x-yönünde bina performans kontrolü. Bina x-yönünde "göçme" performansını sağlamaktadır

Kat	Eleman	Toplam Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Yuzdesi	V-toplam (t)	V-Saglmyn (t)	Saglamayan V Yuzdesi	Limit
1	Kolonlar: Kirisler:	33 23	10 5	30.30 21.74	357.569	139.516	39.02	> 0.00 ! > 20.00 !
2	Kolonlar: Kirisler:	33 23	7 5	21.21 21.74	152.190	287.902	189.17	> 0.00 ! > 20.00 !
3	Kolonlar: Kirisler:	33 23	6 3	18.18 13.04	211.450	235.549	111.40	> 0.00 ! < 20.00
4	Kolonlar: Kirisler:	33 23	6 3	18.18 13.04	128.191	215.948	168.46	> 0.00 ! < 20.00
5	Kolonlar: Kirisler:	33 23	4 1	12.12 4.35	49.477	183.657	371.20	> 0.00 ! < 20.00
6	Kolonlar: Kirisler:	33 23	0 0	0.00 0.00	33.573	0.000	0.00	< 0.00 < 20.00

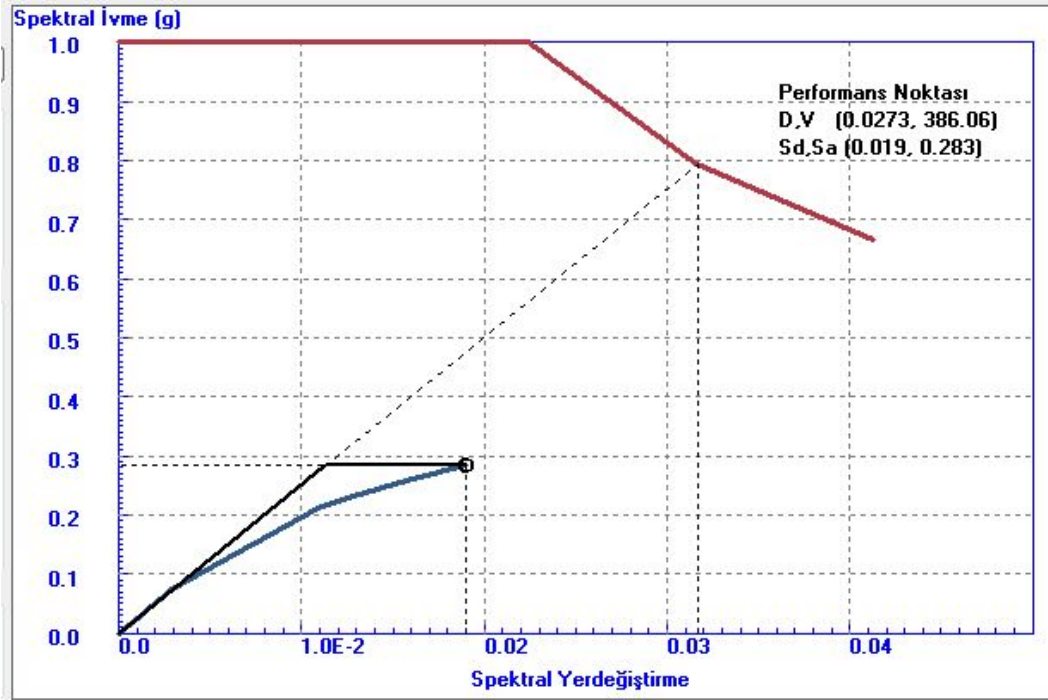
Şekil 21.b. Gölcük' te Hisar Apartmanı A Blok'un Doğrusal Elastik Yönteme göre y-yönünde bina performans kontrolü. Bina y-yönünde "göçme" performansını sağlamaktadır



Şekil 21.c. Gölçük' te Hisar Apartmanı A Blok'un Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre x-yönünde bina yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi

Kat	Eleman	Toplam Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Yuzdesi	V-toplam (t)	V-Saglmyn (t)	Saglamayan V Yuzdesi	Limit
1	Kolonlar: Kirisler:	29 48	1 0	3.45 0.00	212.589	38.611	18.16	< 20.00 < 30.00
2	Kolonlar: Kirisler:	29 48	0 0	0.00 0.00	180.924	0.000	0.00	< 20.00 < 30.00
3	Kolonlar: Kirisler:	29 40	0 0	0.00 0.00	121.367	0.000	0.00	< 20.00 < 30.00
4	Kolonlar: Kirisler:	29 40	0 0	0.00 0.00	114.622	0.000	0.00	< 20.00 < 30.00
5	Kolonlar: Kirisler:	29 40	0 0	0.00 0.00	79.749	0.000	0.00	< 20.00 < 30.00
6	Kolonlar: Kirisler:	29 40	0 0	0.00 0.00	31.300	0.000	0.00	< 40.00 < 30.00

Şekil 21.d. Gölçük' te Hisar Apartmanı A Blok'un Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre x-yönünde bina performans kontrolü. Bina x-yönünde "can güvenliği" performansını sağlamaktadır



Şekil 21.e. Gölçük' te Hisar Apartmanı A Blok'un Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre y-yönünde bina yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi

Kat	Eleman	Toplam Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Yuzdesi	V-toplam (t)	V-Saglmyn (t)	Saglamayan V Yuzdesi	Limit
1	Kolonlar: Kirisler:	29 48	0 2	0.00 4.17	269.021	0.000	0.00	< 20.00 < 30.00
2	Kolonlar: Kirisler:	29 48	0 2	0.00 4.17	206.027	0.000	0.00	< 20.00 < 30.00
3	Kolonlar: Kirisler:	29 40	0 2	0.00 5.00	173.920	0.000	0.00	< 20.00 < 30.00
4	Kolonlar: Kirisler:	29 40	0 2	0.00 5.00	148.073	0.000	0.00	< 20.00 < 30.00
5	Kolonlar: Kirisler:	29 40	0 0	0.00 0.00	110.917	0.000	0.00	< 20.00 < 30.00
6	Kolonlar: Kirisler:	29 40	0 0	0.00 0.00	45.342	0.000	0.00	< 40.00 < 30.00

Şekil 21.f. Gölçük' te Hisar Apartmanı A Blok'un Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre y-yönünde bina performans kontrolü. Bina y-yönünde "can güvenliği" performansını sağlamaktadır

### Hikmet Şahin Apartmanı



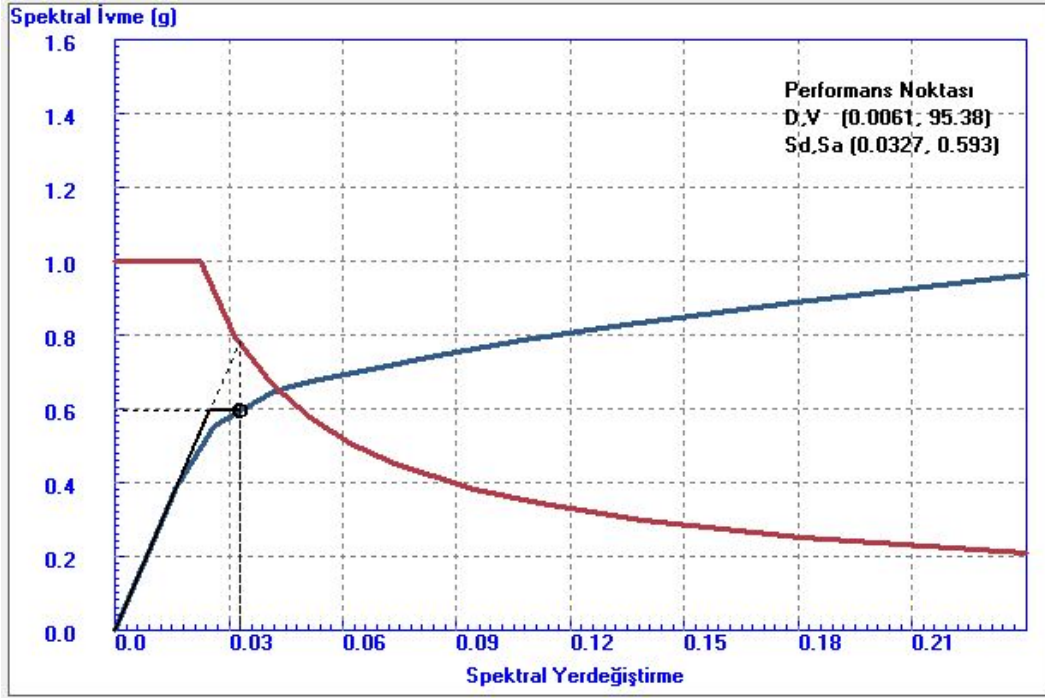
## EK-3

Kat	Eleman	Toplam Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Yuzdesi	V-toplam (t)	V-Saglmyn (t)	Saglamayan V Yuzdesi	Limit
1	Kolonlar:	14	1	7.14	201.818	26.700	13.23	< 20.00
	Kirisler:	10	0	0.00				< 30.00
2	Kolonlar:	14	0	0.00	189.320	0.000	0.00	< 20.00
	Kirisler:	9	1	11.11				< 30.00
3	Kolonlar:	14	1	7.14	160.448	28.952	18.04	< 20.00
	Kirisler:	9	0	0.00				< 30.00
4	Kolonlar:	14	0	0.00	122.101	0.000	0.00	< 20.00
	Kirisler:	9	0	0.00				< 30.00
5	Kolonlar:	14	0	0.00	70.162	0.000	0.00	< 40.00
	Kirisler:	9	0	0.00				< 30.00

Şekil 22.a. Gölcük'te Hikmet Şahin Apartmanı'nın Doğrusal Elastik Yönteme göre x-yönünde bina performans kontrolü. Bina x-yönünde "can güvenliği" performansını sağlamaktadır

Kat	Eleman	Toplam Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Yuzdesi	V-toplam (t)	V-Saglmyn (t)	Saglamayan V Yuzdesi	Limit
1	Kolonlar:	14	1	7.14	229.879	21.050	9.16	< 20.00
	Kirisler:	12	0	0.00				< 30.00
2	Kolonlar:	14	0	0.00	216.728	0.000	0.00	< 20.00
	Kirisler:	9	1	11.11				< 30.00
3	Kolonlar:	14	0	0.00	184.513	0.000	0.00	< 20.00
	Kirisler:	9	0	0.00				< 30.00
4	Kolonlar:	14	0	0.00	139.141	0.000	0.00	< 20.00
	Kirisler:	9	0	0.00				< 30.00
5	Kolonlar:	14	0	0.00	77.610	0.000	0.00	< 40.00
	Kirisler:	9	0	0.00				< 30.00

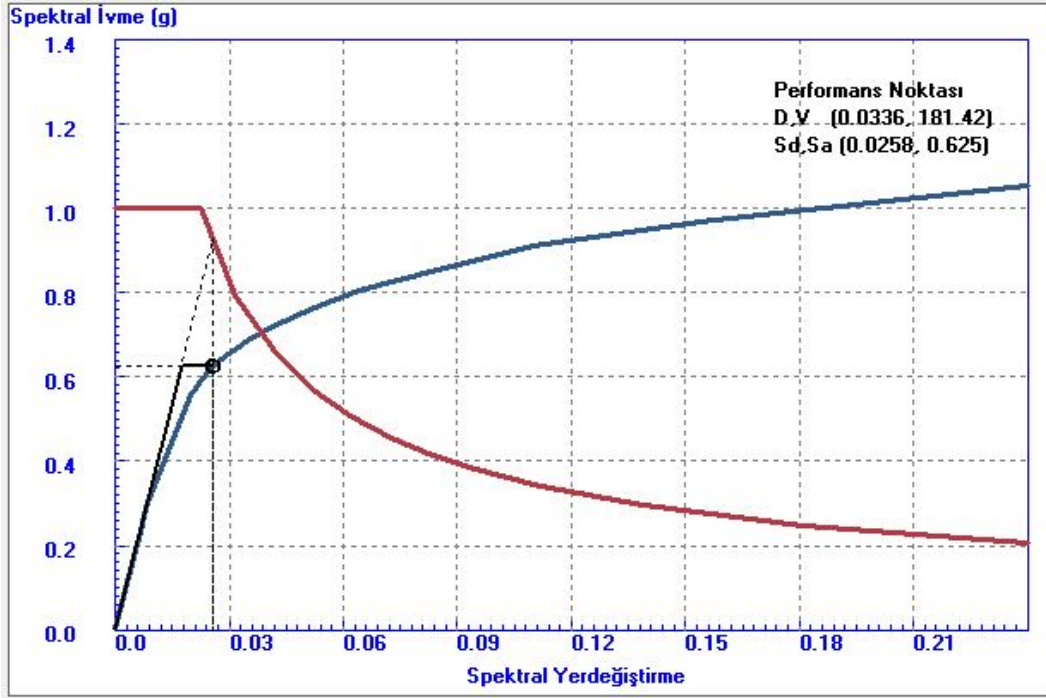
Şekil 22.b. Gölcük'te Hikmet Şahin Apartmanı'nın Doğrusal Elastik Yönteme göre y-yönünde bina performans kontrolü. Bina y-yönünde "can güvenliği" performansını sağlamaktadır



Şekil 22.c. Gölçük'te Hikmet Şahin Apartmanı'nın Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre x-yönünde bina yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi

Kat	Eleman	Toplam Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Yuzdesi	V-toplam (t)	V-Saglmyn (t)	Saglamayan V Yuzdesi	Limit
1	Kolonlar: Kirisler:	14 23	0 1	0.00 4.35	89.157	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00
2	Kolonlar: Kirisler:	14 26	0 2	0.00 7.69	86.721	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00
3	Kolonlar: Kirisler:	14 26	0 1	0.00 3.85	74.886	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00
4	Kolonlar: Kirisler:	14 26	0 0	0.00 0.00	56.894	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00
5	Kolonlar: Kirisler:	14 26	0 0	0.00 0.00	32.210	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00

Şekil 22.d. Gölçük'te Hikmet Şahin Apartmanı'nın Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre x-yönünde bina performans kontrolü. Bina x-yönünde "hemen kullanım" performansını sağlamaktadır



Şekil 22.e. Gölçük'te Hikmet Şahin Apartmanı'nın Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre y-yönünde bina yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi

Kat	Eleman	Toplam Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Yuzdesi	V-toplam (t)	V-Saglmyn (t)	Saglamayan V Yuzdesi	Limit
1	Kolonlar: Kirisler:	14 23	1 1	7.14 4.35	183.458	10.691	5.83	> 0.00 ! < 10.00
2	Kolonlar: Kirisler:	14 26	0 1	0.00 3.85	174.366	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00
3	Kolonlar: Kirisler:	14 26	0 1	0.00 3.85	149.438	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00
4	Kolonlar: Kirisler:	14 26	0 0	0.00 0.00	110.451	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00
5	Kolonlar: Kirisler:	14 26	0 0	0.00 0.00	60.349	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00

Şekil 22.f. Gölçük'te Hikmet Şahin Apartmanı'nın Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre y-yönünde bina performans kontrolü. Bina y-yönünde "hemen kullanım" performansını sağlamaktadır

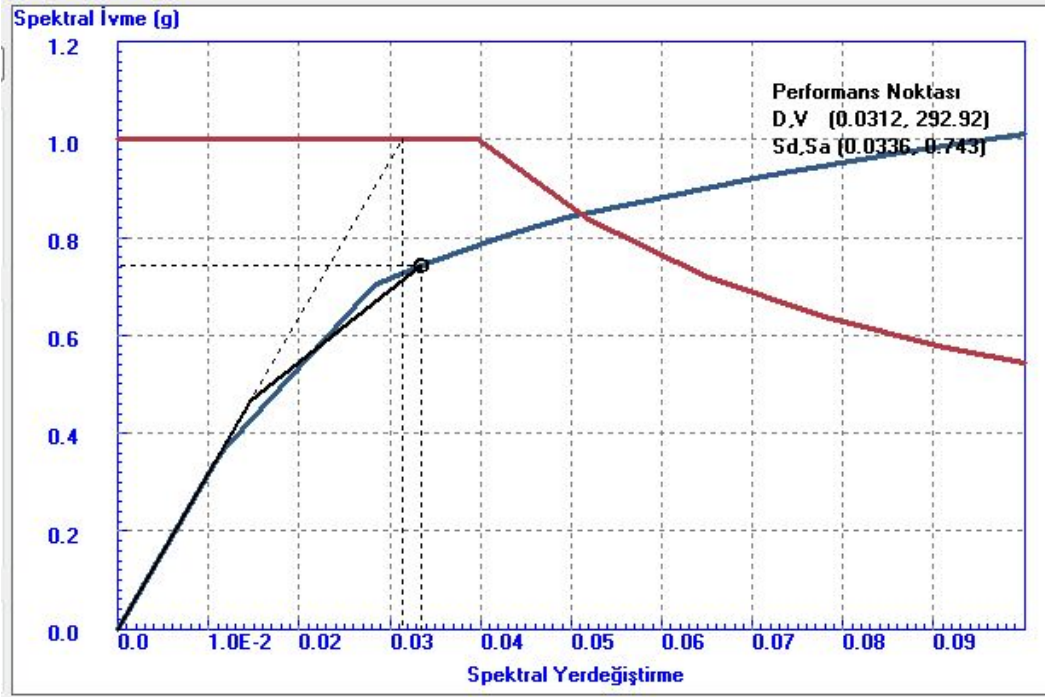
**Karadere Apartmanı**

Kat	Eleman	Toplam Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Yuzdesi	V-toplam (t)	V-Saglmyn (t)	Saglamayan V Yuzdesi	Limit
1	Kolonlar:	19	5	26.32	112.694	155.519	138.00	> 0.00 !
	Kirisler:	13	0	0.00				< 20.00
2	Kolonlar:	16	2	12.50	229.057	79.531	34.72	> 0.00 !
	Kirisler:	10	0	0.00				< 20.00
3	Kolonlar:	16	2	12.50	180.744	69.631	38.52	> 0.00 !
	Kirisler:	10	0	0.00				< 20.00
4	Kolonlar:	16	2	12.50	115.398	50.380	43.66	> 0.00 !
	Kirisler:	10	0	0.00				< 20.00
5	Kolonlar:	16	0	0.00	49.177	0.000	0.00	< 0.00
	Kirisler:	10	0	0.00				< 20.00

Şekil 23.a. Adapazarı'nda Karadere Apartmanı'nın Doğrusal Elastik Yönteme göre x-yönünde bina performans kontrolü. Bina x-yönünde "göçme" performansını sağlamaktadır

Kat	Eleman	Toplam Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Yuzdesi	V-toplam (t)	V-Saglmyn (t)	Saglamayan V Yuzdesi	Limit
1	Kolonlar:	21	7	33.33	36.052	235.377	652.88	> 0.00 !
	Kirisler:	13	0	0.00				< 20.00
2	Kolonlar:	19	5	26.32	6.509	190.925	2933.26	> 0.00 !
	Kirisler:	10	0	0.00				< 20.00
3	Kolonlar:	19	5	26.32	35.212	175.862	499.44	> 0.00 !
	Kirisler:	10	0	0.00				< 20.00
4	Kolonlar:	19	5	26.32	33.028	126.173	382.02	> 0.00 !
	Kirisler:	10	0	0.00				< 20.00
5	Kolonlar:	19	2	10.53	20.303	27.676	136.32	> 0.00 !
	Kirisler:	10	0	0.00				< 20.00

Şekil 23.b. Adapazarı'nda Karadere Apartmanı'nın Doğrusal Elastik Yönteme göre y-yönünde bina performans kontrolü. Bina y-yönünde "göçme" performansını sağlamaktadır



Şekil 23.c. Adapazarı'nda Karadere Apartmanı'nın Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre x-yönünde bina yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi

Kat	Eleman	Toplam Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Yuzdesi	V-toplam (t)	V-Saglmyn (t)	Saglamayan V Yuzdesi	Limit
1	Kolonlar: Kirisler:	14 27	0 2	0.00 7.41	240.163	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00
2	Kolonlar: Kirisler:	14 24	1 2	7.14 8.33	240.930	19.960	8.28	> 0.00! < 10.00
3	Kolonlar: Kirisler:	14 24	0 1	0.00 4.17	190.575	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00
4	Kolonlar: Kirisler:	14 24	0 0	0.00 0.00	119.332	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00
5	Kolonlar: Kirisler:	14 24	0 0	0.00 0.00	44.272	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00

Şekil 23.d. Adapazarı'nda Karadere Apartmanı'nın Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre x-yönünde bina performans kontrolü. Bina x-yönünde "hemen kullanım" performansını sağlamaktadır



Şekil 23.e. Adapazarı'nda Karadere Apartmanı'nın Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre y-yönünde bina yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi

Kat	Eleman	Toplam Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Yuzdesi	V-toplam (t)	V-Saglmyn (t)	Saglamayan V Yuzdesi	Limit
1	Kolonlar: Kirisler:	14 27	0 0	0.00 0.00	113.275	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00
2	Kolonlar: Kirisler:	14 24	0 0	0.00 0.00	110.145	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00
3	Kolonlar: Kirisler:	14 24	0 0	0.00 0.00	78.661	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00
4	Kolonlar: Kirisler:	14 24	0 0	0.00 0.00	40.304	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00
5	Kolonlar: Kirisler:	14 24	0 0	0.00 0.00	17.364	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00

Şekil 23.f. Adapazarı'nda Karadere Apartmanı'nın Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre y-yönünde bina performans kontrolü. Bina y-yönünde "hemen kullanım" performansını sağlamaktadır



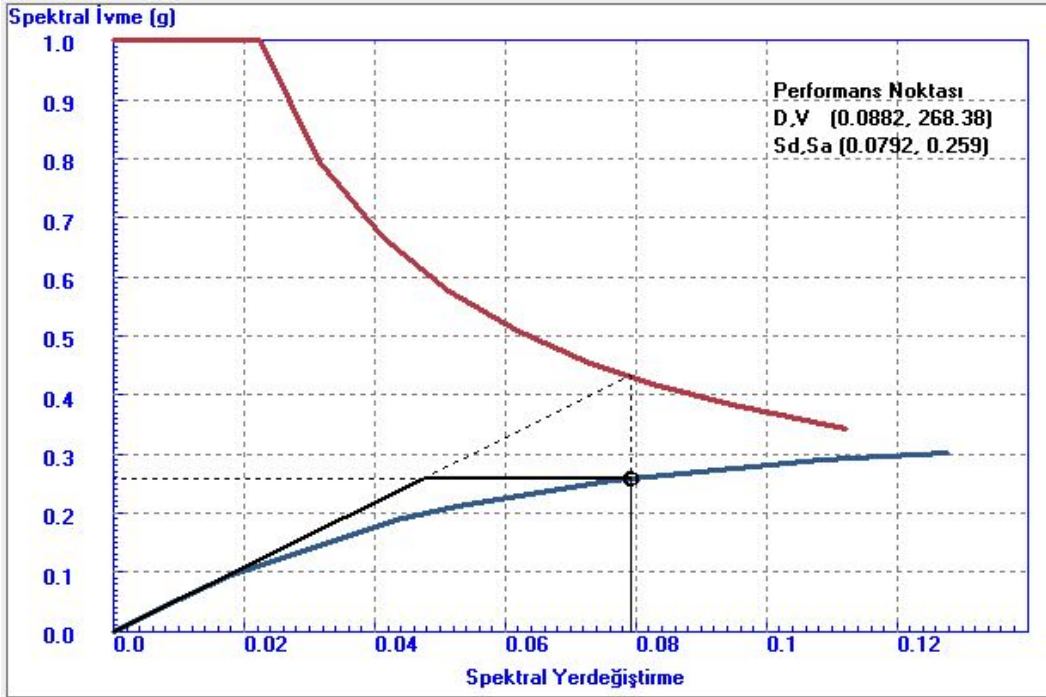
**Karamürsel Ahmet Levent Sitesi A Blok**

Kat	Eleman	Toplam Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Yuzdesi	V-toplam (t)	V-Saglmyn (t)	Saglamayan V Yuzdesi	Limit
1	Kolonlar:	24	1	4.17	407.930	140.029	34.33	> 20.00 ! < 30.00
	Kirisler:	17	1	5.88				
2	Kolonlar:	24	0	0.00	389.682	0.000	0.00	< 20.00 < 30.00
	Kirisler:	17	2	11.76				
3	Kolonlar:	24	0	0.00	350.769	0.000	0.00	< 20.00 < 30.00
	Kirisler:	17	1	5.88				
4	Kolonlar:	24	0	0.00	296.616	0.000	0.00	< 20.00 < 30.00
	Kirisler:	17	1	5.88				
5	Kolonlar:	24	0	0.00	242.560	0.000	0.00	< 20.00 < 30.00
	Kirisler:	17	0	0.00				
6	Kolonlar:	24	0	0.00	194.429	0.000	0.00	< 20.00 < 30.00
	Kirisler:	17	0	0.00				
7	Kolonlar:	24	0	0.00	81.718	0.000	0.00	< 40.00 < 30.00
	Kirisler:	17	0	0.00				

Şekil 24.a. Gölcük'te Karamürsel Ahmet Levent Sitesi A Blok'un Doğrusal Elastik Yönteme göre x-yönünde bina performans kontrolü. Bina x-yönünde "göçmenin önlenmesi" performansını sağlamaktadır

Kat	Eleman	Toplam Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Yuzdesi	V-toplam (t)	V-Saglmyn (t)	Saglamayan V Yuzdesi	Limit
1	Kolonlar:	24	0	0.00	520.292	0.000	0.00	< 20.00 < 30.00
	Kirisler:	20	1	5.00				
2	Kolonlar:	24	0	0.00	499.207	0.000	0.00	< 20.00 > 30.00 !
	Kirisler:	20	7	35.00				
3	Kolonlar:	24	0	0.00	453.576	0.000	0.00	< 20.00 < 30.00
	Kirisler:	20	6	30.00				
4	Kolonlar:	24	0	0.00	396.998	0.000	0.00	< 20.00 < 30.00
	Kirisler:	20	1	5.00				
5	Kolonlar:	24	0	0.00	333.790	0.000	0.00	< 20.00 < 30.00
	Kirisler:	20	0	0.00				
6	Kolonlar:	24	0	0.00	246.180	0.000	0.00	< 20.00 < 30.00
	Kirisler:	20	0	0.00				
7	Kolonlar:	24	0	0.00	128.733	0.000	0.00	< 40.00 < 30.00
	Kirisler:	20	0	0.00				

Şekil 24.b. Gölcük'te Karamürsel Ahmet Levent Sitesi A Blok'un Doğrusal Elastik Yönteme göre y-yönünde bina performans kontrolü. Bina y-yönünde "can güvenliği" performansını sağlamaktadır

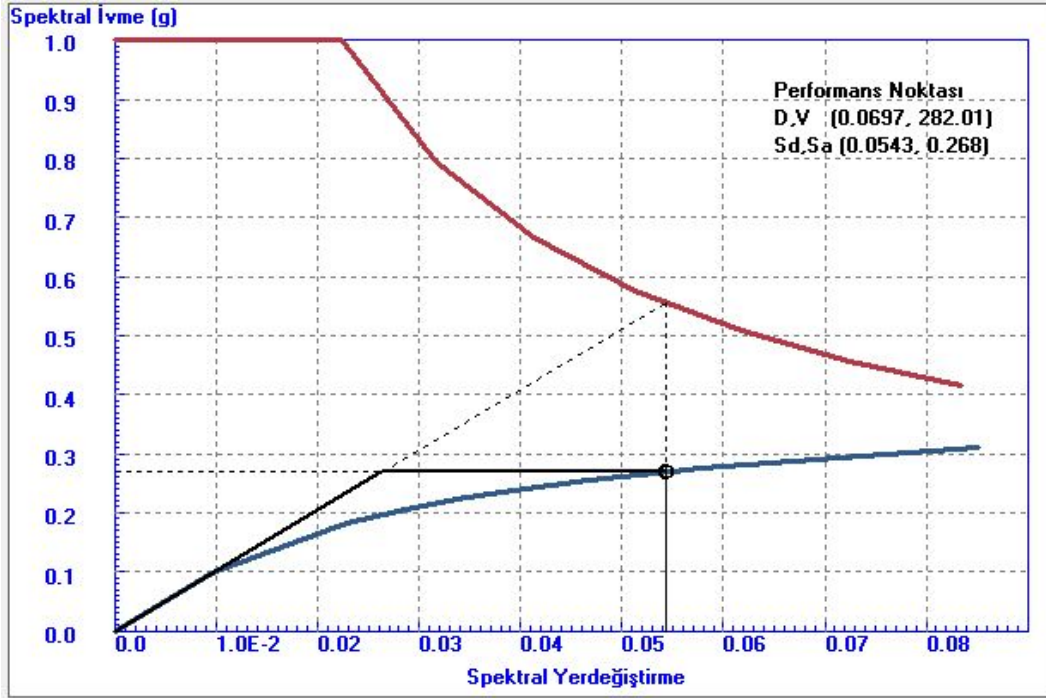


Şekil 24.c. Gölçük'te Ahmet Levent Sitesi A Blok'un Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre x-yönünde bina yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi

Kat	Eleman	Toplam Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Yuzdesi	V-toplam (t)	V-Saglmyın (t)	Saglamayan V Yuzdesi	Limit
1	Kolonlar: Kirisler:	24 41	1 0	4.17 0.00	268.637	45.957	17.11	< 20.00 < 30.00
2	Kolonlar: Kirisler:	24 41	0 0	0.00 0.00	260.544	0.000	0.00	< 20.00 < 30.00
3	Kolonlar: Kirisler:	24 41	0 0	0.00 0.00	240.499	0.000	0.00	< 20.00 < 30.00
4	Kolonlar: Kirisler:	24 41	0 0	0.00 0.00	208.799	0.000	0.00	< 20.00 < 30.00
5	Kolonlar: Kirisler:	24 41	0 0	0.00 0.00	169.291	0.000	0.00	< 20.00 < 30.00
6	Kolonlar: Kirisler:	24 41	0 0	0.00 0.00	138.681	0.000	0.00	< 20.00 < 30.00
7	Kolonlar: Kirisler:	24 41	0 0	0.00 0.00	95.216	0.000	0.00	< 40.00 < 30.00

Şekil 24.d. Gölçük'te Karamürsel Ahmet Levent Sitesi A Blok'un Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre x-yönünde bina performans kontrolü. Bina x-yönünde "can güvenliği" performansını sağlamaktadır

EK-3



Şekil 24.e. Gölçük'te Karamürsel Ahmet Levent Sitesi A Blok'un Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre y-yönünde bina yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi

Kat	Eleman	Toplam Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Yuzdesi	V-toplam (t)	V-Saglmyn (t)	Saglamayan V Yuzdesi	Limit
1	Kolonlar: Kirisler:	24 41	0 0	0.00 0.00	286.334	0.000	0.00	< 20.00 < 30.00
2	Kolonlar: Kirisler:	24 41	0 0	0.00 0.00	278.732	0.000	0.00	< 20.00 < 30.00
3	Kolonlar: Kirisler:	24 41	0 0	0.00 0.00	258.936	0.000	0.00	< 20.00 < 30.00
4	Kolonlar: Kirisler:	24 41	0 0	0.00 0.00	226.639	0.000	0.00	< 20.00 < 30.00
5	Kolonlar: Kirisler:	24 41	0 0	0.00 0.00	182.782	0.000	0.00	< 20.00 < 30.00
6	Kolonlar: Kirisler:	24 41	0 0	0.00 0.00	133.484	0.000	0.00	< 20.00 < 30.00
7	Kolonlar: Kirisler:	24 41	0 0	0.00 0.00	97.774	0.000	0.00	< 40.00 < 30.00

Şekil 24.f. Gölçük'te Ahmet Levent Sitesi A Blok'un Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre y-yönünde bina performans kontrolü. Bina y-yönünde "hemen kullanım" performansını sağlamaktadır

EK-3

**Kardeşler Apartmanı B Blok**

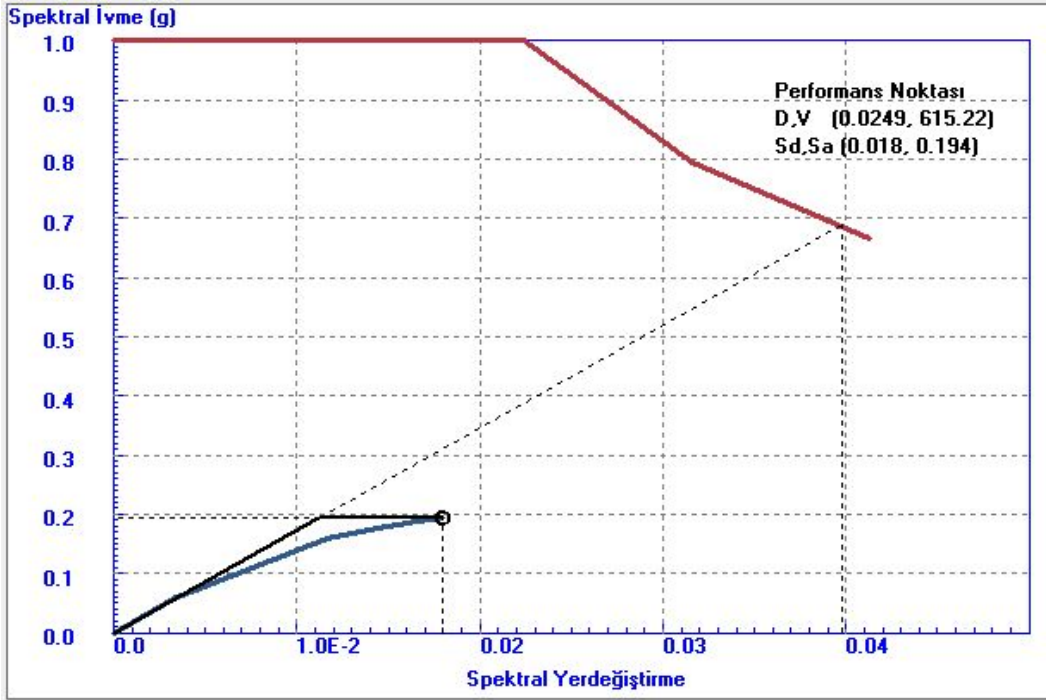
Kat	Eleman	Toplam Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Yuzdesi	V-toplam (t)	V-Saglmyn (t)	Saglamayan V Yuzdesi	Limit
1	Kolonlar:	48	8	16.67	1282.585	163.143	12.72	< 20.00 > 30.00 !
	Kirisler:	38	16	42.11				
2	Kolonlar:	48	4	8.33	845.529	457.041	54.05	> 20.00 ! > 30.00 !
	Kirisler:	28	18	64.29				
3	Kolonlar:	48	4	8.33	744.872	402.687	54.06	> 20.00 ! > 30.00 !
	Kirisler:	28	12	42.86				
4	Kolonlar:	48	2	4.17	630.965	164.520	26.07	> 20.00 ! > 30.00 !
	Kirisler:	28	11	39.29				
5	Kolonlar:	48	0	0.00	483.394	0.000	0.00	< 20.00 < 30.00
	Kirisler:	28	6	21.43				
6	Kolonlar:	48	0	0.00	235.540	0.000	0.00	< 40.00 < 30.00
	Kirisler:	28	0	0.00				

Şekil 25.a. Adapazarı'nda Kardeşler Apartmanı B Blok'un Doğrusal Elastik Yönteme göre x-yönünde bina performans kontrolü. Bina x-yönünde "göçmenin önlenmesi" performansını sağlamaktadır

Kat	Eleman	Toplam Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Yuzdesi	V-toplam (t)	V-Saglmyn (t)	Saglamayan V Yuzdesi	Limit
1	Kolonlar:	52	6	11.54	1260.311	513.623	40.75	> 20.00 ! > 30.00 !
	Kirisler:	34	12	35.29				
2	Kolonlar:	52	8	15.38	562.270	726.867	129.27	> 20.00 ! > 30.00 !
	Kirisler:	36	22	61.11				
3	Kolonlar:	52	8	15.38	426.480	678.094	159.00	> 20.00 ! > 30.00 !
	Kirisler:	36	18	50.00				
4	Kolonlar:	52	4	7.69	314.164	332.426	105.81	> 20.00 ! < 30.00
	Kirisler:	36	4	11.11				
5	Kolonlar:	52	1	1.92	210.545	65.051	30.90	> 20.00 ! < 30.00
	Kirisler:	36	0	0.00				
6	Kolonlar:	52	0	0.00	76.106	0.000	0.00	< 40.00 < 30.00
	Kirisler:	36	0	0.00				

Şekil 25.b. Adapazarı'nda Kardeşler Apartmanı B Blok'un Doğrusal Elastik Yönteme göre y-yönünde bina performans kontrolü. Bina y-yönünde "göçmenin önlenmesi" performansını sağlamaktadır

EK-3

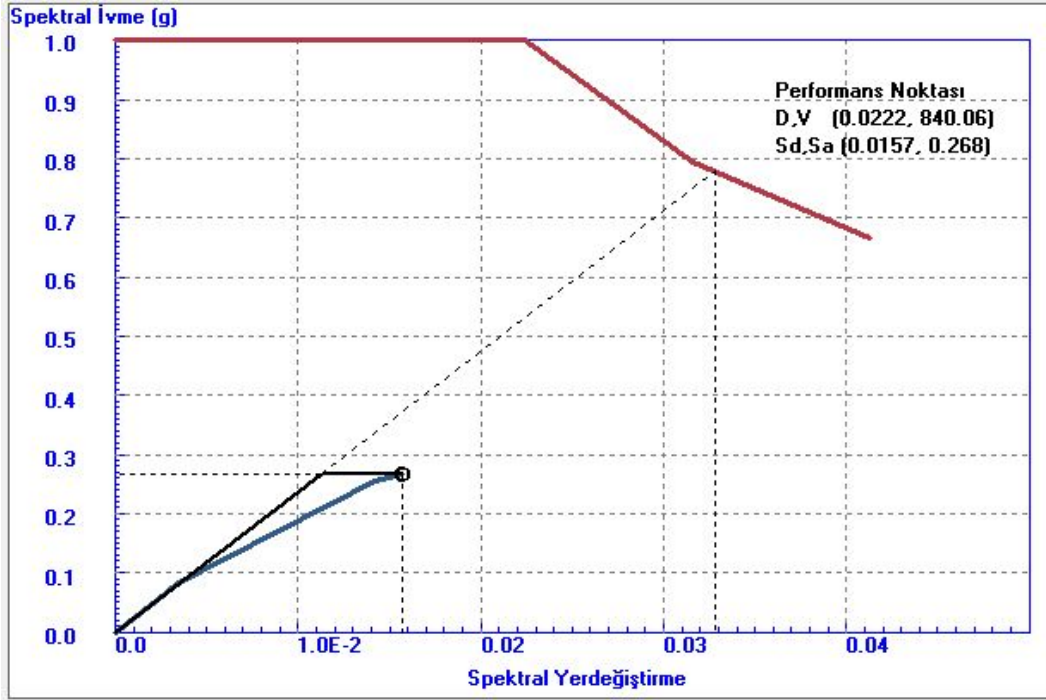


Şekil 25.c. Adapazarı'nda Kardeşler Apartmanı B Blok'un Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre x-yönünde bina yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi

Kat	Eleman	Toplam Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Yuzdesi	V-toplam (t)	V-Saglmyn (t)	Saglamayan V Yuzdesi	Limit
1	Kolonlar: Kirisler:	32 87	0 0	0.00 0.00	263.827	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00
2	Kolonlar: Kirisler:	32 103	0 0	0.00 0.00	242.816	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00
3	Kolonlar: Kirisler:	32 103	0 0	0.00 0.00	203.476	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00
4	Kolonlar: Kirisler:	32 103	0 0	0.00 0.00	164.093	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00
5	Kolonlar: Kirisler:	32 103	0 0	0.00 0.00	135.386	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00
6	Kolonlar: Kirisler:	32 103	0 0	0.00 0.00	93.597	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00

Şekil 25.d. Adapazarı'nda Kardeşler Apartmanı B Blok'un Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre x-yönünde bina performans kontrolü. Bina x-yönünde "hemen kullanım" performansını sağlamaktadır

EK-3



Şekil 25.e. Adapazarı'nda Kardeşler Apartmanı B Blok'un Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre y-yönünde bina yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi

Kat	Eleman	Toplam Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Yuzdesi	V-toplam (t)	V-Saglamyn (t)	Saglamayan V Yuzdesi	Limit
1	Kolonlar: Kirisler:	32 87	0 0	0.00 0.00	288.723	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00
2	Kolonlar: Kirisler:	32 103	0 0	0.00 0.00	284.780	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00
3	Kolonlar: Kirisler:	32 103	0 0	0.00 0.00	253.515	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00
4	Kolonlar: Kirisler:	32 103	0 0	0.00 0.00	209.457	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00
5	Kolonlar: Kirisler:	32 103	0 0	0.00 0.00	157.626	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00
6	Kolonlar: Kirisler:	32 103	0 0	0.00 0.00	86.179	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00

Şekil 25.f. Adapazarı'nda Kardeşler Apartmanı B Blok'un Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre y-yönünde bina performans kontrolü. Bina y-yönünde "hemen kullanım" performansını sağlamaktadır



EK-3

**SSK Hizmet Binası**

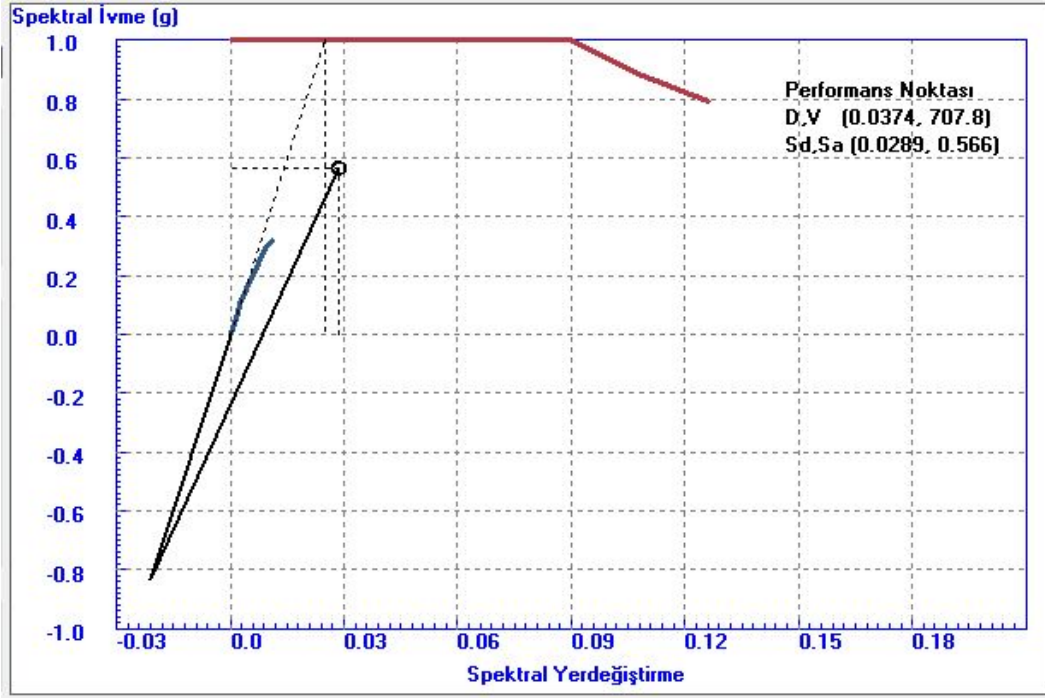
Kat	Eleman	Toplam Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Yuzdesi	V-toplam (t)	V-Saglmyn (t)	Saglamayan V Yuzdesi	Limit
1	Kolonlar:	52	8	15.38	628.507	116.231	18.49	< 20.00 > 30.00 !
	Kirisler:	42	35	83.33				
2	Kolonlar:	52	8	15.38	490.568	96.447	19.66	< 20.00 > 30.00 !
	Kirisler:	42	30	71.43				
3	Kolonlar:	52	4	7.69	287.215	45.940	16.00	< 20.00 > 30.00 !
	Kirisler:	42	22	52.38				
4	Kolonlar:	52	0	0.00	176.037	0.000	0.00	< 40.00 < 30.00
	Kirisler:	42	3	7.14				

Şekil 26.a. Adapazarı'nda SSK Hizmet Binası'nın Doğrusal Elastik Yönteme göre x-yönünde bina performans kontrolü. Bina x-yönünde "can güvenliği" performansını sağlamaktadır

Kat	Eleman	Toplam Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Yuzdesi	V-toplam (t)	V-Saglmyn (t)	Saglamayan V Yuzdesi	Limit
1	Kolonlar:	52	2	3.85	794.930	24.189	3.04	< 20.00 > 30.00 !
	Kirisler:	34	24	70.59				
2	Kolonlar:	52	0	0.00	596.123	0.000	0.00	< 20.00 > 30.00 !
	Kirisler:	34	30	88.24				
3	Kolonlar:	52	1	1.92	415.457	9.887	2.38	< 20.00 > 30.00 !
	Kirisler:	34	27	79.41				
4	Kolonlar:	52	0	0.00	224.943	0.000	0.00	< 40.00 < 30.00
	Kirisler:	34	0	0.00				

Şekil 26.b. Adapazarı'nda SSK Hizmet Binası'nın Doğrusal Elastik Yönteme göre y-yönünde bina performans kontrolü. Bina y-yönünde "can güvenliği" performansını sağlamaktadır

EK-3

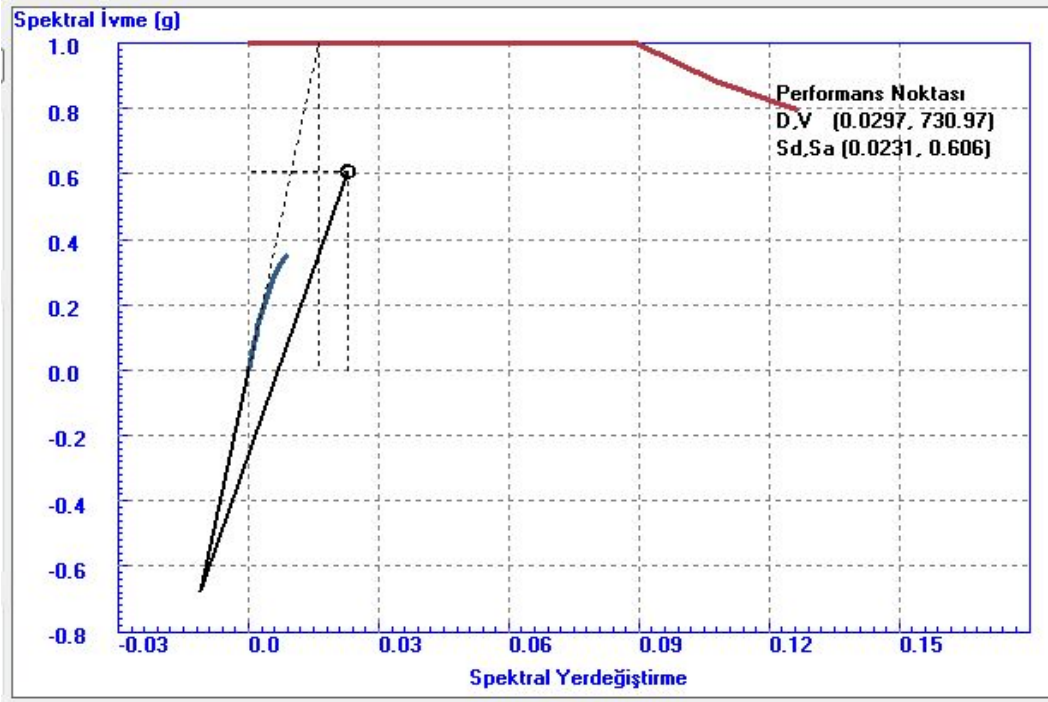


Şekil 26.c. Adapazarı'nda SSK Hizmet Binası'nın Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre x-yönünde bina yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi

Kat	Eleman	Toplam Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Yuzdesi	V-toplam (t)	V-Saglmyn (t)	Saglamayan V Yuzdesi	Limit
1	Kolonlar: Kirisler:	46 77	0 1	0.00 1.30	279.499	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00
2	Kolonlar: Kirisler:	46 77	0 0	0.00 0.00	225.688	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00
3	Kolonlar: Kirisler:	45 77	0 0	0.00 0.00	174.557	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00
4	Kolonlar: Kirisler:	46 77	0 0	0.00 0.00	112.347	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00

Şekil 26.d. Adapazarı'nda SSK Hizmet Binası'nın Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre x-yönünde bina performans kontrolü. Bina x-yönünde "hemen kullanım" performansını sağlamaktadır

EK-3



Şekil 26.e. Adapazarı'nda SSK Hizmet Binası'nın Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre y-yönünde bina yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi

Kat	Eleman	Toplam Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Yuzdesi	V-toplam (t)	V-Saglmyn (t)	Saglamayan V Yuzdesi	Limit
1	Kolonlar:	46	0	0.00	353.229	0.000	0.00	< 0.00
	Kirisler:	77	0	0.00				< 10.00
2	Kolonlar:	46	0	0.00	267.302	0.000	0.00	< 0.00
	Kirisler:	77	0	0.00				< 10.00
3	Kolonlar:	45	0	0.00	188.843	0.000	0.00	< 0.00
	Kirisler:	77	0	0.00				< 10.00
4	Kolonlar:	46	0	0.00	113.876	0.000	0.00	< 0.00
	Kirisler:	77	0	0.00				< 10.00

Şekil 26.f. Adapazarı'nda SSK Hizmet Binası'nın Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre y-yönünde bina performans kontrolü. Bina y-yönünde "hemen kullanım" performansını sağlamaktadır

EK-3

**Yan Sokak Apartmanı**

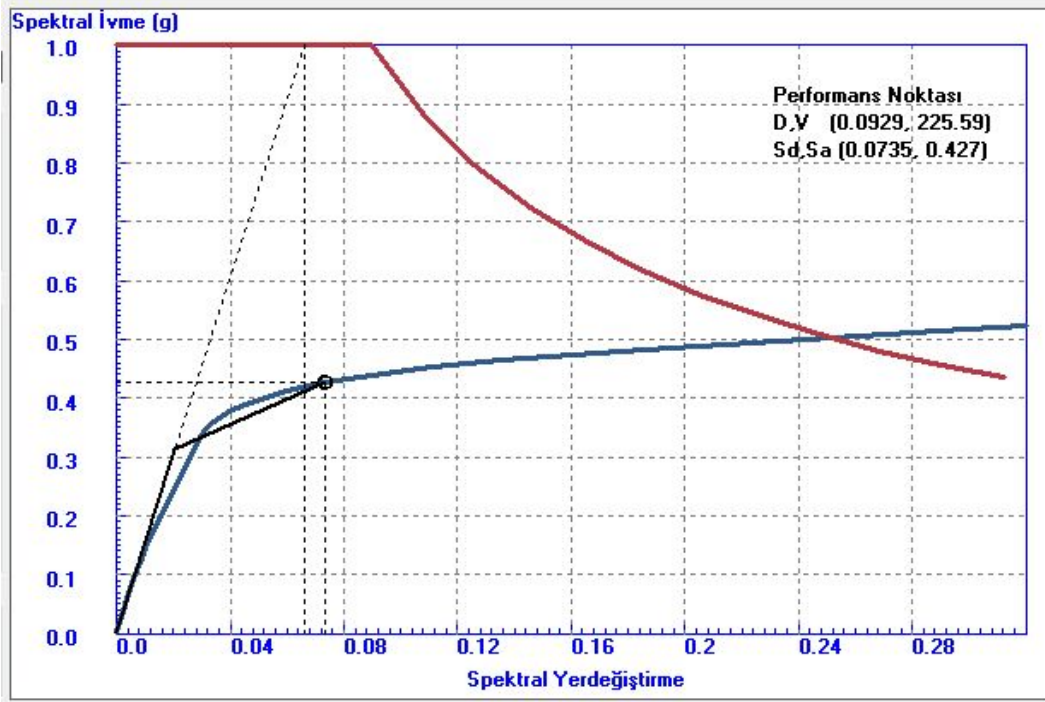
Kat	Eleman	Toplam Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Yuzdesi	V-toplam (t)	V-Saglmyn (t)	Saglamayan V Yuzdesi	Limit
1	Kolonlar: Kirisler:	15 11	0 4	0.00 36.36	484.756	0.000	0.00	< 20.00 > 30.00 !
2	Kolonlar: Kirisler:	15 11	0 5	0.00 45.45	461.852	0.000	0.00	< 20.00 > 30.00 !
3	Kolonlar: Kirisler:	15 11	0 5	0.00 45.45	409.455	0.000	0.00	< 20.00 > 30.00 !
4	Kolonlar: Kirisler:	15 11	0 6	0.00 54.55	332.375	0.000	0.00	< 20.00 > 30.00 !
5	Kolonlar: Kirisler:	15 11	0 3	0.00 27.27	231.925	0.000	0.00	< 20.00 < 30.00
6	Kolonlar: Kirisler:	15 11	0 0	0.00 0.00	106.644	0.000	0.00	< 40.00 < 30.00

Şekil 27a. Adapazarı'nda Yan Sokak Binası'nın Doğrusal Elastik Yönteme göre x-yönünde bina performans kontrolü. Bina x-yönünde "can güvenliği" performansını sağlamaktadır

Kat	Eleman	Toplam Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Yuzdesi	V-toplam (t)	V-Saglmyn (t)	Saglamayan V Yuzdesi	Limit
1	Kolonlar: Kirisler:	15 14	0 3	0.00 21.43	487.368	0.000	0.00	< 20.00 < 30.00
2	Kolonlar: Kirisler:	15 14	0 4	0.00 28.57	464.786	0.000	0.00	< 20.00 < 30.00
3	Kolonlar: Kirisler:	15 14	0 8	0.00 57.14	411.912	0.000	0.00	< 20.00 > 30.00 !
4	Kolonlar: Kirisler:	15 14	0 5	0.00 35.71	333.499	0.000	0.00	< 20.00 > 30.00 !
5	Kolonlar: Kirisler:	15 14	0 2	0.00 14.29	232.761	0.000	0.00	< 20.00 < 30.00
6	Kolonlar: Kirisler:	15 14	0 0	0.00 0.00	106.198	0.000	0.00	< 40.00 < 30.00

Şekil 27.b. Adapazarı'nda Yan Sokak Binası'nın Doğrusal Elastik Yönteme göre y-yönünde bina performans kontrolü. Bina y-yönünde "can güvenliği" performansını sağlamaktadır

EK-3

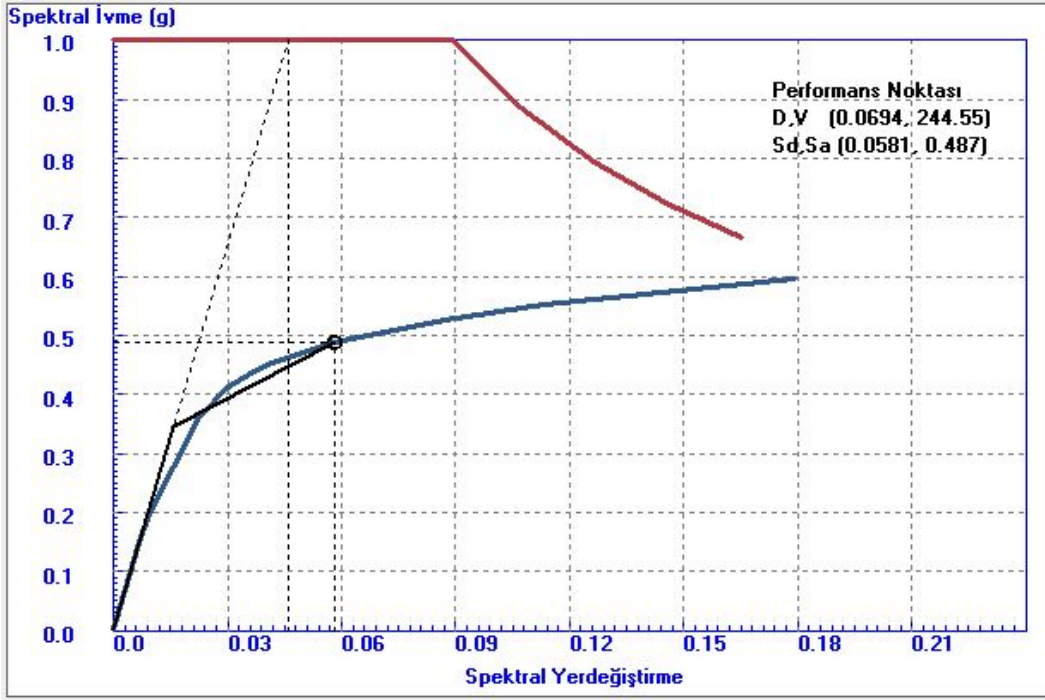


Şekil 27.c. Adapazarı'nda Yan Sokak Binası'nın Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre x-yönünde bina yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi

Kat	Eleman	Toplam Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Yuzdesi	V-toplam (t)	V-Saglmyn (t)	Saglamayan V Yuzdesi	Limit
1	Kolonlar: Kirisler:	15 25	0 2	0.00 8.00	225.226	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00
2	Kolonlar: Kirisler:	15 24	0 2	0.00 8.33	216.055	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00
3	Kolonlar: Kirisler:	15 24	0 1	0.00 4.17	192.843	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00
4	Kolonlar: Kirisler:	15 24	0 1	0.00 4.17	155.383	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00
5	Kolonlar: Kirisler:	15 24	0 0	0.00 0.00	105.623	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00
6	Kolonlar: Kirisler:	15 24	0 0	0.00 0.00	58.544	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00

Şekil 27.d. Adapazarı'nda Yan Sokak Binası'nın Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre x-yönünde bina performans kontrolü. Bina x-yönünde "hemen kullanım" performansını sağlamaktadır

EK-3



Şekil 27.e. Adapazarı'nda Yan Sokak Binası'nın Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre y-yönünde bina yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi

Kat	Eleman	Toplam Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Yuzdesi	V-toplam (t)	V-Saglmyın (t)	Saglamayan V Yuzdesi	Limit
1	Kolonlar: Kirisler:	15 25	0 1	0.00 4.00	244.743	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00
2	Kolonlar: Kirisler:	15 24	0 1	0.00 4.17	234.473	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00
3	Kolonlar: Kirisler:	15 24	0 0	0.00 0.00	208.923	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00
4	Kolonlar: Kirisler:	15 24	0 0	0.00 0.00	168.086	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00
5	Kolonlar: Kirisler:	15 24	0 0	0.00 0.00	113.964	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00
6	Kolonlar: Kirisler:	15 24	0 0	0.00 0.00	50.672	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00

Şekil 27.f. Adapazarı'nda Yan Sokak Binası'nın Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre y-yönünde bina performans kontrolü. Bina y-yönünde "hemen kullanım" performansını sağlamaktadır



**Ekşioğlu Apartmanı**

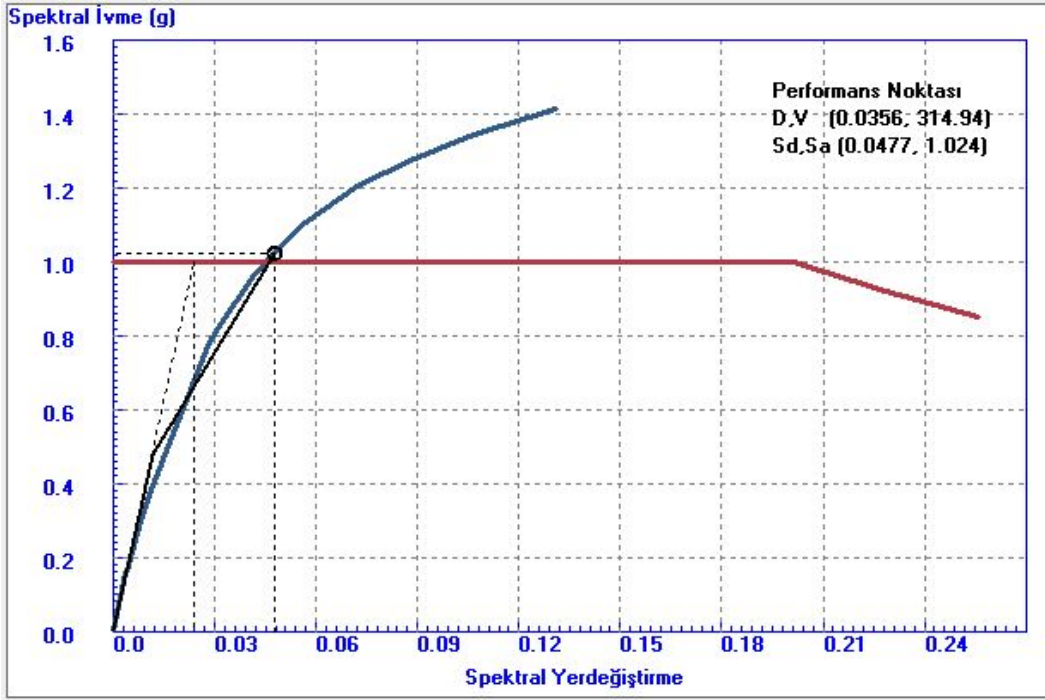
Kat	Eleman	Toplam Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Yuzdesi	V-toplam (t)	V-Saglmyn (t)	Saglamayan V Yuzdesi	Limit
1	Kolonlar:	11	0	0.00	412.467	0.000	0.00	< 0.00 < 20.00
	Kirisler:	7	1	14.29				
2	Kolonlar:	18	0	0.00	486.047	0.000	0.00	< 0.00 < 20.00
	Kirisler:	17	3	17.65				
3	Kolonlar:	18	0	0.00	446.124	0.000	0.00	< 0.00 > 20.00 !
	Kirisler:	14	4	28.57				
4	Kolonlar:	18	0	0.00	375.878	0.000	0.00	< 0.00 > 20.00 !
	Kirisler:	14	3	21.43				
5	Kolonlar:	18	0	0.00	267.883	0.000	0.00	< 0.00 > 20.00 !
	Kirisler:	14	3	21.43				
6	Kolonlar:	18	0	0.00	136.374	0.000	0.00	< 0.00 > 20.00 !
	Kirisler:	13	3	23.08				

Şekil 28.a. Adapazarı'nda Ekşioğlu Apartmanı'nın Doğrusal Elastik Yönteme göre x-yönünde bina performans kontrolü. Bina x-yönünde "göçmenin önlenmesi" performansını sağlamaktadır

Kat	Eleman	Toplam Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Yuzdesi	V-toplam (t)	V-Saglmyn (t)	Saglamayan V Yuzdesi	Limit
1	Kolonlar:	11	0	0.00	348.693	0.000	0.00	< 0.00 < 20.00
	Kirisler:	8	0	0.00				
2	Kolonlar:	18	0	0.00	493.175	0.000	0.00	< 0.00 < 20.00
	Kirisler:	19	2	10.53				
3	Kolonlar:	18	0	0.00	413.843	0.000	0.00	< 0.00 < 20.00
	Kirisler:	14	1	7.14				
4	Kolonlar:	18	0	0.00	333.091	0.000	0.00	< 0.00 < 20.00
	Kirisler:	14	0	0.00				
5	Kolonlar:	18	0	0.00	240.396	0.000	0.00	< 0.00 < 20.00
	Kirisler:	14	0	0.00				
6	Kolonlar:	18	0	0.00	128.827	0.000	0.00	< 0.00 < 20.00
	Kirisler:	14	0	0.00				

Şekil 28.b. Adapazarı'nda Ekşioğlu Apartmanı'nın Doğrusal Elastik Yönteme göre y-yönünde bina performans kontrolü. Bina y-yönünde "göçmenin önlenmesi" performansını sağlamaktadır

EK-3

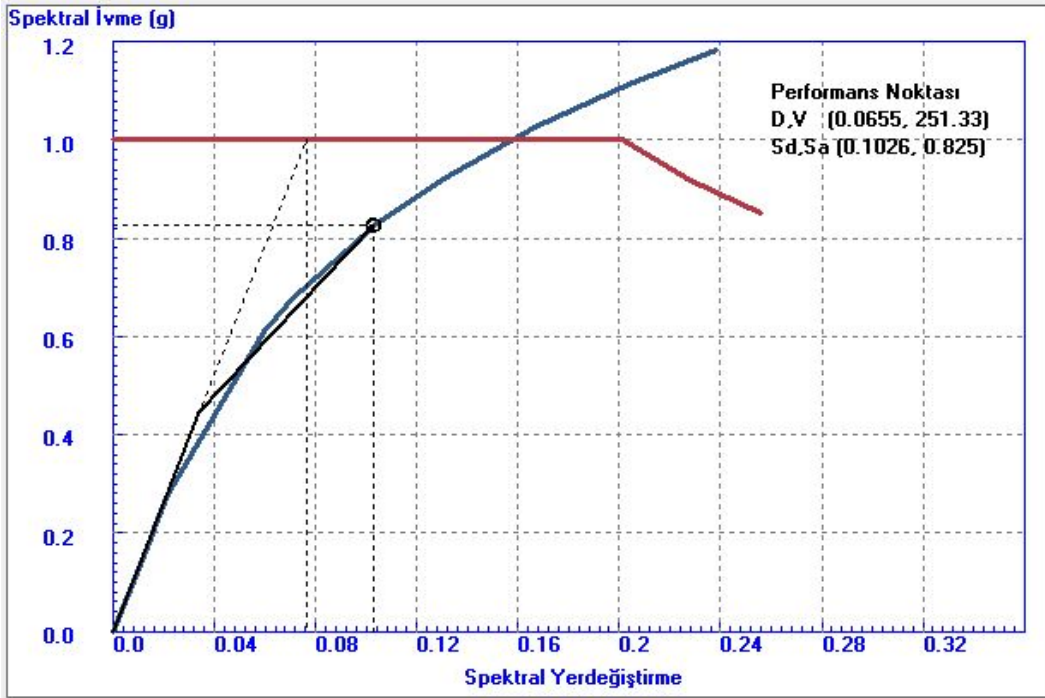


Şekil 28.c. Adapazarı'nda Ekşioğlu Apartmanı'nın Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre x-yönünde bina yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi

Kat	Eleman	Toplam Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Yuzdesi	V-toplam (t)	V-Saglmyn (t)	Saglamayan V Yuzdesi	Limit
1	Kolonlar: Kirisler:	11 15	0 1	0.00 6.67	289.440	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00
2	Kolonlar: Kirisler:	18 31	0 1	0.00 3.23	307.663	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00
3	Kolonlar: Kirisler:	18 31	0 1	0.00 3.23	279.685	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00
4	Kolonlar: Kirisler:	18 31	0 1	0.00 3.23	231.689	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00
5	Kolonlar: Kirisler:	18 31	0 1	0.00 3.23	166.874	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00
6	Kolonlar: Kirisler:	18 29	0 0	0.00 0.00	88.122	0.000	0.00	< 0.00 < 10.00

Şekil 28.d. Adapazarı'nda Ekşioğlu Apartmanı'nın Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre x-yönünde bina performans kontrolü. Bina x-yönünde "hemen kullanım" performansını sağlamaktadır

EK-3



Şekil 28.e. Adapazarı'nda Ekşioğlu Apartmanı'nın Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre y-yönünde bina yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi

Kat	Eleman	Toplam Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Adedi	Saglamayan Elm.Yuzdesi	V-toplam (t)	V-Saglmyn (t)	Saglamayan V Yuzdesi	Limit
1	Kolonlar: Kirisler:	11 15	0 2	0.00 13.33	170.829	0.000	0.00	< 0.00 < 20.00
2	Kolonlar: Kirisler:	18 31	1 2	5.56 6.45	274.620	61.507	22.40	> 0.00 ! < 20.00
3	Kolonlar: Kirisler:	18 31	0 2	0.00 6.45	211.513	0.000	0.00	< 0.00 < 20.00
4	Kolonlar: Kirisler:	18 31	0 2	0.00 6.45	174.095	0.000	0.00	< 0.00 < 20.00
5	Kolonlar: Kirisler:	18 31	0 0	0.00 0.00	120.745	0.000	0.00	< 0.00 < 20.00
6	Kolonlar: Kirisler:	18 29	0 0	0.00 0.00	85.319	0.000	0.00	< 0.00 < 20.00

Şekil 28.f. Adapazarı'nda Ekşioğlu Apartmanı'nın Doğrusal Elastik Olmayan Yönteme göre y-yönünde bina performans kontrolü. Bina y-yönünde "göçme" performansını sağlamaktadır



**TÜBİTAK**  
**PROJE ÖZET BİLGİ FORMU**

<b>Proje No:</b> 108M303
<b>Proje Başlığı:</b> Performansa Dayalı Tasarım ve Değerlendirme Yöntemlerinin Deprem Sonrası Türkiye’de Gözlenen Yapı Performansları ile Karşılaştırılarak Geliştirilmesi
<b>Proje Yürütücüsü ve Araştırmacılar:</b> Mustafa Kutanis (Yürütücü, Y.Doç.Dr), Kemal Beyen (Araştırmacı, Doç.Dr), Mustafa Tolga Yılmaz (Araştırmacı, Y.Doç.Dr), İhsan Engin Bal (Araştırmacı, Dr.)
<b>Projenin Yürütüldüğü Kuruluş ve Adresi:</b> Sakarya Üniversitesi 54187 Esentepe kampüsü, Serdivan Sakarya.
<b>Destekleyen Kuruluş(ların) Adı ve Adresi:</b> -
<b>Projenin Başlangıç ve Bitiş Tarihleri:</b> 01/02/2009-01/08/2011
<b>Öz</b> <p>Bu çalışma, 6 Mart 2007 tarihinde yürürlüğe giren Türkiye Deprem Şartnamesi’nin 7. Bölüm’ünde de yer alan “Mevcut Binaların değerlendirilmesi ve Güçlendirilmesi” konularında katkı sağlamayı amaçlamıştır. Çalışmalar, Adapazarı’ndan seçilen 7 ve Gölcük’ten seçilen 6 bina üzerinde gerçekleştirilmiştir. İnceleme kapsamına alınan orta hasarlı veya az hasarlı binaların, 17 Ağustos 1999 Marmara depremini geçirmiş ve yapısal anlamda bugüne kadar “dokunulmamış” olması temel özelliğini taşıması istenmiştir.</p> <p>Binalar ilk aşamada, mühendislik pratiğinde görülen uygulamalarda olduğu gibi Türkiye Deprem Şartnamesi’ne göre performansları belirlenmiştir. İkinci aşamada, sözkonusu binaların sonlu eleman modelleri, arazide alınan çevrel ve zorlanmış titreşim ölçümleri ile belirlenen yapı dinamik karakteristiklerine göre güncellenerek, performansları yeniden belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar 17 Ağustos 1999 sonrasında gözlenen deprem performansları ile karşılaştırılmıştır.</p> <p>Çalışma kapsamında, Adapazarı’nda yerel zemin şartlarının yapı performansı üzerinde etkisini araştırmak amacıyla yer tepki analizleri yapılmıştır.</p>
<b>Anahtar Kelimeler:</b> Performansa dayalı değerlendirme, Statik İtme Analizi, Yapı tanı teknikleri, Yer tepki analizi
<b>Fikri Ürün Bildirim Formu Sunuldu mu?</b> Evet <input type="checkbox"/> Gerekli Değil <input checked="" type="checkbox"/> Fikri Ürün Bildirim Formu’nun tesliminden sonra 3 ay içerisinde patent başvurusu yapılmalıdır.

**Projeden Yapılan Yayınlar:**

BAL, İ.E., Kutanis, M., Beyen, K., Testing Nonlinear Static Procedures with a Real Damaged RC Building, 14th European Conference on Earthquake Engineering, Ohrid, Republic of Macedonia, 30th August - 3rd September, 2010, DVD version Proceedings, paper no 1130.

BEYEN, K., Kutanis, M., İhsan E. Bal, Investigation on the Possibility of Matching Vulnerability Assessment with Field Observations for Real Structures, International Balkans Conference on Challenges of Civil Engineering, BCCCE, EPOKA University, Tirana, ALBANIA, 19-21 May 2011, CD version Proceedings, paper no 24.

BEYEN, K., Kutanis, M., Comparison of the Results Inferred from OMA and IEMA, Proceedings of IOMAC 2011, 4th International Operational Modal Analysis Conference. İstanbul, Turkey, 9-11 May 2011, CD version Proceedings, paper no 411.

KUTANİS, M., Beyen, K., Bal, İ.E., Binaların Gözlenen Deprem Performanslarının Hesaplanmasında Mevcut Yöntemlerin Tutarlılığı, 7nci Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, 30 Mayıs-3 Haziran 2011, İstanbul, Türkiye, Bildiriler CDsi bildiri no 124.

YILMAZ, M.T., Kutanis, M., Beyen, K., Performansa Dayalı Yöntemlerin Yerel Zemin Koşulları İle Birlikte Değerlendirilmesi: Adapazarı Vakaları İle Bir Çalışma, 7nci Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, 30 Mayıs-3 Haziran 2011, İstanbul, Türkiye, Bildiriler CDsi bildiri no 178.

BEYEN, K., Kutanis, M., Bal, İ.E., Çevrel Ve Zorlama Kuvvet Titreşimleri Altında 17 Ağustos 1999 Kocaeli Depreminde Hasar Almış Binaların Yapı Tanı Çalışmaları, 7nci Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, 30 Mayıs-3 Haziran 2011, İstanbul, Türkiye, Bildiriler CDsi bildiri no 192.

BEYEN, K., Kutanis, M., Tanöz, H.Ö., Başkan, D., Yapı Sağlığı İzleme ve Yapı Tanı Çalışmaları İçin Akıllı Aktarma Protokollu Kablosuz Sensör Ağı, 7nci Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, 30 Mayıs-3 Haziran 2011, İstanbul, Türkiye, Bildiriler CDsi bildiri no 193.

BEYEN, K., Kutanis, M., Bal, İ.E., Yeni Yönetmeliğin Sunduğu Doğrusal Elastik Olmayan Statik Analiz Yönteminden Elde Edilen Yapı Tepkilerindeki Belirsizlikler, 7nci Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, 30 Mayıs-3 Haziran 2011, İstanbul, Türkiye, Bildiriler CDsi bildiri no 198.

**Ekte Bulunan “ARDEB Başarı Öyküsü Formu”, “Kazanımlar” Bölümünde Belirtilen Kriterlere Göre Proje Çıktılarının Başarı Öyküsü Niteliği Taşındığını Düşünüyorsanız “ARDEB Başarı Öyküsü Formu”nu doldurunuz.**