

**T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TAŞIYICI SİSTEMİ DÜZENSİZ YAPI  
SİSTEMLERİNİN DEPREM PERFORMANSLARININ  
BELİRLENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**İnş.Müh. Salim Kubilayhan HÜRYAŞAR**

**Enstitü Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ**

**Enstitü Bilim Dalı : YAPI**

**Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Mustafa KUTANİS**

**Şubat 2009**

T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**TAŞIYICI SİSTEMİ DÜZENSİZ YAPI  
SİSTEMLERİNİN DEPREM PERFORMANSLARININ  
BELİRLENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**İnş.Müh. SALİM KUBİLAYHAN HÜRYAŞAR**

**Enstitü Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ**

**Enstitü Bilim Dalı : YAPI**

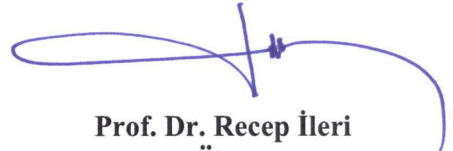
**Bu tez 06 / 02 /2009 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.**



**Y. Doç. Dr. Mustafa Kutanis  
Jüri Başkanı**



**Y. Doç. Dr. Zeki Özcan  
Üye**



**Prof. Dr. Recep İleri  
Üye**

## **TEŞEKKÜRLER**

Lisans ve yüksek lisans hayatım boyunca bilgi ve yardımını benden esirgemeyen danışmanım Sn. Yrd. Doç. Dr. Mustafa KUTANİS'e teşekkürü bir borç bilirim.

Tüm hayatım boyunca yanımda olan ve benden yardımını esirgemeyen, başta babam ve annem olmak üzere tüm aileme şükranlarımı sunarım.

Yüksek Lisans çalışmalarım boyunca, 2210 numaralı TÜBİTAK Yurt İçi Yüksek Lisans Burs Programı kapsamında çalışmamı destekleyen TÜBİTAK' a da teşekkür ederim.

# İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜRLER.....	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	v
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	vi
TABLolar LİSTESİ.....	viii
ÖZET .....	ix
SUMMARY.....	x

## BÖLÜM 1.

### GİRİŞ

1.1. Amaç Ve Kapsam.....	1
1.2. Literatür Taraması.....	2
1.4. Deprem Yönetmelikleri.....	9

## BÖLÜM 2.

### PERFORMANS

2.1. Performans Kavramı.....	11
2.2. Statik İtme Eğrisi.....	15
2.3. Artımsal Dinamik Analiz.....	17

## BÖLÜM 3.

### SAYISAL UYGULAMALAR

3.1. Sayısal Uygulama Yapılan Modeller Hakkında Genel Bilgi...	18
3.2. Malzeme Bilgileri.....	21
3.3. Kullanılan Bilgisayar Programı Hakkında Genel Bilgi.....	21
3.4. Düzenli Yapı.....	22

3.4.1. Bina bilgileri.....	22
3.4.2. Kullanılan deprem kayıtları ve özellikleri.....	24
3.4.3. Yükleme bilgileri.....	28
3.4.4. Statik ve adaptif itki eğirisi.....	28
3.4.5. Artımsal dinamik analiz sonuçları.....	30
3.5. Planda Düzensiz Yapı.....	30
3.5.1. Bina bilgileri.....	30
3.5.2. Yükleme bilgileri.....	33
3.5.3. Planda düzensiz yapıya ait klasik itki eğirisi.....	33
3.5.4. Planda düzensiz yapıya ait artımsal dinamik analiz sonuçları.....	35
3.6. Perdeli – Çerçeve Yapı.....	35
3.6.1. Bina bilgileri.....	36
3.6.2. Yükleme bilgileri.....	38
3.6.3. Perdeli yapıya ait klasik itki eğirisi.....	39
3.6.4. Perdeli yapıya ait artımsal dinamik analiz sonuçları.....	40
3.7. Elde Edilen Sonuçların İrdelenmesi.....	41
BÖLÜM 4.	
SONUÇ VE ÖNERİLER.....	44
KAYNAKLAR.....	45
ÖZGEÇMİŞ.....	48

## SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

DBYBHY	: Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007
A(T)	: Spektral ivme katsayısı
A <sub>0</sub>	: Etkin yer ivmesi katsayısı
(EI) <sub>e</sub>	: Çatlamış kesite ait etkin eğilme rijitliği
(EI) <sub>0</sub>	: Çatlamamış kesite ait etkin eğilme rijitliği
f <sub>cm</sub>	: Mevcut beton dayanımı
f <sub>sy</sub>	: Donatı çeliğinin akma dayanımı
g	: Yerçekimi ivmesi (9.81 m/s <sup>2</sup> )
h <sub>ji</sub>	: i'inci katta j'inci kolon veya perdenin kat yüksekliği
I	: Bina önem katsayısı
M <sub>x1</sub>	: X deprem doğrultusunda doğrusal elastik davranış için tanımlanan birinci (hakim) moda ait etkin kütle
R <sub>a</sub>	: Deprem yükü azaltma katsayısı
R <sub>y1</sub>	: Birinci moda ait dayanım azaltma katsayısı
S(T)	: Spektrum katsayısı
T	: Bina doğal titreşim periyodu
T <sub>1</sub>	: Binanın birinci doğal titreşim periyodu
T <sub>A</sub> , T <sub>B</sub>	: Spektrum karakteristik periyotları
ρ	: Pürsantaj değeri
IDA	: Artımsal Dinamik Analiz (Incremental Dynamic Analyses)

## ŞEKİLLER LİSTESİ

1.1	Nevada deney sahasında üzerinde statik itme deneyi yapılan betonarme yapılar.....	4
2.1.	TDY 2007 ‘de hasar sınırları.....	12
2.2.	Statik itme eğrisi (pushover curve).....	15
3.1.1.	Düzenli yapının perspektif görünüşü ve kat planı .....	18
3.1.2.	Düzensiz yapıların perspektif görünüşleri ve kat plaları .....	19
3.1.3.	Yapıların ortak ön görünüş.....	20
3.4.1.	Düzenli yapı da 1,2 ve 3. katlara ait kalıp planı.....	22
3.4.2.	Düzenli yapıda 1,2 ve 3. katlara ait kolon açılımları.....	23
3.4.3.	Düzenli yapı da 4. ve 5. katlara ait kalıp planı.....	23
3.4.4.	Düzenli yapı da 4. ve 5. katlara ait kolon açılımları.....	24
3.4.5.	Düzenli yapıda kiriş açılımları.....	24
3.4.6.	Chalfant 1986 deprem kaydı.....	25
3.4.7.	Imperyal valley 1979 deprem kaydı.....	26
3.4.8.	Kobe 1995 deprem kaydı.....	26
3.4.9.	Düzce 1999 deprem kaydı.....	26
3.4.10.	Kocaeli 1999 deprem kaydı.....	27
3.4.11.	Imperyal valley 1940 deprem kaydı.....	27
3.4.12.	Lander 1992 deprem kaydı.....	27
3.4.13.	Düzenli yapıda uyumlu itme eğrisi sonucu.....	28
3.4.14.	Düzenli yapıda statik itme eğrisi sonuçları.....	29
3.4.15.	Düzenli yapıda IDA sonuçları.....	30
3.5.1.	Planda düzensiz yapı da 1,2 ve 3. katlara ait kalıp planı.....	31
3.5.2.	Planda düzensiz yapıda 1,2 ve 3. katlara ait kolon açılımları.....	31
3.5.3.	Planda düzensiz yapı da 4. ve 5. katlara ait kalıp planı.....	32
3.5.4.	Planda düzensiz yapıda 4. ve 5. katlara ait kolon açılımları.....	32
3.5.5.	Planda düzensiz yapıda kiriş açılımları.....	32

3.5.6.	Planda düzensiz yapıda uyuşumlu itme eğrisi sonucu.....	33
3.5.7.	Planda düzensiz yapıda statik itme eğrisi sonuçları.....	34
3.5.8.	Planda düzensiz yapıda IDA sonuçları.....	35
3.6.1.	Perdeli yapı da 1,2 ve 3. katlara ait kalıp planı.....	36
3.6.2.	Perdeli yapıda 1,2 ve 3. katlara ait kolon açılımları.....	36
3.6.3.	Perdeli yapı da 4. ve 5. katlara ait kalıp planı.....	37
3.6.4.	Perdeli yapıda 4. ve 5. katlara ait kolon açılımları.....	37
3.6.5.	Perdeli yapıda giriş açılımları.....	38
3.6.6.	Perde açılımları.....	38
3.6.7.	Perdeli yapıda uyuşumlu itme eğrisi sonucu.....	39
3.6.8.	Perdeli yapıda statik itme eğrisi sonuçları.....	40
3.6.9.	Perdeli yapıda IDA sonuçları.....	41
3.7.1.	Düzenli yapıda yapılan analizlerin kıyaslanması.....	42
3.7.2.	Planda düzensiz yapıda yapılan analizlerin kıyaslanması.....	42
3.7.3.	Perdeli yapıda yapılan analizlerin kıyaslanması.....	43



## **TABLolar LİSTESİ**

3.1.	Sayısal uygulamalarda kullanılan yapıların ortak özellikleri.....	21
3.2.	Betonarme Malzeme Bilgileri.....	21
3.3.	IDA’de kullanılan deprem kayıtları.....	24
3.4.	Düzenli yapıda serbest titreşim periyotları.....	28
3.5.	Planda düzensiz yapının serbest titreşim periyotları.....	33
3.6.	Perdeli – Çerçeveli yapıya ait serbest titreşim değerleri	39

## ÖZET

Anahtar Kelimeler; Basitleştirilmiş Doğrusal Olmayan Analiz Yöntemleri, Düzensiz Yapılar, Artımsal Dinamik Analiz.

Son zamanlarda, deprem dayanımı konusunda mevcut binaların değerlendirilmesinde ve yeni binaların tasarlanmasında basitleştirilmiş doğrusal olmayan yöntemler ön plana çıkmıştır. Düzenli yapılar için, bu teknikler etkili biçimde uygulanmıştır. Fakat yapı mühendisliği uygulamalarında, yapı stokunun büyük çoğunluğunu düzensiz ve simetrik olmayan yapılar oluşturmaktadır. Bu nedenle basitleştirilmiş doğrusal olmayan analiz yöntemlerinde, düzensiz yapılar üzerinde ki uygulamalara özen gösterilmelidir. Çalışmanın hedefinde, basitleştirilmiş doğrusal olmayan analiz yöntemlerinin üç boyutlu betonarme örnek binalardaki verimliliğinin tespit edilmesi vardır. Tasarlanan 3 farklı yapının her birinde 5 kat ve 2 simetrik açıklık vardır. Çalışmada, ilk olarak, tüm yapılar, DBYBHY-2007'ye göre tasarlanmıştır. İkinci olarak, bu yapıların statik itme eğrileri çeşitli yollarla hesaplanmıştır. Ve bu eğrilerin sonuçları, özenle hazırlanan artımsal dinamik analiz (İDA) sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Sonuçlar, deplasman ve taban kesme kuvvetleri yönünden oluşturulan grafiklerle verilmiştir.

# **THE EFFECTS OF CONFIGURATION IRREGULARITY ON THE DETERMINATION OF PERFORMANCE OBJECTIVES IN R/C STRUCTURES**

## **SUMMARY**

Keywords; Simplified Nonlinear Analysis Methods, Irregular Structures, Incremental Dynamic Analysis

Recently, simplified nonlinear methods have been implemented in codes for seismic resistant design of new buildings and evaluation of existing buildings. For regular structures, these methods are considered to be efficient, but, in construction practice, most of the structures are built as irregular, asymmetric structures. Therefore, simplified nonlinear methods must be extended to irregular structures. The goal of the study is to investigate the efficiency of the simplified nonlinear methods using the generic 3 dimensional reinforced concrete structures: a 5 storey, 2 bay symmetric and asymmetric buildings. In this study, firstly, both structures are designed according to TEC 2007. Secondly, their pushover curves are obtained using several techniques such as, static pushover, adaptive pushover etc... Then, these curves are compared with the results of nonlinear Incremental Dynamic Analysis (IDA). The results are presented in terms of top displacement versus base shear of generic frame structures.

# **BÖLÜM 1. GİRİŞ**

## **1.1. Amaç Ve Kapsam**

Bu çalışma, son yıllarda geliştirilen ve deprem yönetmeliklerinde de yer almaya başlayan “mevcut yapıların deprem performanslarının belirlenmesi” ile ilgili yöntemlerin, bazı düzensizlikleri bulunan binalara uygulanmasını konu edinmiştir.

Performansa dayalı deprem mühendisliği, inşaat mühendisliğinde çok önemli bir boşluğu doldurmuştur. Performansa dayalı tasarım ve değerlendirmede, öngörülen sismik tehlike altında, bir yapının veya yapı stokunun, hangi performans düzeyini göstereceği nicel olarak hesaplanabildiğinden, mevcut bir yapıda oluşabilecek maddi kayıpları ve muhtemel can kaybını belirlemek mümkün olabilmektedir. Doğal bir olay olan depremin “afet”e dönüşmemesi için, karar verme konumunda bulunanları, sayısal verilere ve hesaplamalara dayanarak rasyonel bir biçimde, bilgilendiren bir yaklaşımdır.

Çalışmada, Doğrusal Olmayan Statik Yöntemler ve Artımsal Dinamik Analiz Yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemler, depreme dayanıklı olarak tasarlanmış düzenli yapılar ve depreme dayanıklı olarak tasarlanmış fakat bazı düzensizlikleri bulunan yapılar üzerinde uygulanmıştır. Bu amaçla, SeismoStruct bilgisayar yazılımının kullanılması uygun görülmüştür. Artımsal Dinamik Analiz Yöntemi için özel olarak seçilmiş uzak alan deprem ivme kayıtları kullanılmıştır.

Bu çalışmanın sonucunda, yönetmeliklerde de yer alan bu yöntemlerin, düzensiz yapı sistemlerinin performanslarının belirlenmesinde kullanılabilir mi? Bu yöntemlerde düzensiz yapılar için nasıl bir kalibrasyon yapılmalı? Bu tür binaların uygulanması kesinlikle sakıncalı mıdır? Sorularına cevap verilmeye çalışılmıştır.

## 1.2. Literatür Taraması

Alp-Himalaya aktif deprem kuşağında yer alan ülkemizde, MS 11 ile MS 2008 yılları arasında 412 önemli deprem yaşanmıştır [<http://www.ngdc.noaa.gov>]. Bu depremler arasında en yıkıcı olanı, belki de, 12 Aralık 1939 Erzincan depremi olmuştur. Son onbeş yılda da, 1992 Erzincan, 1995 Dinar, 1998 Adana-Ceyhan, 17 Ağustos 1999 Marmara ve 12 Kasım 1999 Düzce ve 1 Mayıs 2003 tarihinde Bingöl'de yıkıcı depremler meydana gelmiştir. Bütün bu yıkıcı depremlerden dolayı, deprem mühendisliğindeki gelişmeler ülkemizde her zaman ilgi odağı olmuştur [1].

20.yy'da, deprem mühendisliği çeşitli evreler geçirmiştir. Bu evreler, genellikle hasar verici önemli depremlerle birlikte anılmaktadır. Depremlerle beraber alınan dersler, konuya yaklaşım felsefesinde de iyileştirmelere yol açmıştır.

1908'de İtalya'da meydana gelen ve 83,000 can kaybının meydana geldiği Messina depreminden sonra, İtalya hükümeti tarafından kurulan komitenin yazdığı raporda, ilk defa bina tasarımında, deprem yüklerinden bahsedilmiştir. Raporda deprem yükleri yapı ağırlığının yüzdesi olarak hesaplanması önerilmektedir. Turin (Torino) Politeknik Profesörlerinden Panetti'nin çalışması olan bu öneride, yapı birinci katına yapı ağırlığının 1/12'si, ikinci ve üçüncü katlara 1/8'i kadar deprem atalet kuvveti uygulanması tavsiye edilmiştir. Bu metot eşdeğer statik yük yöntemi olarak geliştirilerek günümüzde halen uygulanmaktadır.

Bilinen ilk resmî deprem şartnamesi ise 1923 Büyük Kanto depreminden sonra Japonya'da yürürlüğe girmiştir. Bu şartnamede, yapı ağırlığının %10'u deprem yükü olarak alınmaktadır. ABD de ise, 1933 Long Beach (Los Angeles) depreminden sonra, 1935 yılında UBC da, deprem yükleri yapı ağırlığının %8 'i olarak hesaplanmıştır. Long Beach depreminde aralarında okul binalarının da bulunduğu sadece birkaç bina çökmüştür. Bu nedenle, bu depremden sonra yapılan çalışmalarla birlikte, sünek davranış ve enerji yutma kapasitesi gibi terimler literatüre girmeye başlamıştır.

1908 Messina (İtalya), 1923 Kanto (Japonya) , 1933 Long Beach (Kaliforniya) depremlerinde incelenen yapılarda, özellikle, rüzgar yüklerine karşı dayanıklı olarak inşa edilen yapıların, deprem performanslarının daha iyi olduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle, deprem şartnamelerinde, yapıların, yatay atalet kuvvetlerine karşı tasarlanmalarına yer verilmiştir [1].

26 Aralık 1939 tarihinde meydana Erzincan depremi sonrası, ABD, Japonya, İtalya ve Yunanistan gibi ülkelerde yapılan çalışmalar incelenmiş ve İtalya tarafından 1937 yılından itibaren uygulanmaya başlanan “Zelzele Mıntıklarında Yapılacak İnşaata ait İtalyan Yapı Talimatnamesi” Türkçeye çevrilmiş ve Nafia Vekâleti tarafından yayımlanmıştır. Bu yönetmelikten yararlanarak 1940 yılı içerisinde “Zelzele Mıntıkları Muvakkat Yapı Talimatnamesi” hazırlanarak yurt genelinde uygulanmaya başlanmıştır. 1940 yılı Zelzele Mıntıkları Muvakkat Yapı Talimatnamesi için ana kaynak olarak kullanılması, ülkemiz için konu ile ilgili yayımlanmış ilk eser olması gibi nedenlerle İtalyan Yapı Talimatnamesinin de yönetmeliğe konulmasının yararlı olacağı düşünülmüştür [1].

20 Aralık 1942 Niksar-Erbaa, 20 Haziran 1943 Adapazarı-Hendek, 26 Kasım 1943 Tosya-Lâdik ve 1 Şubat 1944 Bolu-Gerede gibi depremlerin birbiri peşi sıra meydana gelmesi ve büyük can ve mal kayıplarına neden olması sonucunda 22 Temmuz 1944 tarih ve 4623 sayılı “Yersarsıntısından Evvel ve Sonra Alınacak Tedbirler Hakkında Kanun” çıkarılmıştır. Bu kanun Türkiye’de deprem tehlikesi ve riskinin belirlenmesi ve deprem zararlarının azaltılması konusunda, merkezi ve yerel düzeylerde nasıl örgütleneceğini, yerleşme ve yapılaşmaların nasıl denetleneceğini belirleyen ilk yasal düzenlemedir.

Deprem mühendisliği ile ilgili ilk organizasyon 1956 yılında gerçekleşmiştir. California, Berkeley’de Birinci Dünya Deprem Mühendisliği Konferansı 40 bildiri ile toplanmıştır. Dört yılda bir yapılan bu konferansların ikincisi, 1960’da Tokyo’da, yedincisi 1980’de İstanbul’da yapılmıştır. 14’üncüsü 2008 de Çin’de yapıldı.

1960'larda yapı sistemlerinin depremlerde kapasitelerinin çok üzerinde deprem atalet kuvvetlerinde bile ayakta kalabildikleri gözlemlenmiştir. Süneklik ve dayanım azaltma faktörü gibi eşdeğer deprem yükü yönteminde kullanılan terimler bu dönemde belirginleşmiştir. Yine bu yıllarda, depreme dayanıklı yapı tasarımında, deplasman bilgilerinin önemi anlaşılmaya başlanmıştır. 1961 yılında John Blume, Nathan Newmark ve Leo Corning tarafından Nevada çölünde yapılan deneylerde (Şekil 1.1.), elastik ötesi sismik tasarım hesabı için elde edilen yanal yük-yapı tepe noktası yer değiştirme diyagramı (statik itme eğrisi) ilk olarak ortaya konulmuştur.



Şekil 1.1. Nevada deney sahasında üzerinde statik itme deneyi yapılan betonarme yapılar [1].

1960 yılında, ikinci Dünya Deprem Mühendisliği Konferansı'nda, Muto vd., tek serbestlik dereceli yapı sisteminin elastik ötesi deplasmanının, benzer başlangıç periyodu ve sönüme sahip elastik sistemin deplasmanından çok farklı olmadığını yazmışlardır. Bu konferansta, Veletsos ve Newmark 1960'da benzer sonuçların alındığı bir çalışmayı konferansta sunmuşlardır. Bu sonuç, günümüzde nonlineer statik prosedürlerin teorik dayanağı olan "Eşdeğer Yerdeğiştirme Kuralı"nın kendisidir [2].

1970 ve 1980'lerde farklı yapısal sistemlerin süneklik kapasiteleri ile ilgili çalışmalar yoğunluk kazanmıştır. 1970'lerde bilgisayar teknolojisinin gelişmesiyle, günümüzde yaygın olarak kullanılan bilgisayar yazılımları ortaya çıkmaya başlamıştır. Örneğin:

1970’de SAP IV (güncel adı: Sap2000), 1971’de Drain (güncel adı: Perform3D), Shake (güncel adı: Shake2000) gibi.

Nonlinear statik yöntem algoritmalarının uygulanması, çok serbestlik dereceli (ÇSD) yapı modelinin eşdeğer tek serbestlik dereceli (TSD) yapı modeline dönüştürülmesini gerekli kılmaktadır. Araştırmacılar, betonarme TSD sistemlerin deprem simülatörü deneylerine dayanarak, yapı sistemlerinin elastik ötesi davranışının azaltılmış direngenlik ve arttırılmış sönümlü TSD yapı sistemleri ile tanımlanabileceğini ifade etmişlerdir [3].

Gülkan ve Sözen’in bu çalışması daha sonra, Shibata ve Sözen [4] tarafından ÇSD sistemler için Yerine Koyma Yöntemi (substitute structure method) adıyla verilmiştir. Yerine Koyma Yöntemi, betonarme yapılar için, tasarım spektrumu ile verilen deprem hareketine ait tasarım kuvvetlerinin belirlenmesinde kullanılan bir yöntemdir. Bu çalışmalar, kapasite spektrum metodununun geliştirilmesinde araştırmacılar tarafından kullanılmıştır [4].

1981 yılında, Saiidi ve Sözen tarafından önerilen Q-model’de ilk kez, yapı elemanlarının moment eğrilik ilişkileri kullanılmıştır. Burada, TSD sistemin kuvvet yerdeğiştirme karakteristiklerini elde etmek amacıyla moment-eğrilik eğrisinin iki doğrusu olarak idealleştirilmesi yapılmıştır. Daha sonra, araştırmacılar Q-model’den esinlenerek geliştirdikleri “N2 Metod”u önermişlerdir[5].

1970 li yılların başında bu teknik, Puget Sound Naval Shipyard ‘da uygulanan pilot sismik risk projesi için geliştirilen “Hızlı Değerlendirme Yöntemi” nin bir enstrümanı olarak “Kapasite Spektrum Metodu (KSM)” adını almıştır. KSM, verilen bir deprem etkisi altında sistemde oluşan maksimum yer değiştirmelere ilişkin deprem isteminin belirlenmesi, daha sonra bu istem değerlerinin, seçilen performans düzeyleri için tanımlanan şekil değiştirme kapasiteleri ile karşılaştırılması ve böylece yapısal performansın değerlendirilmesidir [6].

Paret vd. ve Sasaki vd. , yüksek modların etkisini hesaba katmak amacıyla “Çok Modlu İtme Analizi” ni (Multi Modal Pushover Analysis) önermişlerdir. Bu



çalışmanın bir uzantısı olarak Chopra ve Goel Modal İtme Analiz (Modal Pushover Analysis – MPA) tekniğini’ni geliştirmişlerdir. KSM’nın kullanıldığı Modal İtme Analizi tekniğinde işlem adımları aşağıda verilmiştir[6,7]:

Yapısal modelin oluşturulması ve mod şekillerinin ve serbest titreşim frekanslarının hesaplanması;

1. Gözönüne alınan ilgili mod şekli ile orantılı yük dağılımının belirlenmesi;
2. Gözönüne alınan ilgili mod şekilleri için bağımsız olarak statik itme analizinin yapılması;
3. Herbir statik itme eğrisi için kapasite eğrilerinin oluşturulması;
4. Kapasite eğrisinin koordinatlarının modal sözde-ivme (pseudo-acceleration) koordinatlarına dönüştürülmesi;
5. Her bir mod için modal deprem istemleri hesaplanması;
6. Son aşamada ise, modal istemler uygun bir mod birleştirme kuralı ile birleştirilerek deprem istemleri elde edilmesidir.

Yapıların elastik ötesi davranışında, plastik mafsalların oluşumu ile birlikte, sistemde önemli ölçüde direngenlik kaybının meydana gelmesi kaçınılmazdır. Bu bağlamda, uyumlu (adaptive) veya her adımda değiştirilen dağılımlara göre sisteme etki ettirilen yatay yüklerin kullanıldığı, daha güvenilir yöntemler pek çok araştırmacı tarafından önerilmiştir. Uyumlu yöntemlerin kullanılması, ilk olarak, Bracci vd. tarafından KSM nun üzerine bina edilerek gerçekleştirilmiştir [8].

Gupta and Kunnath ise yük dağılımlarının yapının dinamik karakteristiklerine bağlı olarak sürekli değiştiği, herbir mod için yük dağılımlarının hesaplanıp uygulandığı, en sonunda da yapıya gelen toplam taban kesme kuvvetinin Karelerin Toplamının Kare Kökü (SRSS) kuralı ile elde edildiği bir yöntem önermişlerdir [9].

Papanikolaou ve Elnashai ise, uyumlu statik itme analizlerini daha sağlam ve sağlıklı temellere dayandıran bir prosedür önermişlerdir. Yöntemde plastik mafsalları hipotezi yerine fiber eleman modeli kullanılmıştır [10].

Bu çalışmalara paralel olarak, Antoniou ve Pinho [11] tarafından Yenilikçi Deplasmana Dayalı Uyuşumlu Statik İtme (Innovative Displacement-Based Adaptive Pushover Procedure- DAP) prosedürünü ortaya koymuşlardır. Burada da, kesitler fiber elemanlarla modellenmiştir. Ayrıca, statik itme analizi yanal kuvvetler yerine uyumlu yanal deplasmanlar kullanılmıştır [11].

Konu ile ilgili en önemli çalışmalardan biri Aydınoglu tarafından gerçekleştirilmiştir. Aydınoglu'nun Artımsal Spektrum Analizi (ARSA) Yöntemi'nin esası, modal kapasite diyagramları adı verilen ve modal histeresis eğrileri'nin iskelet eğrileri olarak tanımlanan diyagramların yaklaşık olarak elde edilmesine dayanmaktadır [12].

1995 yılında Moghadam A.S., Tso W.K. tarafından yapılan çalışmada, simetrik olmayan yüksek katlı yapı sistemlerinde deprem esnasında büyük hasarlara neden olan burulma düzensizliğinin hasar seviyesine etkisini göstermek üzere, simetrik olmayan yapılarda doğrusal olmayan statik artımsal itme analizi yöntemlerinin kullanımı üzerinde durulmuştur [8].

Tso W.K ve Moghadam A.S. 1997 yılında eksantrik çok katlı yapıların hasar potansiyellerinin belirlenmesi için basitleştirilmiş bir yöntem geliştirmiştir. Çalışmada yapıların deprem sırasındaki davranışlarında birinci mod etkilerinin hakim olduğu kabul edilmiştir [13].

1999 yılında Kim S.D., Hong W.K., Ju Y.K. tarafından, elastik ötesi bölgelerde elemanların değişen rijitliklerine bağlı olarak değişen mod şekilleri ile orantılı kuvvet dağılımlarını esas alan, bir dinamik elastik ötesi analiz yöntemi sunulmuştur. Bu yöntemde yapının elastik ötesi davranışa girmesiyle birlikte, yatay yüklerin dağılımı mod şekline göre değişmektedir. Yöntemin geçerliliği DRAIN Analiz Programından elde edilen sonuçların karşılaştırılması ile gösterilmiştir. Örnek çalışmada yedi katlı ve otuz altı katlı mevcut bir yapının analizleri gerçekleştirilmiştir [8].

2004 yılında Antoniou S., Pinho R. tarafından doğrusal olmayan statik artımsal itme analizi yöntemlerinin bazı kısıtlamalarını azaltmak üzere, yeni bir doğrusal olmayan statik artımsal itme analizi yöntemi geliştirilmiştir. Yöntem, yapının elastik ötesi

davranışının çeşitli kademelerinde, elemanların değişen rijitliklerine ve yapı sisteminin dinamik özelliklerine bağlı olarak, yapı sistemi yüksekliği boyunca yatay yük dağılımının değişimini dikkate almakta ve yüksek mod etkilerini içermektedir [11].

2004 yılında Hasgöl U., “Türk deprem yönetmeliğine göre boyutlandırılan betonarme binaların performanslarının irdelenmesi” konulu yüksek lisans tezi benzer tüm çalışmalar gibi düzenli yapılar üzerinde durmuştur [14].

2007 yılında Genç M., “Farklı yapısal özelliklere sahip betonarme yapıların çeşitli çözüm yöntemleriyle performansa dayalı analizi” isimli yüksek lisans tezinde 4 ve 8 katlı iki bina kullanılarak, performanstaki sapmalar bulunmaya çalışılmıştır [15].

Yüksek öğretim kurumu tez merkezinde yapılan aramalarda, kısıtlı sayıda bulunabilen performans analiz tekniklerinde, düzensizliklerle ilgili pek kayıt bulunamamıştır. Yüksek lisans tezlerinde genellikle statik itme eğrileri üzerinde durulmuş ve düzenli yapı üzerinden performans belirlenmiştir.

#### 1.4. Deprem Yönetmelikleri

Son dönemde özellikle A.B.D ve Japonya’da yapıların tasarımı, deprem güvenliğinin belirlenmesi, onarımı ve güçlendirilmesi için performans esaslı yeni prosedürler geliştirilmekte ve bunlar ön standart (ATC 40, FEMA 356) olarak tartışmaya sunulmaktadır. Tüm bu dokümanlarda lineer olmayan statik analiz yöntemleri önemli yer tutmaktadır. Lineer olmayan statik analiz yöntemleri temel olarak, yapının yatay kuvvet taşıma kapasitesini ifade eden kapasite eğrisinin belirlenmesini, bu kapasite eğrisinden yararlanarak göz önüne alınan deprem için yapının elastik olmayan maksimum deplasmanının (deplasman talebinin) hesaplanmasını ve bu deplasman değerine kadar statik olarak itilmiş yapının performansının (deprem güvenliğinin) belirlenmesini içermektedir. Yapıların performansının değerlendirilmesinde lineer olmayan statik analiz yöntemlerinden yaygın olarak kullanılanları, Kapasite Spektrum Yöntemi (KSY) ve Deplasman Katsayıları Yöntemi (DKY)’dir [14,16,17].

Kapasite Spektrumu Yöntemi ATC 40’da (Applied Technology Council, 1996) ayrıntılı bir şekilde anlatılmıştır. Yöntem ile ilgili olarak yapılan son gelişmelere ise FEMA 440’da yer verilmiştir [16,18].

FEMA 356’da (Federal Emergency Management Agency, 2000) yer alan Deplasman Katsayıları Yöntemi’nde, Kapasite Spektrumu Yöntemi’nden farklı olarak, grafiksel bir çözüm yerine, yapının yerdeğiştirme talebinin belirlenmesi için bir takım katsayılar kullanılmaktadır. Doğrusal olmayan çok serbestlik dereceli sistemin beklenen maksimum elastik ötesi yerdeğiştirme değeri, eşdeğer tek serbestlik dereceli sistemin elastik spektral yerdeğiştirmesinin katsayılar ile modifiye edilmesiyle hesaplanmaktadır. Deplasman Katsayıları Yöntemi ile ilgili olarak yapılan son gelişmelere FEMA 440’da yer verilmiştir [18].

Deplasman Katsayıları Yöntemi’nde, deplasman talebi esasen, istatistiksel analizlere dayanan bazı düzeltme çarpanları kullanılarak elastik deplasman spektrumundan elde edilen elastik olmayan deplasman spektrumu ile belirlenmektedir. Bu yöntemde de öncelikle kapasite eğrisi elde edilir. Bu eğri iki doğru parçası ile idealleştirilerek efektif periyot  $T_e$  ve ilgili düzeltme katsayıları kullanılarak deplasman talebi (hedef

deplasmanı) hesaplanır. Bu deplasman değerine kadar itilmiş yapının performansının değerlendirilmesi işlemi Kapasite Spektrum Yöntemi'nde olduğu gibidir [14].

Türk Deprem Yönetmeliği (2007)'nin, ilk Altı Bölümü, önceki deprem yönetmeliklerinde olduğu gibi, Dayanıma Göre Tasarım yaklaşımını benimsemiştir. Bu nedenle ilk akmanın oluşumunu takip eden süreçte yapıda değişen dinamik karakteristikler, burada, göz önüne alınamamaktadır. Son Bölüm olan Yedinci Bölüm'de ise Şekil Değiştirmeye Göre Tasarım ilkesi esas alınmıştır. Türk Deprem Yönetmeliği 2007'nin Yedinci Bölümü'nde Doğrusal Elastik ve Doğrusal Elastik Olmayan Analiz Yöntemleri ve bu yöntemler kullanılarak bina performans düzeyinin belirlenmesi hesap adımları verilmiştir. Ayrıca yapıya etkiyen deprem etkisi, bu etki altında yapı performans hedefleri ve performans seviyeleri tanımlanmıştır [19].

## **BÖLÜM 2. PERFORMANS**

### **2.1.Performans Kavramı**

Performans kelimesi, Türk Dil Kurumu Sözlüğü'nde "başarılanlık, iş yapabilme ya da bir edim sürecini başarıyla sonuçlandırma yeteneği olarak beliren, beceri ya da başarı ölçüsü olarak kullanılan edebilme gücü " olarak tanımlanmakta olup pek çok alanda kullanılmaktadır.

İnşaat Mühendisliği'nde, özellikle Yapı ve Deprem Mühendisliği'nde, son on beş yılda yaşanan gelişmeler, klasik mühendislik olarak bilinen bu disipline, yeniden bir hareketlilik ve canlılık getirmiştir. Söz konusu gelişme, tasarım felsefesinde gerçekleşmiştir. 1995 yılından itibaren, yapı ve deprem mühendisleri, yapıların sismik performanslarını sadece tahmin edebilen "Dayanıma Göre (veya Kuvvet Esaslı) Tasarım'dan, yapıların sismik performanslarının sayısal olarak belirlenebilmesini sağlayan "Performansa(veya Yer değiştirmeye, Şekil değiştirmeye, Deplasmana) Göre Tasarım" ilkeleri üzerinde çalışmalarını yoğunlaştırmıştır [20].

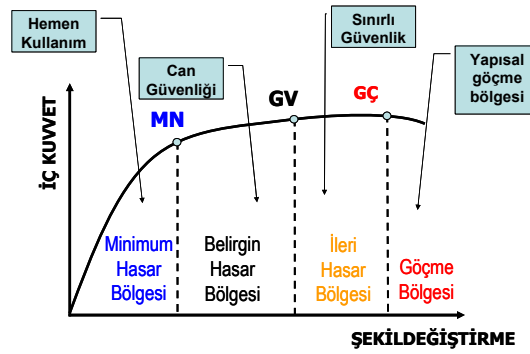
Deprem mühendisliğinde kastedilen ise, önceden belirlenmiş, yer değiştirmeler veya şekil değiştirmelerle bağlantılı olarak, hedeflerin sağlanmasıdır. Belirli bir performans düzeyini gerçekleştirmek için kaçınılmaz olarak elastik ötesi (nonlinear) hesap yöntemlerinin uygulanması gerekmektedir.

1989 Loma Prieta, 1994 Northridge ve 1995 Kobe depremlerinin ardından maruz kalınan çok yüksek mali kayıplardan sonra, yapı sistemlerinin performanslarının belirlenmesi ile ilgili, performansa dayalı deprem mühendisliğinin kapsamı, detaylarda farklılık arz etmekle beraber, aşağıdaki gibi ortaya konmuştur:

1. Deprem tehlikesinin tanımlanması (İncelenen veya inşa edilecek yapı ekonomik ömrü boyunca maruz kalabileceği deprem etkisi)
2. Performans düzeylerinin seçilmesi (Yapının ekonomik ömrü, kullanım amacı ve mal sahibinin isteği doğrultusunda belirlenecek )
3. Yapısal analiz ve tasarım (Performans hedeflerini sağlayacak elastik ötesi analiz yöntemleri )
4. Hasar analizi, ve kayıp tahmini (Öngörülen deprem tehlikesi altında oluşabilecek can ve mal kayıplarının tahmin edilmesi, Hasar görebilirlik analizi)

Sismik tehlike analizi ile, yapının bulunduğu alana yakın fay mekanizmaları ve uzaklıkları, magnitüd-frekans ilişkileri, azalım ilişkileri, geri dönüş periyotları, geoteknik saha özellikleri, gibi özellikler incelenerek olasılıksal olarak belirlenmektedir. Bu çalışmaların sonucunda, 50 yıllık bir süreçte aşılma olasılıkları % 50, %20, %10 ve %2 ve dönüş periyodu 72, 225, 474 ve 2475 yıl olan depremlere ait tasarım spektrumları belirlenmektedir.

Performans düzeyleri, şartnamelerde (FEMA 356, TDY- Böl.7) birbirine benzer bir şekilde tanımlanmıştır. Hemen Kullanım (Hasarsızlık- Fully Operational, HK, IO) durumunda, uygulanan deprem etkisi altında yapısal elemanlarda hasar oluşmamıştır ve dayanım özelliklerini korumaktadırlar. Az sayıda elemanda akma sınırı aşılmış olabilir (Şekil 2.1.).



Şekil 2.1. TDY 2007 'de hasar sınırları [19]

Performans düzeyinin seçilmesi ile ilgili olarak, şartnameler minimum hedefleri belirlemişlerdir. Ancak, yapının önemi, ekonomik ömrü, deprem tehlike düzeyi ve kullanım amacı göz önünde bulundurularak minimum hedeften daha yüksek performansların seçilmesi her zaman söz konusudur.

Şekil 2.1.'de belirgin hasar bölgesi olarak tanımlanan kısım, Can Güvenliği (Orta Hasar - Life Safety, CG, LS) durumunu gösterir, uygulanan deprem etkisi altında yapısal elemanların bir kısmında hasar görülür, ancak bu elemanlar yatay rijitliklerinin ve dayanımlarının önemli bölümünü korumaktadırlar. Düşey elemanlar düşey yükleri taşımada yeterlidir. Yapısal olmayan elemanlar hasarlı olmakla birlikte dolgu duvarlar yıkılmamıştır. Yapıda az miktarda kalıcı ötelenmeler oluşabilir, ancak gözle fark edilebilir değerlerde değildir.

Göçmenin Önlenmesi (Ağır Hasar, Collapse Prevention, GÖ, CP) durumunda, uygulanan deprem etkisi altında yapısal elemanların önemli kısmında hasar görülür (Şekil 2.1.). Bu elemanların bazıları yatay rijitliklerinin ve dayanımlarının önemli bölümünü yitirmişlerdir. Düşey elemanlar düşey yükleri taşımada yeterlidir, ancak bazıları aksenal kapasitelerine ulaşmıştır. Yapısal olmayan elemanlar hasarlıdır, dolgu duvarların bir bölümü yıkılmıştır. Yapıda kalıcı ötelenmeler oluşmuştur.

İncelenen veya tasarlanan yapı sisteminde iç kuvvetler ve deformasyonların elastik ötesi (nonlinear) analiz yöntemleri kullanılarak belirlenmesi gerekmektedir. Bu sonuçlar girdi kabul edilerek, belirli bir bölgeye ait yapı stokunun hasar görebilirlik analizi ve bunu sonucu olarak da olasılıksal olarak kayıp tahminini yapmak mümkün olabilmektedir.

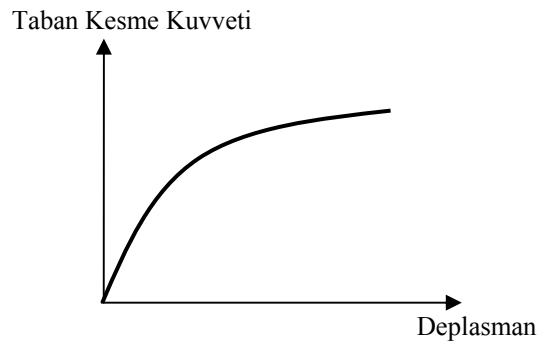


Depremlerde meydana gelen yapısal hasarın, yönetmeliklerin tanımladığı eşdeğer deprem yükleri altında yapısal elemanların mevcut dayanım kapasitelerinin aşılması ile doğrudan ilgili olmadığı, hasarın temel nedeninin sünek davranması öngörülen yapı elemanlarının şekil değiştirme kapasitelerinin aşılması olduğu uzun bir süredir bilinmektedir. Buna karşın yürürlükteki deprem yönetmelikleri ve bunlara göre gelişen mühendislik pratiği, yapıdaki nonlineer davranışı temsil ettiği varsayılan azaltılmış sanal deprem yükleri altında, yapısal elemanların dayanımlarının yeterliliği esasına dayalı olan dayanıma göre tasarım ilkesine bağlılığını sürdürmektedir. Ancak deprem mühendisliğinde özellikle son on yılda meydana gelen gelişmeler çerçevesinde giderek daha yaygın olarak benimsenen yaklaşım, mevcut yapıların deprem performanslarının belirlenmesinde ve yeni yapıların deprem tasarımında Yer değiştirmeye Göre Tasarım, daha doğru bir deyimle Şekil değiştirmeye Göre Tasarım ilkesinin esas alınmasını öngörmektedir [6].

Performansa Dayalı Deprem Mühendisliği'nde amaç, olası bir depremde performansları belirlenebilen yapıların inşa edilmesini sağlamaktır. Performansa dayalı tasarım ve değerlendirme yönteminde, tasarım yer hareketi altında taşıyıcı sistem elemanlarında oluşabilecek hasar seviyelerinin sayısal olarak belirlenebilmesi mümkündür. Bu hasarın ilgili elemanlar için kabul edilebilir hasar limitlerinin altında kalıp kalmadığı kontrol edilir. Kabul edilebilir hasar limitleri, çeşitli deprem düzeylerinde yapı için öngörülen performans hedefleri ile uyumlu olacak şekilde tanımlanır [20].

## 2.2. Statik İtme Eğrisi

Performansa dayalı tasarım ve değerlendirmenin iki temel parametresi deprem istemi (demand) ve kapasite (capacity) dir. Deprem İstemi (talep) yapıya etkiyen deprem yer hareketini, kapasite ise yapının bu deprem etkisi altındaki davranışını temsil etmektedir.



Şekil 2.2. Statik itme eğrisi (pushover curve)

Yapısal kapasite, pushover curve (statik itme veya kapasite eğrisi) ile temsil edilir. Bu eğri, genellikle Şekil 2.2.'deki gibi, taban kesme kuvveti ile yapının tepe noktasının yatay yer değiştirmesi arasındaki bağıntı çizilerek elde edilmektedir. Kapasite eğrisinin elde edilmesi için, yapı sistemi sabit düşey yükler ve orantılı olarak artan yatay kuvvetler altında, taşıma kapasitesinin sona erdiği limit duruma kadar hesaplanır.

Nonlinear Statik Yöntem'in esas amacı, verilen bir deprem etkisi altında sistemde oluşan maksimum yer değiştirmelere ve özellikle maksimum plastik şekil değiştirmelere ilişkin deprem istemi'nin (Seismic Demand) belirlenmesi, daha sonra bu istem değerlerinin, seçilen performans düzeyleri için tanımlanan şekil değiştirme kapasiteleri ile karşılaştırılması ve böylece yapısal performansın değerlendirilmesi'dir. Bu nedenle, tek başına, pushover (statik itme) eğrisinin analiz edilen taşıyıcı sistemin nonlinear dayanım ve yerdeğiştirme kapasitelerini global olarak göstermenin ötesinde, doğrudan bir anlamı bulunmamaktadır [6].

Pushover eğrisinin anlam kazanabilmesi için, eğrinin koordinatları, sistemin birinci doğal titreşim modu ile temsil edilen tek serbestlik dereceli (TSD) eşdeğer sistemin yer değiştirmesine karşı gelen modal yerdeğiştirme ve aynı sistemin normalize edilmiş dayanımına karşı gelen modal sözde-ivme (pseudo acceleration) koordinatlarına dönüştürülmesi gerekmektedir. Böylece, tanımlanan sismik tehlike etkisi altında eşdeğer TSD sistemdeki en büyük yer değiştirmeyi ifade eden nonlineer spektral yer değiştirmeden yararlanılarak, deprem istemlerinin elde edilmesi sağlanmaktadır.

Depremle açığa çıkan enerjinin bir şekilde tüketilmesi gerekmektedir. Deprem binadan istemi başlangıçta dayanımdır. Fakat bu dayanımı sunamayacağımızdan dolayı, deprem bizden enerjisini tüketmesi için, yeterli dayanım yerine, yeterli şekil değiştirme kapasitesi talep etmektedir. İşte, nonlineer statik yöntemlerde amaç, bu elastik ötesi (plastik) yerdeğiştirme miktarını hesaplamaktır. Deprem ne kadar yerdeğiştirme istiyor? Yapı bu talebi ne kadar karşılayabilir? Bütün bu nedenlerden dolayı, pushover (statik itme) eğrisinin tek başına bir anlam ifade etmemektedir. Pushover eğrisini anlamlı hale gelmesi, modal kapasite diyagramına dönüştürülerek talep spektrumu ile birlikte, yapının elastik ötesi yer değiştirme kapasitesi hesaplanmasında kullanılması ile mümkündür.

### 2.3.Artımsal Dinamik Analiz

Artımsal dinamik analizde yapılan işlemleri yazmak gerekirse; [21];

1. Araştırmaya değer, uygun bir model oluşturulur.
2. Bir grup uygun yer hareketi seçilir.
3. Her kayıt için, artımsal ölçek çoklu aşamalardan geçirilir ve doğrusal olmayan dinamik analiz yöntemi uygulanır. Arttırma ilk sayısal ıraksama ile karşılaşılnca durdurulur.
4. IDA değerleri yapısal davranışı daha iyi anlamak için kullanılır.

Zaman tanım alanında doğrusal elastik olmayan analize dayalı olarak geliştirilen Artımsal Dinamik Analiz (IDA)'da, yer hareketleri ölçeklendirilerek yapılara uygulanmaktadır.

Zaman tanım alanında Artımsal Dinamik Analiz'in uygulamasında, her bir yer hareketi için, ilgili binanın hâkim mod'una karşı gelen ivme değeri 0.3g değerinden 1.80g değerine kadar 0.3g'lik adımlar halinde arttırılmıştır. Toplamda 3 bina için 7 yer hareketi ve her biri için 6 spektral ivme düzeyi olmak üzere 126 adet zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz Seismostruct programı [22] kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

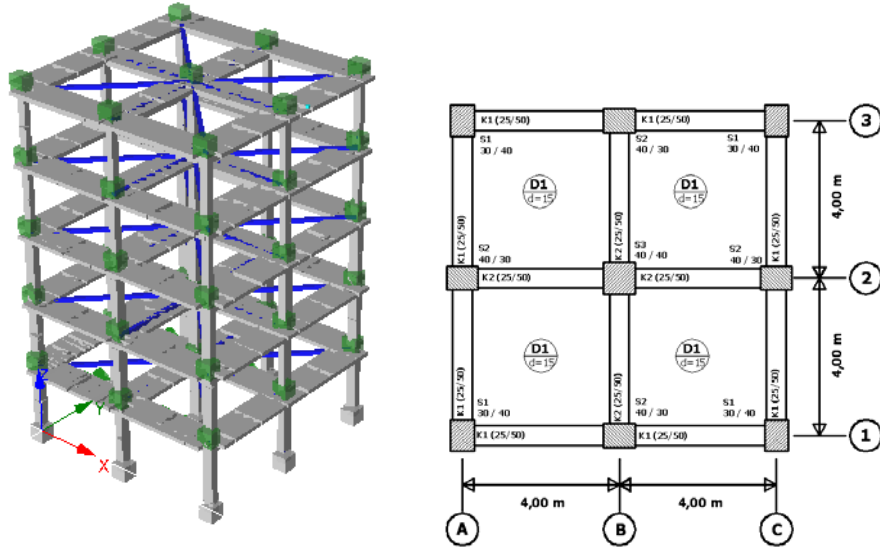
Zaman tanım alanında doğrusal elastik olmayan dinamik analizler için kullanılan depremlere ait ivme kayıtlarının özellikleri Bölüm 3.4.2.'te verilmektedir. Bu kayıtlar, özel olarak, doğrultu atımlı fay mekanizmalarına sahip manyetüdü 6.0 veya daha yüksek depremlerden seçilmiştir. Böylece incelenen yapıların, farklı frekans içeriği, pik ivme ve sürelerdeki yer hareketlerine maruz kalmaları sağlanmıştır.

## BÖLÜM 3. SAYISAL UYGULAMALAR

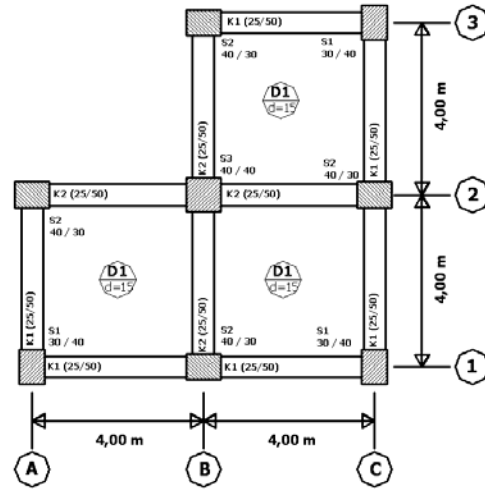
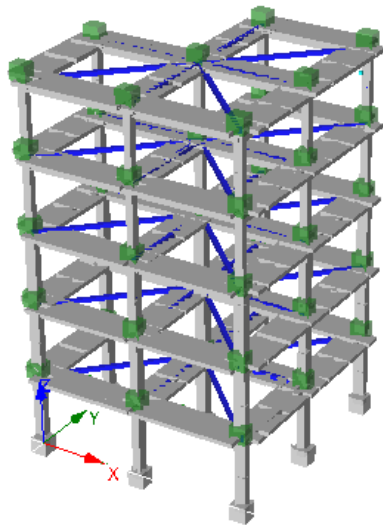
### 3.1. Sayısal Uygulama Yapılan Modeller Hakkında Genel Bilgi

Uyşumlu (adaptive) statik itme analizlerinde, yanal yükler çözüm süresince, özdeğer analizi ile elde edilen mod şekilleri ve modal katkı çarpanına bağılı olarak her adımda yenilenir. Bu nedenle seçilen yük dağılımından bağımsızdır. Klasik statik itme analizlerinde ise yük dağılımı sabittir (üçgen, üniform veya birinci mod şekli) ve kuvvetlerin yeniden dağılımını ihmal eder. Bu parametrik çalışma ile, uyşumlu statik itme analizi ve klasik itme analizi prosedürleri ile elde edilen sonuçlar, Artımsal Dinamik Analiz (Incremental Dynamic Analysis-IDA) sonuçları ile karşılaştırılmıştır.

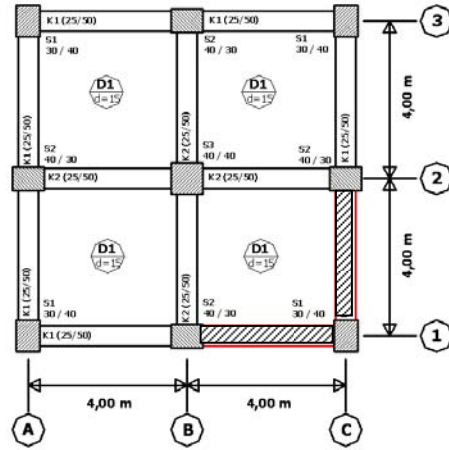
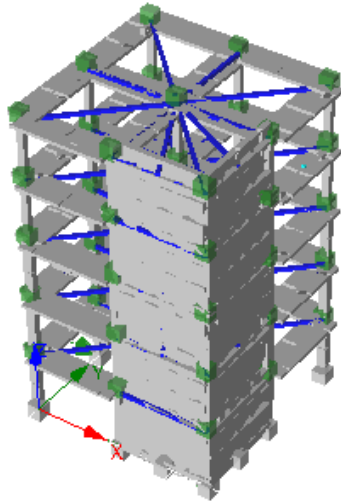
Analizler ve sonuçların karşılaştırılması üç farklı yapı tipi için uygulanmıştır.



Şekil 3.1.1. Düzenli yapının perspektif görünüşü ve kat planı (model 1)



(a)

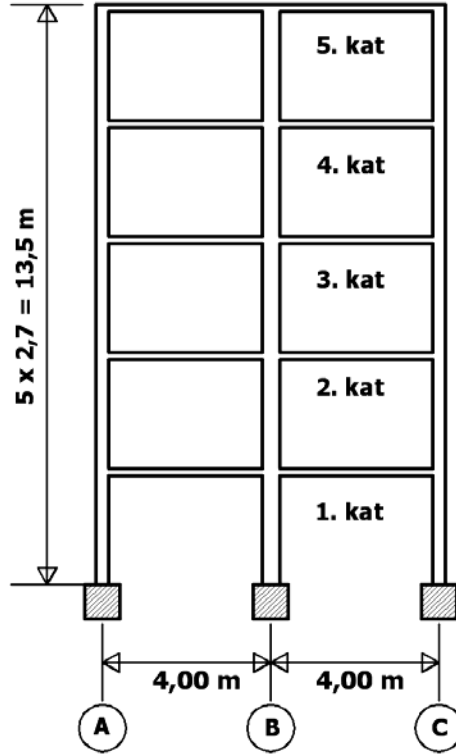


(b)

Şekil 3.1.2. Düzensiz yapıların perspektif görünüşleri ve kat pları, (a)planda düzensiz yapı (model 2), (b)perdeli yapı (model 3)

Yapıların geometrileri birbirinin aynıdır. Fakat model 1’de yapının kat planının da bir kolon ve 2 kirişinin kaldırılması ve bunun tüm katlara uygulanması ile planda düzensiz bir yapı oluşturulmuştur (Şekil 3.1.2 a). Yapı da düzensizlik oluşmasına rağmen deprem yönetmeliğine uygun olarak tasarlanmıştır.

Model 3’te ise önce bir adet perde duvar eklenmiş fakat yapının x ve y doğrultularında simetrik olması ve aynı sonuçların alınması için çapraz simetrik kısmına bir perde daha eklenmiştir (Şekil 3.1.2 b).



Şekil 3.1.3. Yapıların ortak kesitleri

Yapıların zemine bağlandığı mesnet noktaları ankastre kabul edilmiştir. Tasarı sırasında buralarda bağ kiriş olduğu varsayılmıştır (Şekil 3.1.3.).

Yapıların betonarme hesabı İDECAD paket programı yardımıyla yapılmıştır. Döşeme ağırlığı kirişlerde bir taraftan 9.6 kN/m, iki taraftan döşeme yükü alan kirişlerde 19.2 kN/m olarak hesaplanmıştır. Duvar ağırlığı 5 kN/m olarak kabul edilmiştir. Tüm bu hesapların sonucunda, üç yapının tasarımlarında da kütleler kolon kiriş birleşim noktalarına yoğunlaşmış kütle olarak uygulanmıştır.

İDECAD programında deprem yükünün belirlenmesinde Mod Birleştirme Yöntemi kullanılmıştır. Yapıların donatı oranları en az %2 civarında tutulup hesaplama bu ön şartla yapılmıştır. Bu sayede, en az donatı oranı bulunan kolon sistemde bulunmamaktadır. Yapının program verilerinde ilk çıkan donatı durumunun kullanılması halinde, bir kısım kolon deprem yönetmeliğinde bulunan %1 şartını aşır %1 – 1.5 arası porsantaj sağlarken, kolonlardan bazıları %1 donatı oranını sağlayamayıp, %0.6 – 0.7 gibi oranlarda kalıp, yönetmelik gereği en az donatı oranı olan %1 şartını sağlamak zorunda kalmaktadır. Bu durumu ortadan kaldırmak için en

az donatı oranını yükseltip, tüm kolonların en az donatı oranı şartını sağlayamaması ve bu sayede donatı seviyelerinin yükseltilip aynı olması sağlanmıştır. Sonuç olarak %2 değeri, uygun görülmüştür, fakat ortalama en fazla donatı oranı değerinin %1.75 olduğu düşünülürse, bu çalışmada %1.76 ile %4 arası bir değer seçilebilirdi.

Tablo 3.1.'de verilen sayısal değerler ile beraber betonarme hesap yapılmıştır.

Tablo 3.1. Sayısal uygulamalarda kullanılan yapıların ortak özellikleri

Kat adedi	5
Bodrum kat yüksekliği	2.7 m
Normal kat yüksekliği	2.7 m
Bina toplam yüksekliği	13.5 m
Bina kullanım amacı	Konut
Deprem bölgesi	1
Etkin yer ivmesi katsayısı, $[A_0]$	0.4
Bina önem katsayısı, $[I]$	1
Yerel zemin sınıfı	Z2
Spektrum karakteristik periyotları	$T_A=0.15$ s, $T_B=0.4$ s

### 3.2.Malzeme Bilgileri

Betonarme elemanlarda kullanılan malzemelerin özellikleri tablo 3.3.'te gösterilmiştir.

Tablo 3.2. Betonarme Malzeme bilgileri

Beton sınıfı	C25 ( $f_{cm}= 30$ MPa)
Donatı çeliği	S420 ( $f_{ym}= 420$ MPa)
Betonarme elastisite modülü, $[E_c]$	30000 MPa
Donatı çeliği elastisite modülü, $[E_s]$	200000 MPa
Beton birim ağırlığı	24 kN/m <sup>3</sup>
Donatı çeliği birim ağırlığı	78 kN/m <sup>3</sup>

### 3.3.Kullanılan Bilgisayar Programları Hakkında Genel Bilgi

SeismoStruct yazılımı statik ve dinamik yükler altında yapı sistemlerinin geometrik ve malzeme açısından doğrusal elastik olmayan davranışını dikkate almaktadır. SeismoStruct ile statik ve dinamik çözümler, özdeğer problemleri, nonlinear



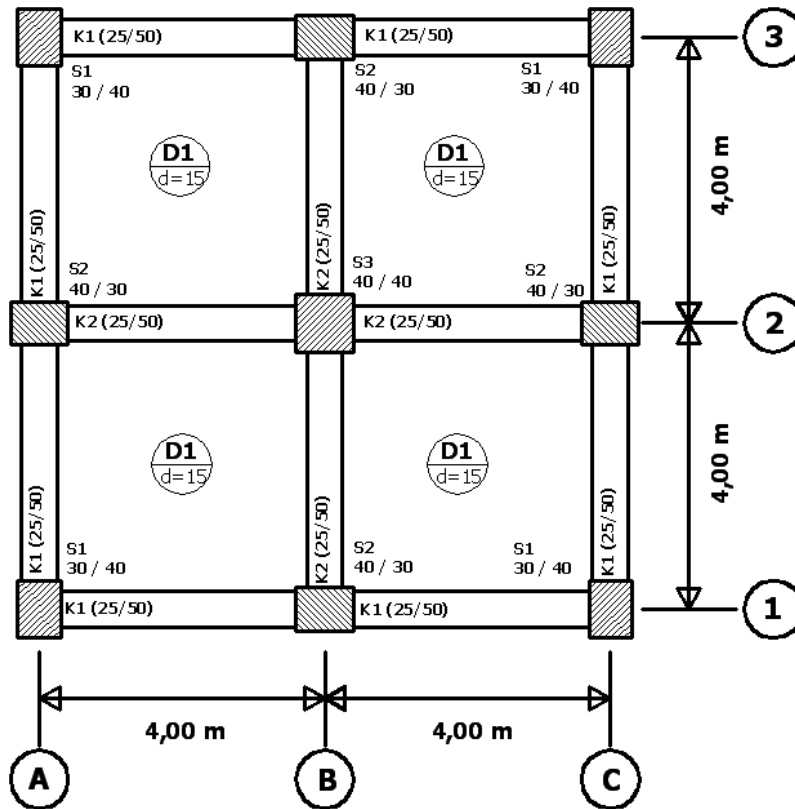
statik itme analizleri (klasik ve uyumlu), zaman tanım alanında nonlinear statik ve dinamik analizler ve Artımsal Dinamik Analiz (IDA) yapılabilmektedir. SeismoStruct'ta yapı elemanları, fiber eleman yaklaşımına dayanan kiriş-kolon modelleri kullanılarak ayrıklaştırılmaktadır.

### 3.4.Düzenli Yapı

Yapı her iki doğrultuda da simetriktir. Rijitlik açısından simetriğin sağlanması için kat planında bulunan 9 kolonun bir adedi kare, diğer 8 adedi dikdörtgen şekilde tasarlandı ve dikdörtgen kolonlar 4'er 4'er rijitliklerinin güçlü olduğu yönde simetrik şekilde yerleştirildi.

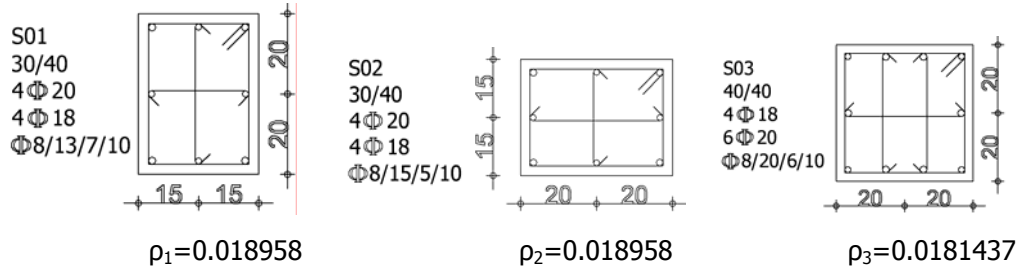
#### 3.4.1.Bina bilgileri

Yapının kat planı aşağıda gösterilmiştir. 1,2 ve 3 katta aynı kalıp planı kullanılırken (Şekil 3.4.1.), 4 ve 5. katlarda kalıp planı değişmektedir(Şekil 3.4.3.).

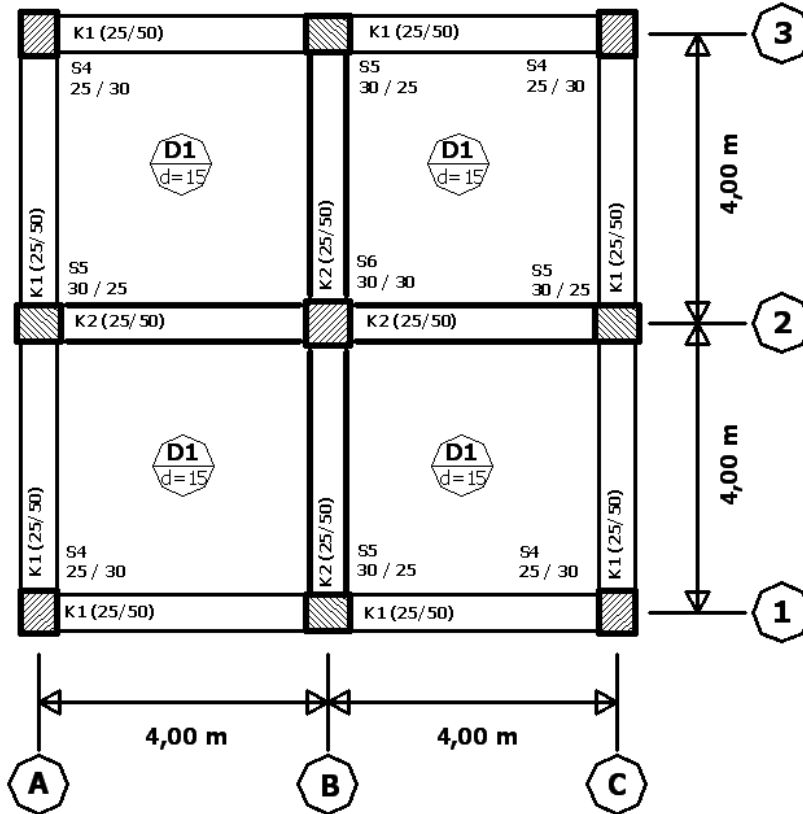


Şekil 3.4.1. Düzenli yapı da 1,2 ve 3. katlara ait kalıp planı

Şekil 3.4.1.'de gösterilen kat planına ait kolon ve kiriş açılımları Şekil 3.4.2. ve Şekil 3.4.5.'de gösterilmektedir.

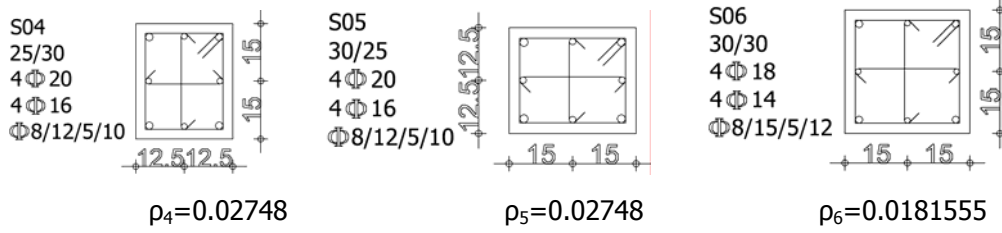


Şekil 3.4.2. Düzenli yapıda 1,2 ve 3. katlara ait kolon açılımları

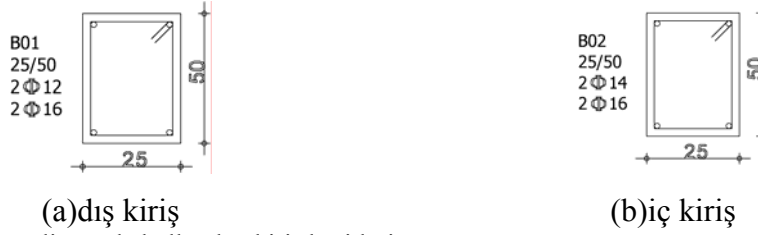


Şekil 3.4.3. Düzenli yapı da 4 ve 5. katlara ait kalıp planları

Şekil 3.4.3'de görülen kat planına ait kolon açılımları Şekil 3.4.4.'de görülmektedir.



Şekil 3.4.4. Düzenli yapıda 4. ve 5. katların kalıp planına ait kolon açılımları



Şekil 3.4.5. Düzenli yapıda kullanılan kiriş kesitleri

### 3.4.2. Kullanılan deprem kayıtları ve özellikleri

Zaman tanım alanında doğrusal elastik olmayan dinamik analizler için kullanılan depremlere ait ivme kayıtlarının özellikleri Tablo 3.3’de verilmektedir. Bu kayıtlar, özel olarak, doğrultu atımlı fay mekanizmalarına sahip manyetüdü 6.0 veya daha yüksek depremlerden seçilmiştir. Böylece incelenen yapıların, farklı frekans içeriği, pik ivme ve sürelerdeki yer hareketlerine maruz kalmaları sağlanmıştır.

Zaman tanım alanında doğrusal elastik olmayan analize dayalı olarak geliştirilen Artımsal Dinamik Analiz (IDA)’da, yer hareketleri ölçeklendirilerek yapılara uygulanmaktadır. Bu nedenle, bu çalışmada, kullanılan 7 kayıt 6 kez ölçeklendirildiğinden, 3 farklı yapı için toplam 126 adet zaman tanım alanında doğrusal elastik olmayan analiz gerçekleştirilmiştir.

Tablo 3.3. IDA’de kullanılan deprem Kayıtları

No	Hadise	İstasyon	R	S	M	C	PGA
1	Chalfant Valley 1986	54428 Zack Brothers Ranch	18.7	D, -	6.2	270	0.447
2	Imperial Valley 1979	6617 Cucapah	23.6	D, C	6.5	085	0.309
3	Kobe 1995	0 Kakogawa	26.4	E, D	6.9	090	0.345
4	Duzce, Turkey 1999	Bolu	17.6	D, C	7.2	000	0.727
5	Kocaeli, Turkey 1999	Arçelik	17	B, B	7.4	000	0.218
6	Imperial Valley 1940	117 El Centro Array #9	8.3	D, C	7.0	180	0.313
7	Lander 1992	22170 Joshua Tree	11.6	C, B	7.3	000	0.275

Tablo 3.3.'te kullanılan kısaltmalar aşağıdaki listede verilmiştir.

R: Deprem Kaynağının istasyona olan mesafesi (km)

S: Zemin koşulları (Geomatrix)

B; (shallow soil) yüzeysel (sığ) zemin

C; (deep narrow soil) derin sıkı zemin

D; (deep broad soil) derin gevşek zemin

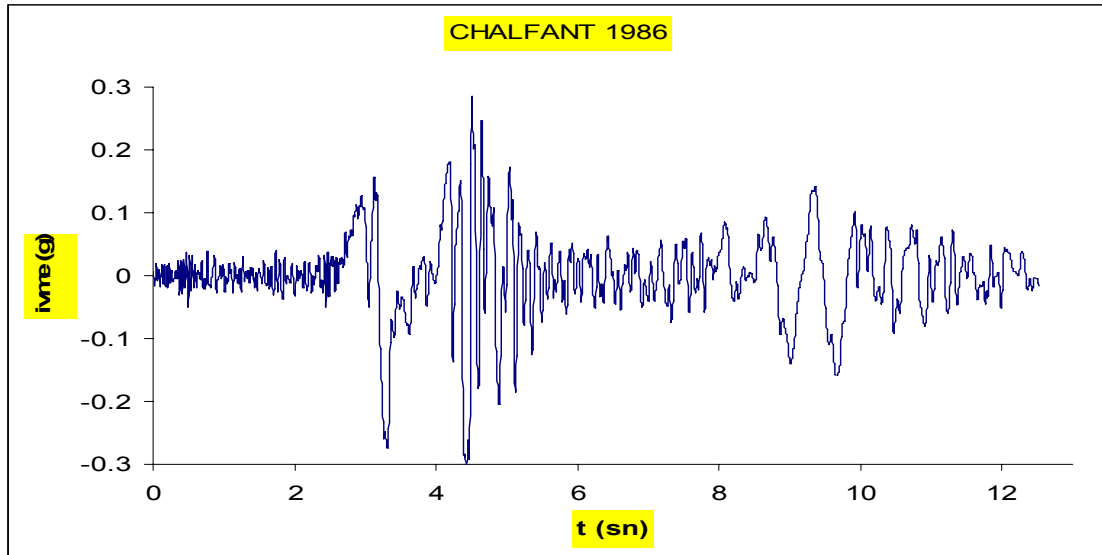
E; (soft deep soil) yumuşak derin zemin

M: Moment Magnetüdü

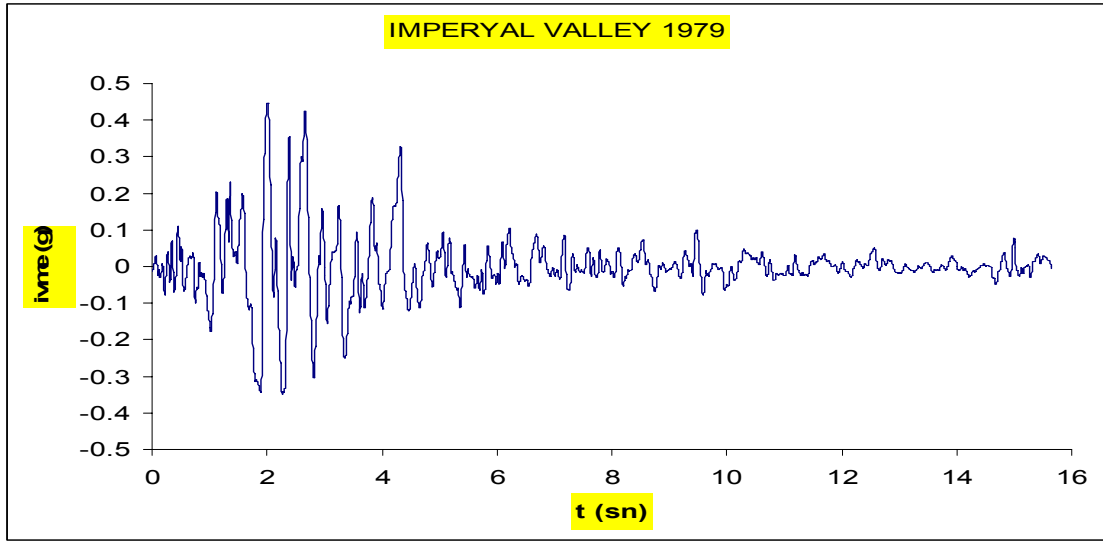
C: Kayıtçının yatayla yaptığı açı

PGA: Deprem en yüksek ivme değeri (g)

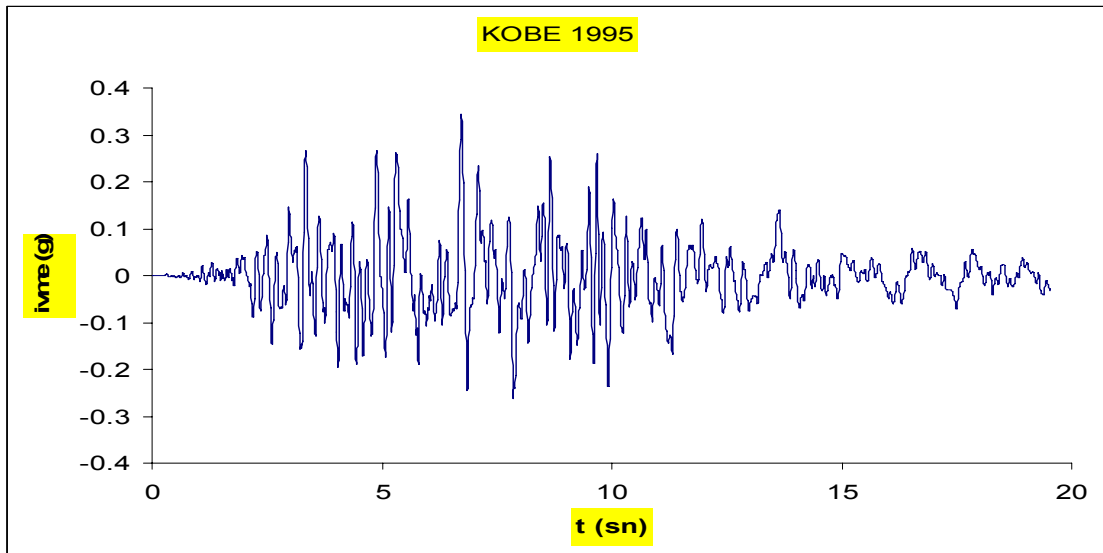
Çalışmada kullanılan ivme kayıtları, Chalfant 1986 Şekil 3.4.6.'de, Imperyal valley 1979 Şekil 3.4.7.'de, Kobe 1995 Şekil 3.4.8.'de, Düzce 1999 Şekil 3.4.9.'de, Kocaeli 1999 Şekil 3.4.10.'de, Imperyal valley 1940 Şekil 3.4.11.'da, Lander 1992 Şekil 3.4.12.'de gösterilmiştir.



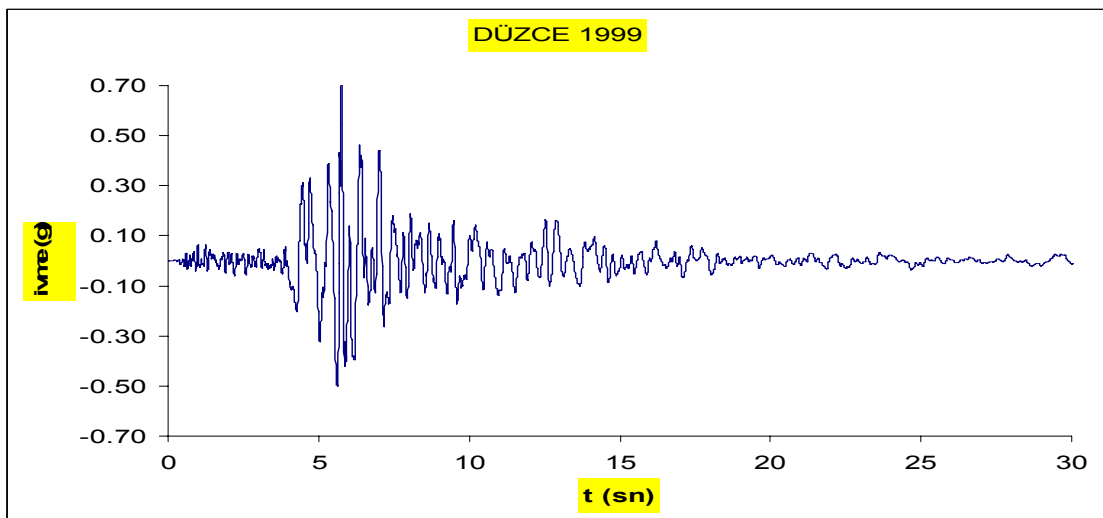
Şekil 3.4.6. Chalfant 1986 deprem kaydı



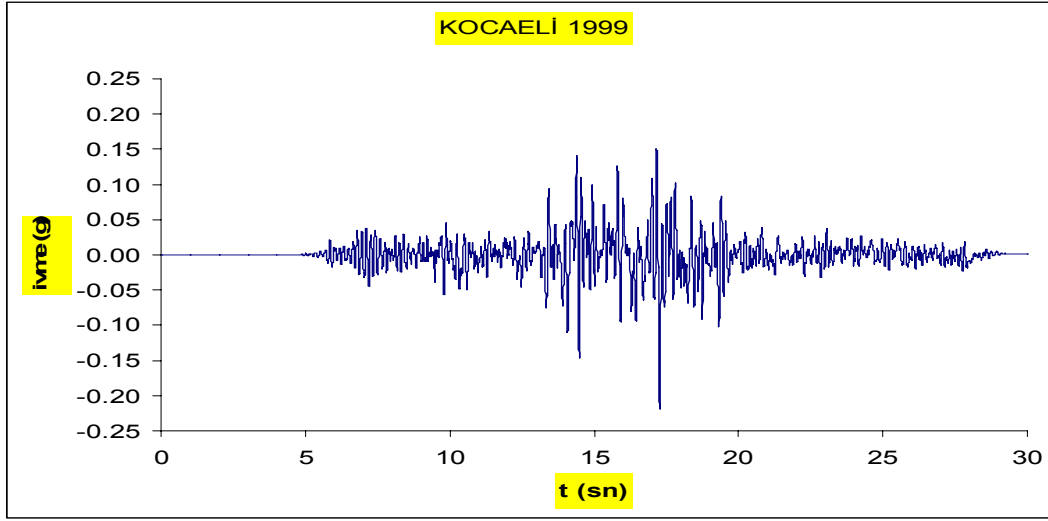
Şekil 3.4.7. Imperyal valley 1979 deprem kaydı



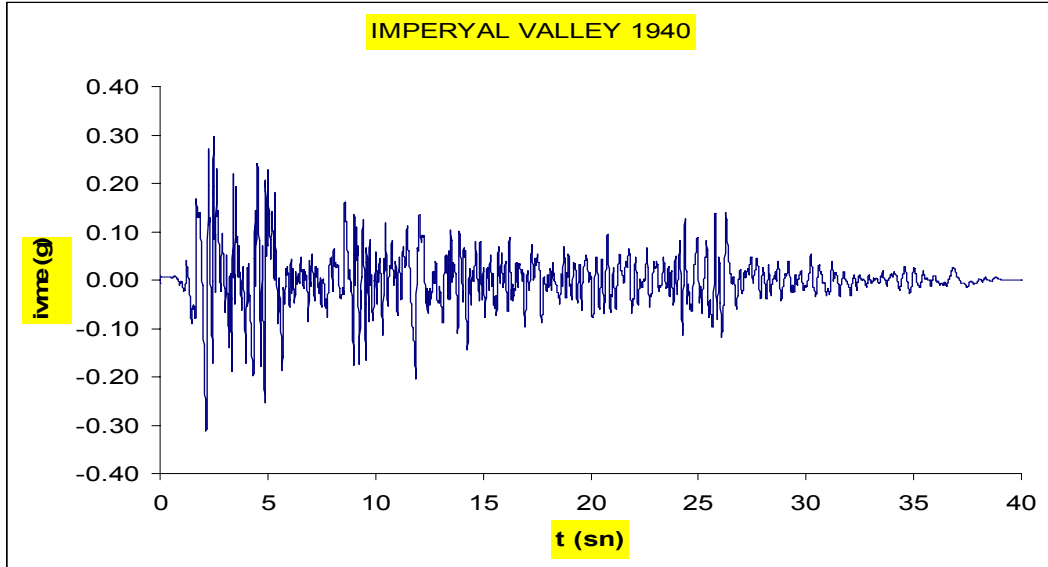
Şekil 3.4.8. Kobe 1995 deprem kaydı



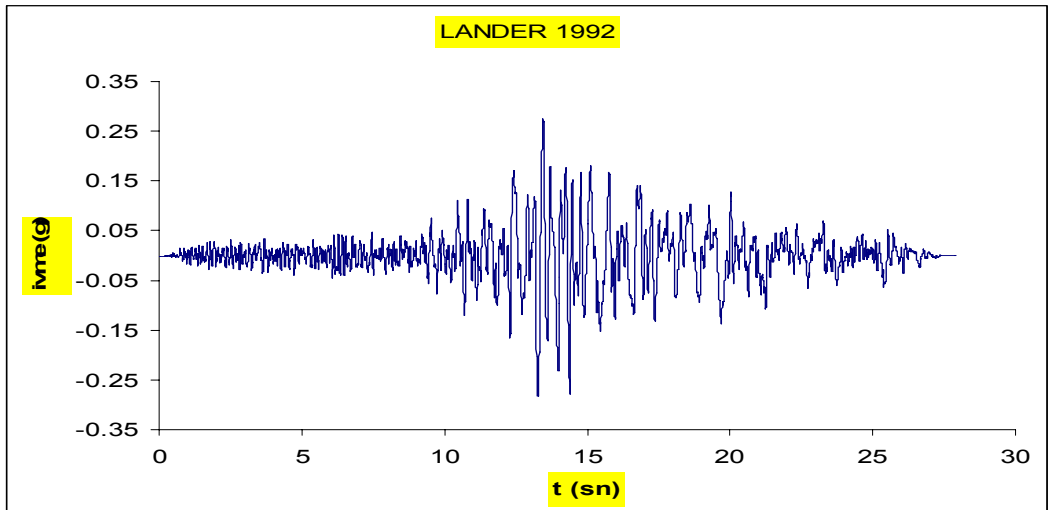
Şekil 3.4.9. Düzce 1999 deprem kaydı



Şekil 3.4.10. Kocaeli 1999 deprem kaydı



Şekil 3.4.11. Imperial valley 1940 deprem kaydı



Şekil 3.4.12 Lander 1992 deprem kaydı

### 3.4.3. Yükleme bilgileri

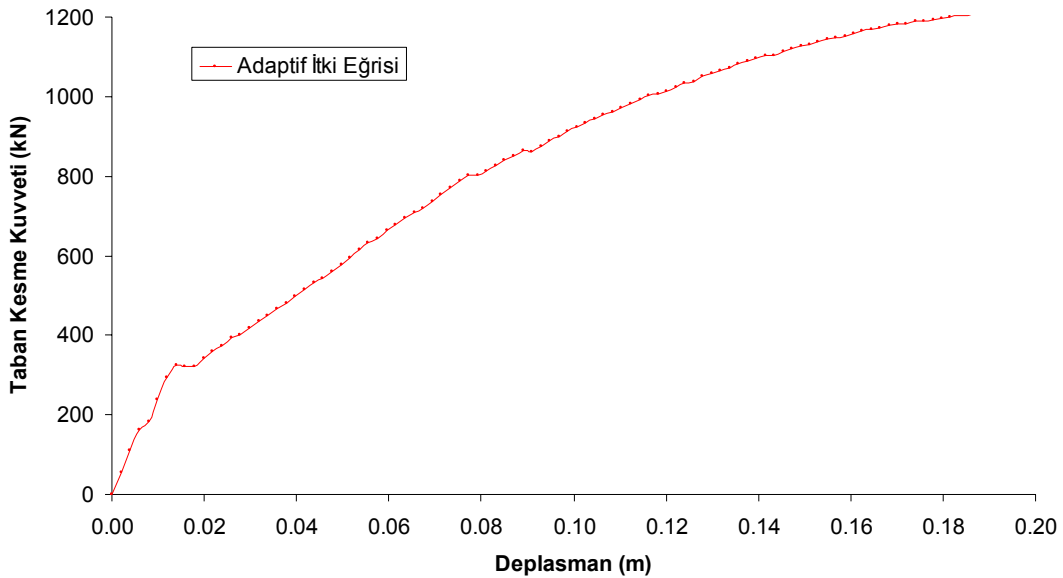
Duvar ağırlıkları, döşeme ağırlıkları ve betonarme karkas sistemi ele alındığında, 3 yük kaynağının toplanmasıyla, tüm dış kirişlerde 17.6 kN/m ve tüm iç kirişlerde 27.2 kN/m değerinde yayılı yük hesaplanmıştır. Buradan çıkan sonuçlar da, kat kütleleri 20.56 (kN.s<sup>2</sup>)/m olarak bulundu, bunların kat planındaki 9 düğüm noktasına dağıtılmasıyla, 2,285 ton değerinde kütlelerle artımsal dinamik analize geçilmiştir.

Bu hesaplamalar sonucunda yapıya ait ilk beş serbest titreşim periyodu Tablo 3.4.'de gösterilmiştir.

Tablo 3.4. Düzenli yapıda serbest titreşim periyotları (sn)

N	Düzenli yapı
1	0.302
2	0.293
3	0.296
4	0.113
5	0.112

### 3.4.4. Düzenli yapıda statik ve adaptif (uyuşumlu) itme eğrileri

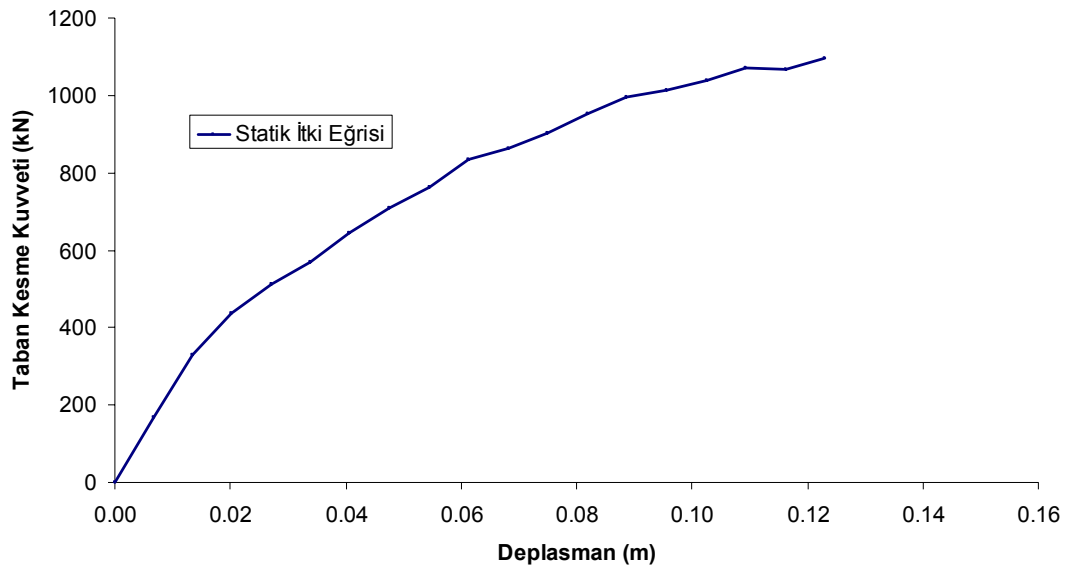


Şekil 3.4.13. Düzenli yapı için adaptif (uyuşumlu) itme eğrisi sonuçları

Adaptif (uyuşumlu) itki eğrisinde (Şekil 3.4.13.) yapının dinamik karakterine göre, her hesap adımında farklı bir yükleme formu uygulanmaktadır. Yapıya etki eden

kuvvetlerin ilk andan itibaren oluşturduğu mafsallar ile yapının rijitlik kaybı göz önüne alınır ve yeniden yükleme formu hesaplanır.

Düzenli yapı yaklaşık 200 mm deplasmanda 1200 kN taban kesme kuvvetine karşı koyabilmektedir.

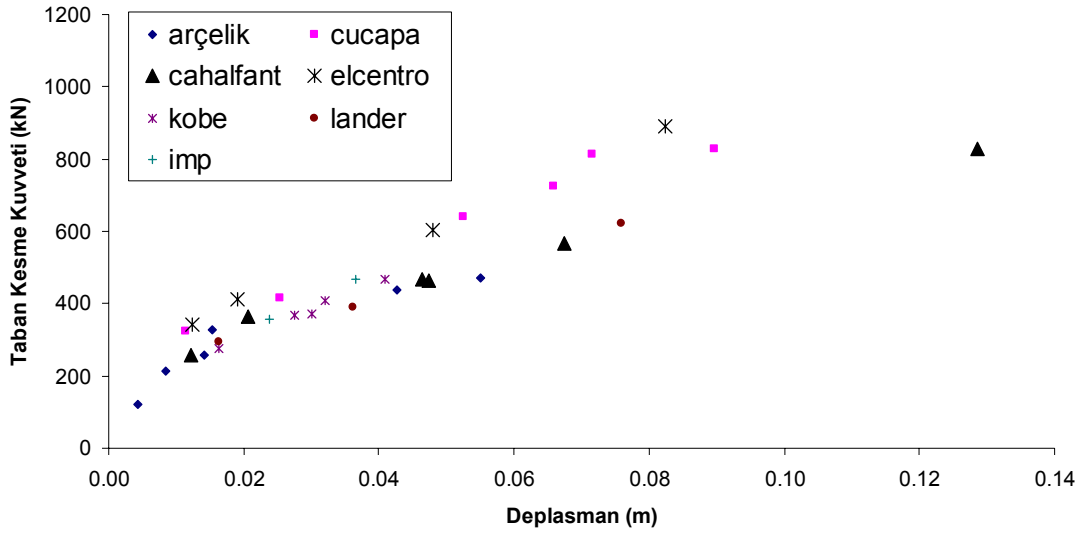


Şekil 3.4.14. Düzenli yapı için statik itme eğrileri sonuçları

Klasik itme eğrisinde (Şekil 3.4.14.), uyumlu itme eğrisinin aksine yönetmeliklerde belirlenen şekli ile üçgen yayılı şekilde bir deprem yükü, yükleme formu seçilip, analiz yapılmıştır.



### 3.4.5. Düzenli yapıda artımsal dinamik analiz sonuçları



Şekil 3.4.15. Düzenli yapıda artımsal dinamik analiz sonuçları

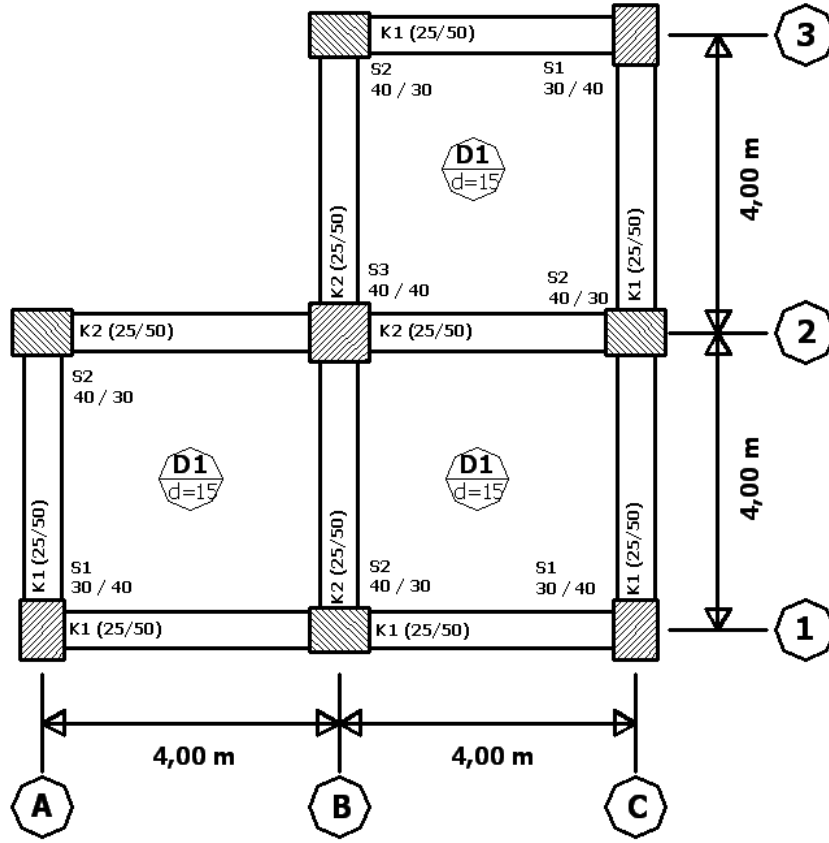
Şekil 3.4.15’de düzenli yapıya uygulanan artımsal dinamik analiz sonucunda oluşan performans noktaları gösterilmiştir.

### 3.5.Planda Düzensiz Yapı

Yapı her iki doğrultuda da simetrik değildir. X ve Y eksenlerine 45 derece açı yapan eksen boyunca simetriktir. Toplam 8 adet kolonu dikdörtgen şekilde tasarlanmıştır. Ve dikdörtgen kolonlar 4’er 4’er rijitliklerinin güçlü olduğu yönde simetrik şekilde yerleştirildi.

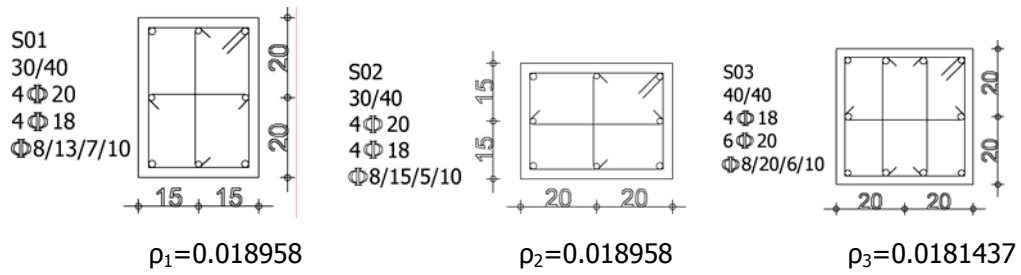
#### 3.5.1.Bina bilgileri

Yapının kat planı aşağıda gösterilmiştir. 1,2 ve 3 katta aynı kalıp planı kullanılırken (Şekil 3.5.1.), 4 ve 5. katlarda kalıp planı değişmektedir (Şekil 3.5.3.).

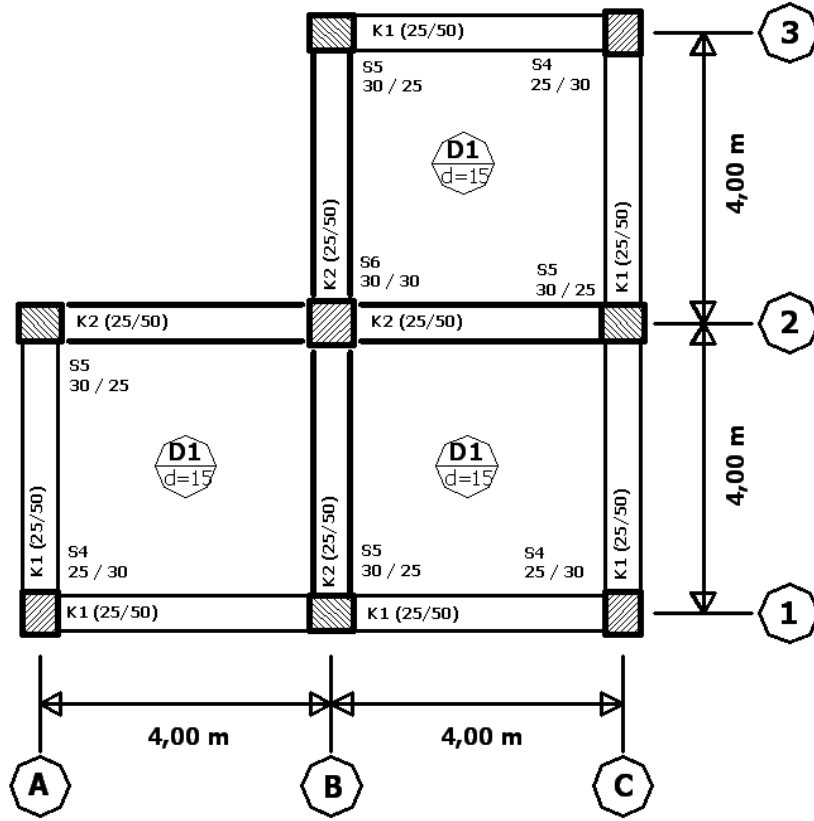


Şekil 3.5.1. Planda düzensiz yapı da 1,2 ve 3. katlara ait kalıp planı

Şekil 3.5.1.'de görülen kat planına ait kolon ve kiriş açılımları Şekil 3.5.2. ve Şekil 3.5.5'te gösterilmektedir.

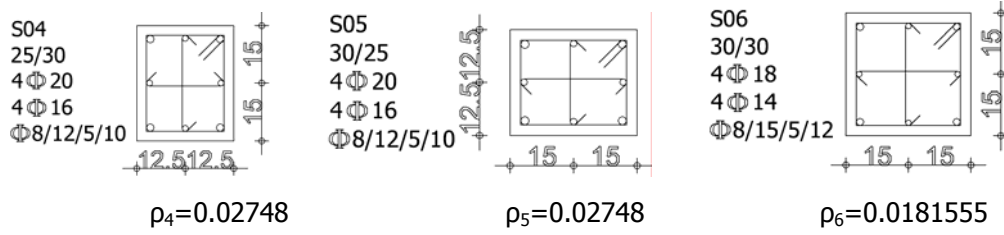


Şekil 3.5.2. Planda Düzensiz yapıda 1. 2. ve 3. katlara ait kolon açılımları

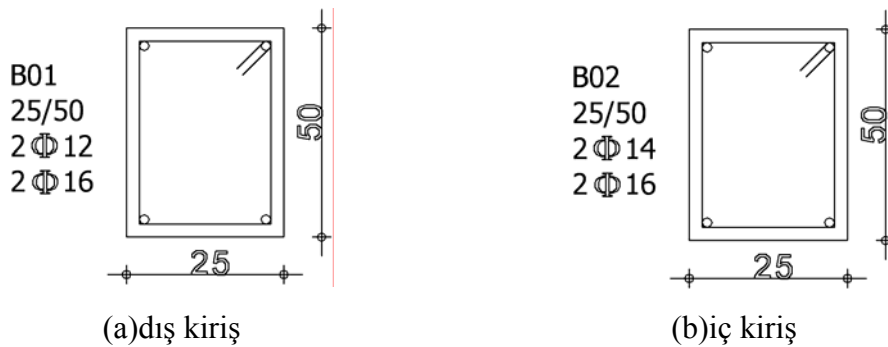


Şekil 3.5.3. Planda düzensiz yapı da 4 ve 5. katlara ait kalıp planları

Şekil 3.5.3.'te gösterilen kat planına ait kolon açılımları Şekil 3.5.4.'te gösterilmektedir.



Şekil 3.5.4. Planda düzensiz yapıda 4. ve 5. katlara ait kolon açılımları



Şekil 3.5.5. Planda düzensiz yapıda kullanılan kiriş kesitleri

### 3.5.2. Yükleme bilgileri

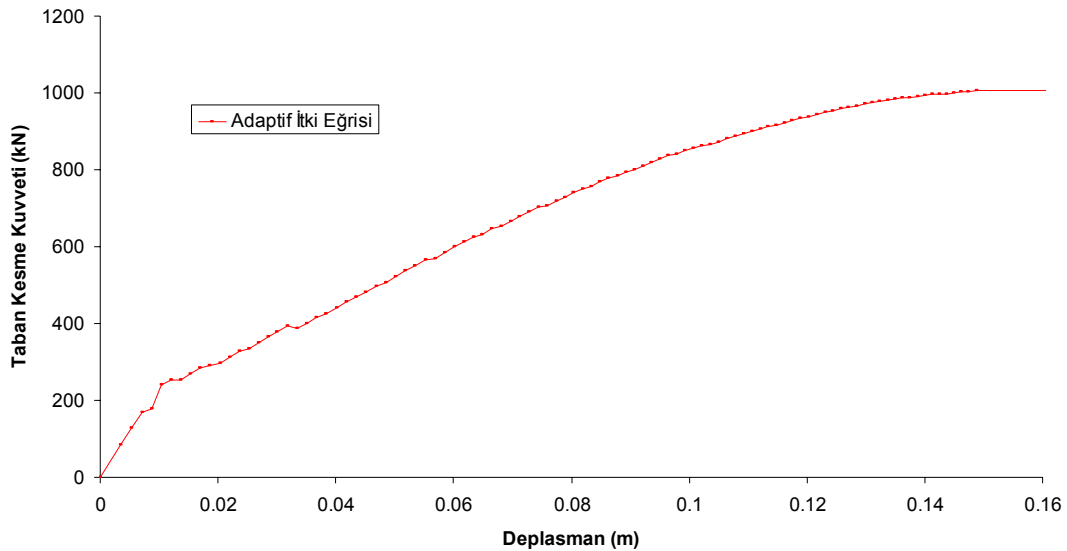
Duvar ağırlıkları, döşeme ağırlıkları ve betonarme karkas sistemi ele alındığında, 3 yük kaynağının toplanmasıyla, tüm dış kirişlerde 17.6 kN/m ve tüm iç kirişlerde 27.2 kN/m değerinde yayılı yük hesaplanmıştır. Buradan çıkan sonuçla, kat kütleleri 17.496 (kN.s<sup>2</sup>)/m olarak bulundu, bunların kat planındaki 8 düğüm noktasına dağıtılmasıyla, 2.187 ton değerinde kütlelerle artımsal dinamik analize geçilmiştir.

Bu hesaplamalar sonucunda yapıya ait ilk beş serbest titreşim periyodu Tablo 3.5.'de gösterilmiştir.

Tablo 3.5. Planda düzensiz yapının serbest titreşim periyotları (sn)

N	Planda düzensiz yapı
1	0.303
2	0.289
3	0.295
4	0.113
5	0.108

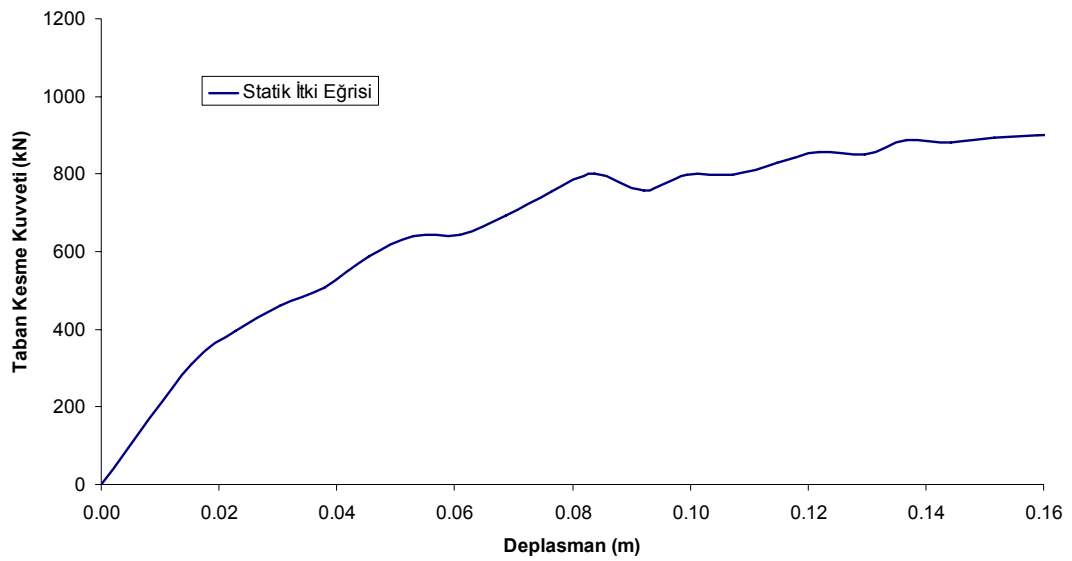
### 3.5.3. Planda düzensiz yapıda statik ve adaptif (uyuşumlu) itme eğrileri



Şekil 3.5.6. Planda düzensiz yapı için uyuşumlu itme eğrisi sonuçları

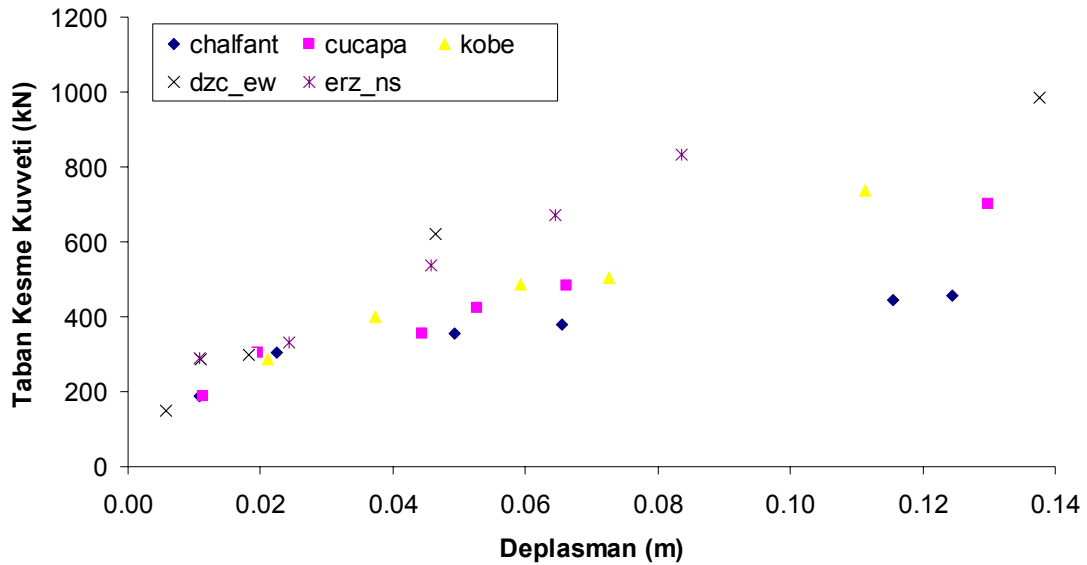
Adaptif (uyuşumlu) İtki eğrisinde (Şekil 3.5.6.), Düzenli yapının aksine 160mm deplasmanda 1000 kN'luk taban kesme kuvvetine ulaşmakta ve bu noktadan sonra düşmeye başlamaktadır.

Yapı sistemleri arasında, genellikle Klasik itki eğrisi (Şekil 3.5.7.) ile uyuşumlu itki eğrisi arasında bir örtüşme vardır. Uygulanan hesap yöntemindeki farklar ve hata düzeltme oranları ile iki eğrinin birbirini ile örtüşmesi tam olarak sağlanamamaktadır.



Şekil 3.5.7. Planda düzensiz yapı için statik itki eğrisi sonuçları

### 3.5.4. Planda düzensiz yapıda artımsal dinamik analiz sonuçları



Şekil 3.5.8. Planda düzensiz yapıda artımsal dinamik analiz sonuçları

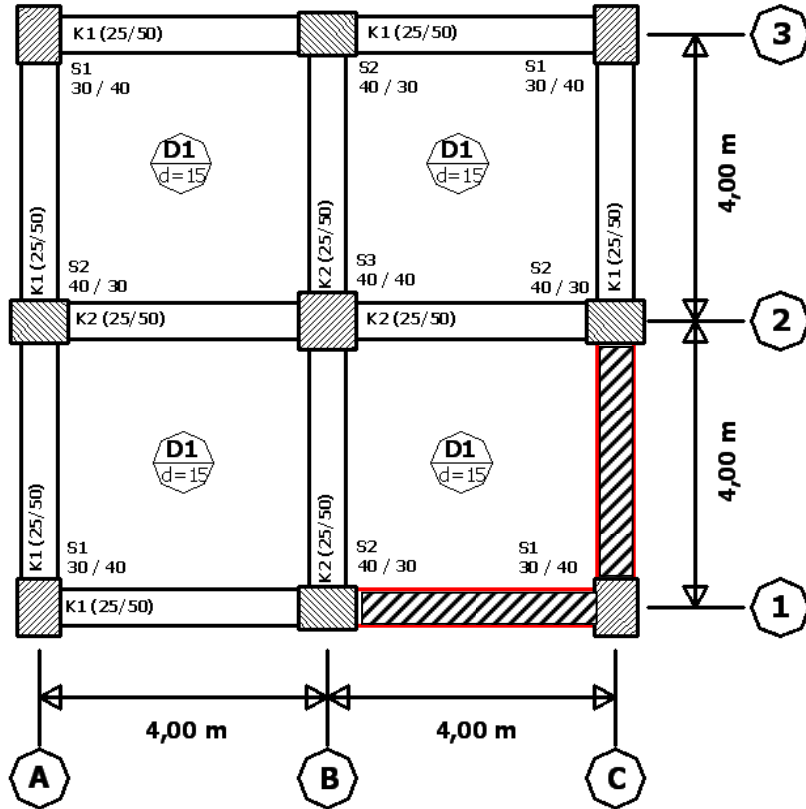
Model 2’de artımsal dinamik analiz (IDA) sonucuna (Şekil 3.5.8.) bakıldığında, deprem sayısı arttıkça, itki eğrisi formundan sapmaların arttığı ve saçılmanın başladığı görülmektedir.

### 3.6. Perdeli – Çerçeve Yapı

Yapı her iki doğrultuda da simetrik değildir. X ve Y eksenlerine 45 derece açı yapan eksen boyunca simetriktir. Toplam 9 adet kolonun bir tanesi kare, diğer 8 tanesi dikdörtgen şekilde tasarlanmıştır. Ve dikdörtgen kolonlar 4’er 4’er rijitliklerinin güçlü olduğu yönde simetrik şekilde yerleştirilmiştir. Ayrıca yapıya 1,2 ve 3. kat boyunca devam eden ve iki kolon arasına yerleştirilmiş P1 perdesi eklenmiştir. Bu perdeyi üst katlarda P2 perdesi takip etmektedir (Şekil 3.1.2.).

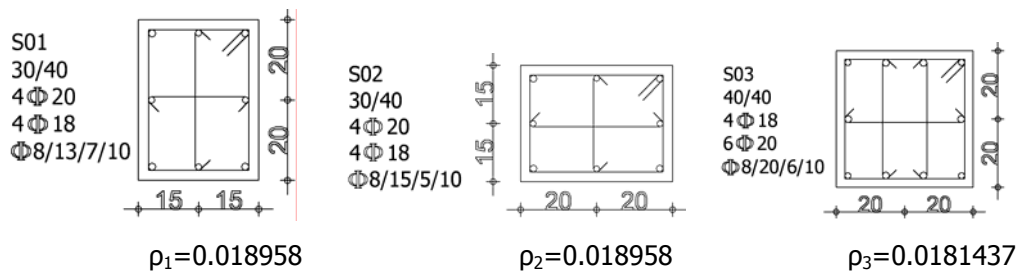
### 3.6.1. Bina bilgileri

Perdeli – çerçevesel yapıda, 1,2 ve 3 katta aynı kalıp planı kullanılırken (Şekil 3.6.1.), 4 ve 5. katlarda kalıp planı değişmektedir (Şekil 3.6.3.).

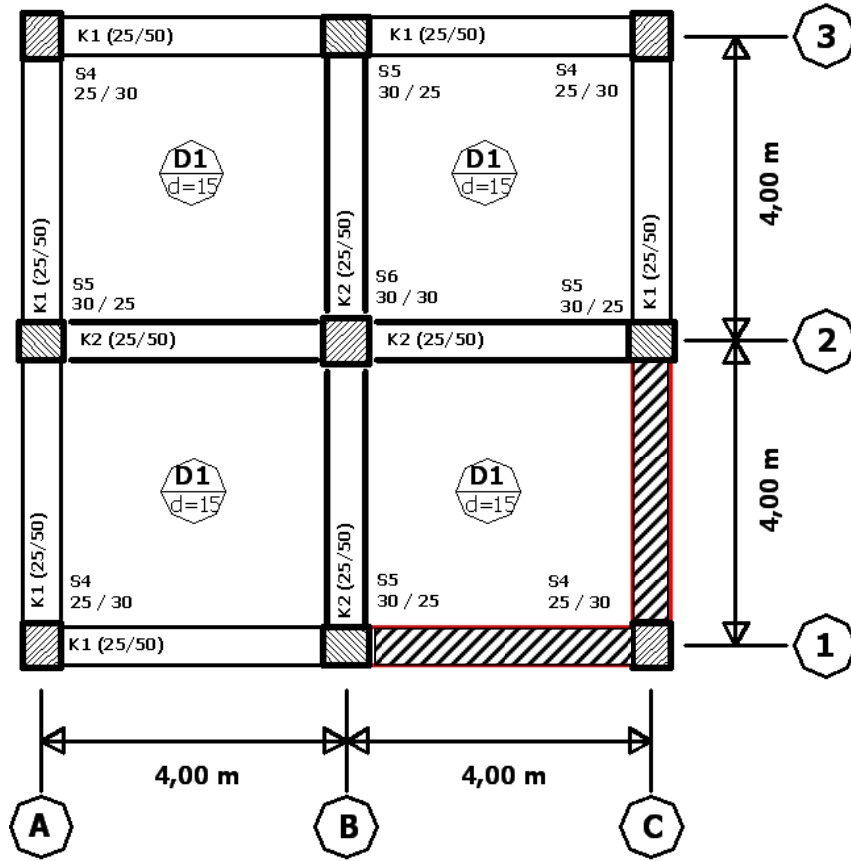


Şekil 3.6.1. Perdeli yapı da 1,2 ve 3. katlara ait kalıp planı

Şekil 3.6.1.'de gösterilen kat planına ait kolon ve kiriş açıklımları Şekil 3.6.2 ve Şekil 3.6.5.'de gösterilmiştir.

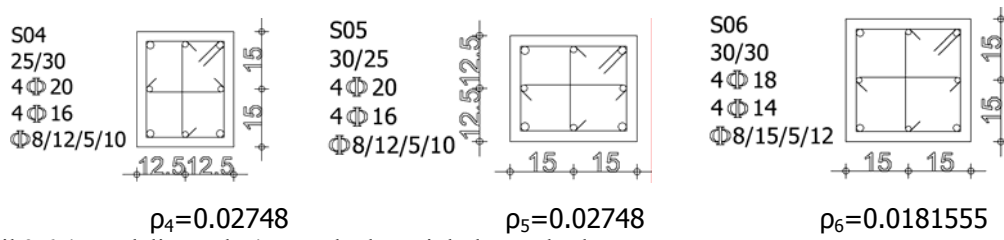


Şekil 3.6.2. Perdeli yapıda 1. 2. ve 3. katlara ait kolon açıklımları



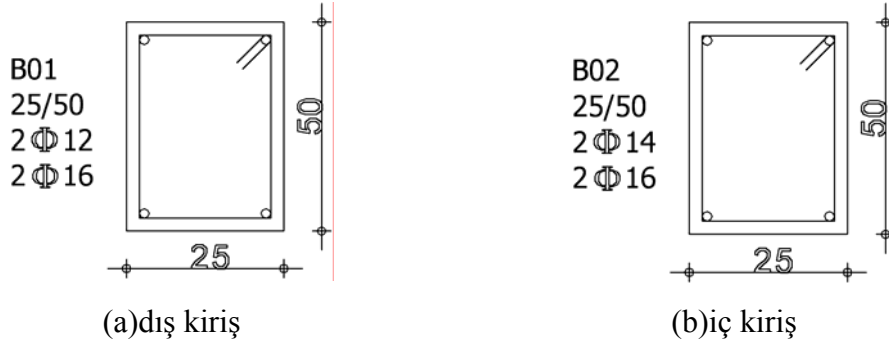
Şekil 3.6.3. Perdeli yapı da 4 ve 5. katlara ait kalıp planları

Şekil 3.6.3.'de gösterilen kat planına ait kolon açılımları Şekil 3.6.4.'te gösterilmektedir.



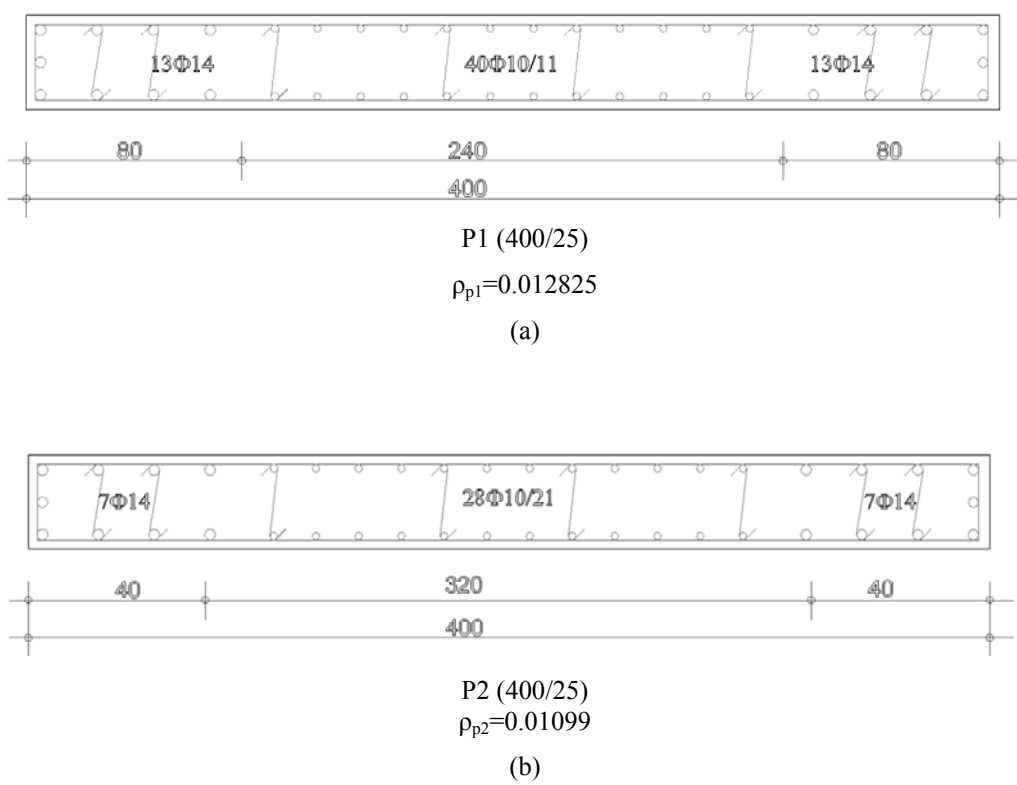
Şekil 3.6.4. Perdeli yapıda 4. ve 5. katlara ait kolon açılımları





Şekil 3.6.5. Perdeli yapıda kullanılan kiriş kesitleri

Şekil 3.6.1. ve Şekil 3.6.3.'te ki kat planlarına ait perde açıklımları Şekil 3.6.6.'da gösterilmektedir.



Şekil 3.6.6. perde kesitleri (a) 1, 2 ve 3. katta kullanılan perde. (b) 4. ve 5. katta kullanılan perde.

### 3.6.2. Yükleme bilgileri

Duvar ağırlıkları, döşeme ağırlıkları ve betonarme karkas sistemi ele alındığında, 3 yük kaynağının toplanmasıyla, tüm dış kirişlerde 17.6 kN/m ve tüm iç kirişlerde 27.2kN/m değerinde yayılı yük hesaplanmıştır. Buradan çıkan sonuçla, kat kütleleri

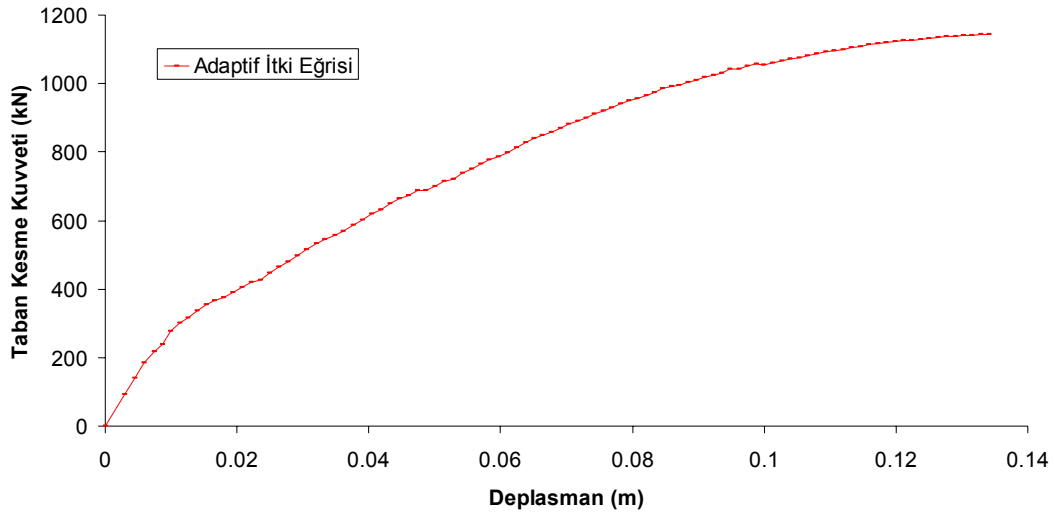
33.538 (kN.s<sup>2</sup>)/m olarak bulundu, bunların kat planındaki 9 düğüm noktasına dağıtılmasıyla, 3.726 ton değerinde kütlelerle artımsal dinamik analize geçilmiştir.

Bu hesaplamalar sonucunda yapıya ait ilk beş serbest titreşim periyodu Tablo 3.6.'de gösterilmiştir.

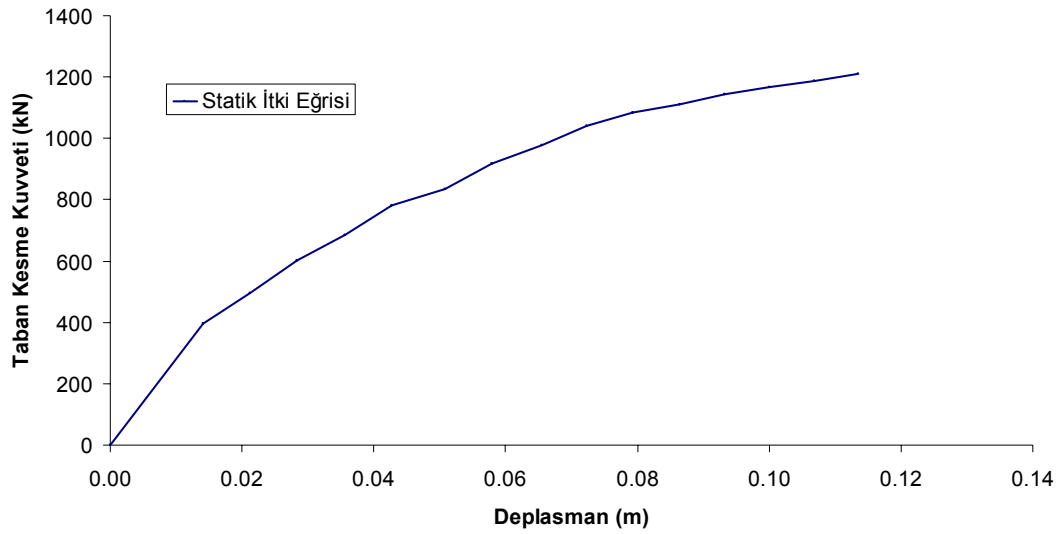
Tablo 3.6. Perdeli – Çerçevesel yapıya ait serbest titreşim değerleri

N	Burulma düzensiz yapı
1	0.376
2	0.193
3	0.142
4	0.135
5	0.081

### 3.6.3. Statik ve adaptif uyumlu itme eğrileri



Şekil 3.6.7. Perdeli yapı için adaptif (uyuşumlu) itme eğrileri sonuçları



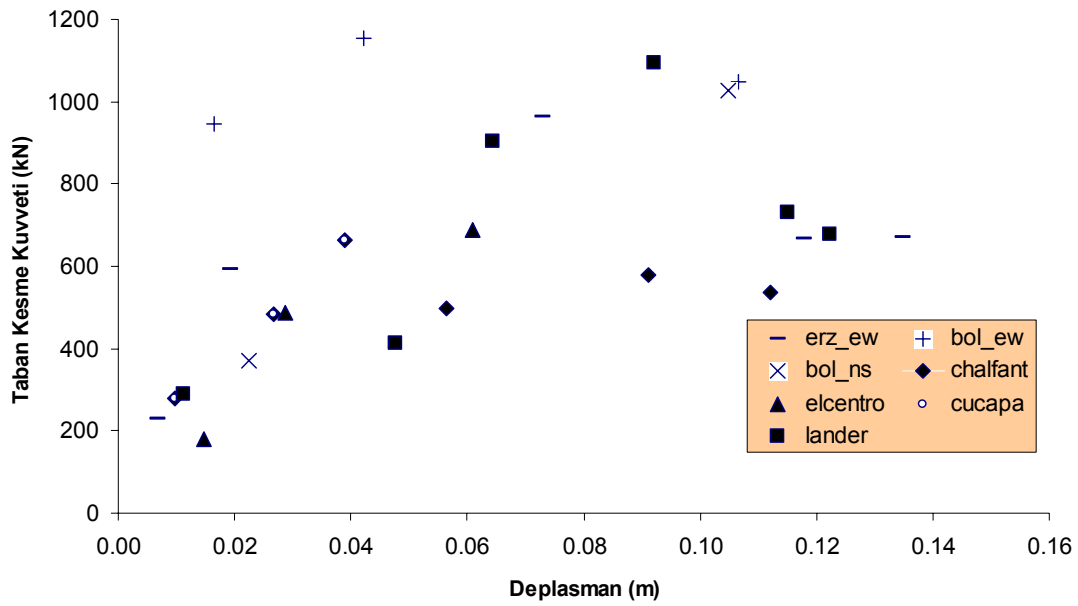
Şekil 3.6.8. Perdeli yapı için statik itme eğrileri sonuçları

Perdeli yapıya bakıldığında, taban kesme kuvveti ve deplasman arasındaki ilişkinin, düzenli yapıdaki değerlere benzediği görünmektedir. (Şekil 3.6.7. ve 3.6.8.)

Fakat artımsal dinamik analiz sonuçlarındaki saçılmanın, perdeli yapıda arttığı görünmektedir (Şekil 3.7.3.). Bu sonuçlar arasında, uygulanan depremin karakteristiklerine göre, düzenli yapıdan daha iyi sonuç veren değerler olsa da, tüm sonuçlar ele alınarak oluşturulan regresyon eğrisinde, perdeli yapının düzenli yapıdan daha düşük performanslı çıkması olasıdır.

### 3.6.4. Artımsal dinamik analiz sonuçları

Şekil 3.6.9.'da perdeli yapıya uygulanan IDA analizleri sonucunda oluşan grafik görünmektedir.



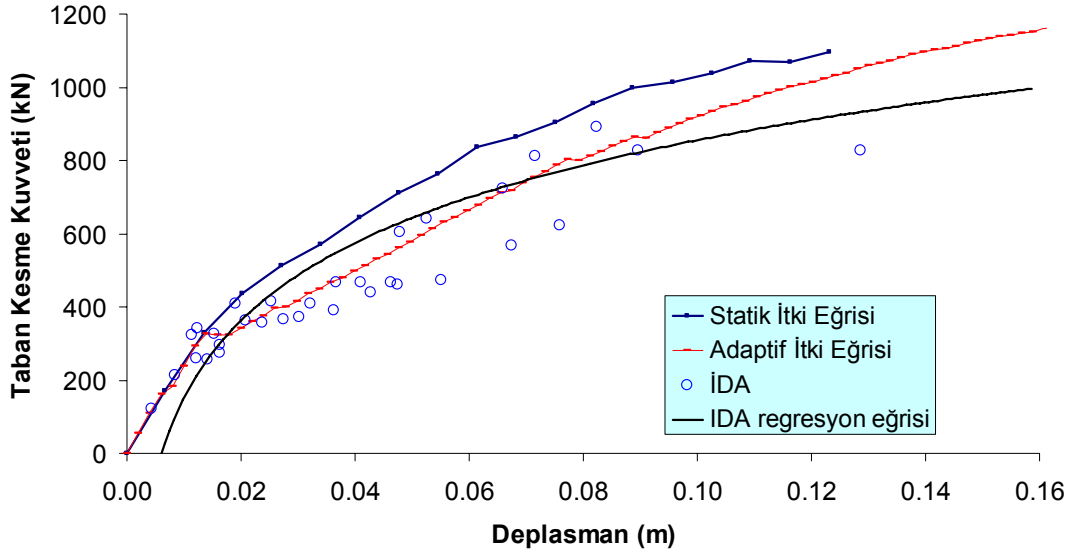
Şekil 3.6.9. Perdeli yapıda artımsal dinamik analiz sonuçları

### 3.7. Elde Edilen Sonuçların İrdelenmesi

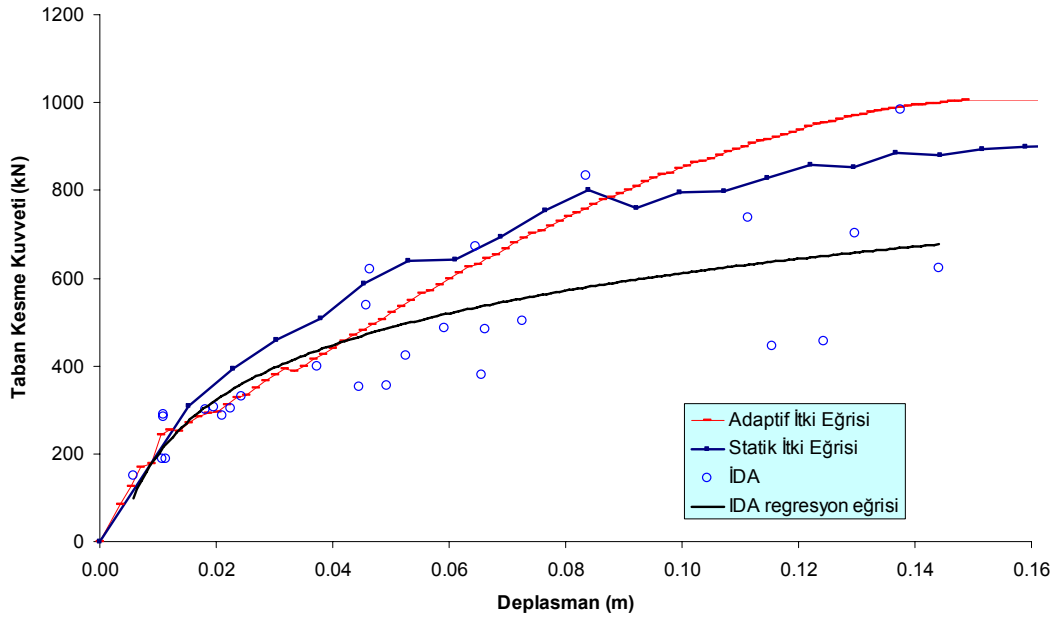
Çalışmanın bu bölümünde klasik ve adaptif (uyuşumlu) statik itme analizlerinden elde edilen sonuçlar artımsal dinamik analiz (IDA) sonuçları ile karşılaştırılmıştır.

Klasik statik itme analizlerinde Türk Deprem Yönetmeliği'nde (TDY) tanımlanan eşdeğer deprem yükü kullanılmıştır. Şekil 3.7.1, 3.7.2. ve 3.7.3'ün incelenmesinden, akma-öncesi elastik sınırlarda, artımsal dinamik analiz (IDA) noktaları ve uyuşumlu statik itme analizi sonuçlarının, TDY yük dağılımlarının kullanıldığı klasik statik itme analizi sonuçları ile örtüştüğü görülmüştür. (Şekil 3.7.1.)

Elastik ötesi aşamada ise düzenli yapıya (model 1) ait artımsal dinamik analiz (IDA) sonuçlarının, klasik ve adaptif (uyuşumlu) statik itme analiz sonuçlarına %2 – 4 arasında yakın olduğu gözlenmiştir. Fakat model 2 ve model 3'te artımsal dinamik analiz sonuçlarının, statik itme analizlerinin (uyuşumlu ve klasik) elastik ötesi sonuçlarına %15 – 20 arasında sapma ile yaklaştığı hesaplanmaktadır.

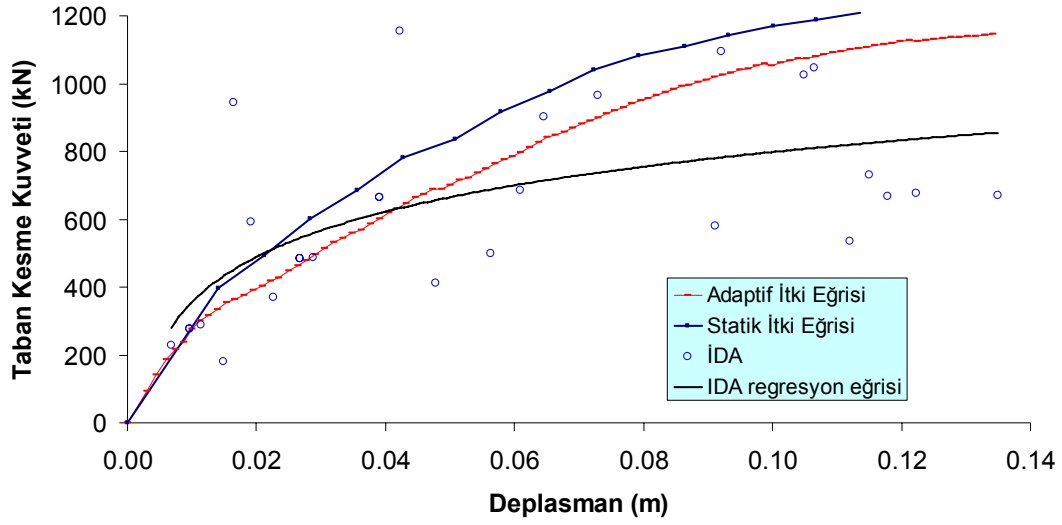


Şekil 3.7.1. Düzenli yapıda yapılan analizlerin kıyaslanması



Şekil 3.7.2. Planda Düzensiz yapıda yapılan analizlerin kıyaslanması

Elastik sınırlar içinde, tüm yapılar ve uygulanan tüm yöntemlerin sonuçları yakın benzerlikler göstermektedir. Fakat elastik sınır aşıldıktan sonra, mafsallaşmalar oluşmaya, donatılar akmaya başladıktan sonra, yapıdaki düzensizlikler arttıkça, pratik uygulamalar (klasik ve uyumlu itki yöntemleri) gerçekliklerini yitirmeye başlamaktadır. (Şekil 3.7.2.)



Şekil 3.7.3. Perdeli yapıda yapılan analizlerin kıyaslanması

Tüm depreme dayanıklı yapı tasarımı kitaplarında, perdeler büyük yer ayrılmakta ve usulüne uygun kullanılmadığı takdirde, yapıya faydadan çok zarar getirdiği söylenmektedir.

Özellikle düşey süreksiz perdeler, bastıkları (kiriş, döşeme vb.) yapı elemanlarını kırmakta ve yapıya zarar vermektedirler. Planda yapılan perde uygulaması hatalarının başında ise perdenin oluşturduğu büyük rijitliklerin, kat üzerinde orantılı dağıtılmaması ve bu perdelerin büyük kütleleri ve rijitlikleriyle yapıya bölgesel ve genel zararlar vermeleridir.

## **BÖLÜM 4. SONUÇ VE ÖNERİLER**

Günümüz mühendislik pratiğinde, bilgisayar yazılımlarının kullanılması kaçınılmazdır. Yukarıda da belirtildiği gibi, doğrusal elastik olmayan zaman tanım alanında hesap yöntemlerinin kullanılması halinde, yapıların sismik tasarımında veya değerlendirilmesinde son derece iyi sonuçlar alınabilir. Fakat bu yöntemin kullanılması ile ilgili kısıtlamaların olduğu da bir gerçektir.

Her ne kadar statik itme eğrisinin elde edilmesinde kullanılan nonlineer statik yöntemlerle ilgili gelişmeler, yöntemi daha karmaşık hale getirir, bu karmaşıklık yazılım geliştiricileri ilgilendiren bir özelliktir.

Bu çalışmada yapılan parametrik çalışmalardan elde edilen sonuçların değerlendirilmesinden, özellikle çok modlu ve düzensizlikleri bulunan yapılar için statik itme analizi sonuçlarının, artımsal dinamik analiz sonuçlarına %15 – 20 oranında sapma ile yaklaştığı hesaplanmaktadır. Bu sonuç, yöntemlerin bütünüyle terk edilmesi gerektiği anlamına gelmemektedir. Bu yöntemler, çözüm mertebelerinin anlaşılması açısından yol göstericidirler.

Yönetmeliklerde çeşitli düzensizlik durumları için, emniyet katsayıları getirilmesi, kullanılacak ivme kayıtlarının ortak bir platformda seçilip, analizler sırasında hatalı sonuçlar veren ham ve eksik ivme kayıtları yerine belli standartlara sahip, yeni nesil kayıtçılar tarafından kaydedilmiş, ivme kayıtlarının kullanılmasına, eğriler arasındaki standart sapma farklarını azaltabilir..

Çalışmada kullanılan Artımsal Dinamik Analiz (IDA) yönteminde, seçilen yer hareketlerinin özelliklerinin, önemli rol oynadığı düşünülmektedir. Çünkü IDA analizleri için, bazı ivme kayıtlarında zaman zaman güçlüklerle karşılaşmıştır.

Son olarak, adaptif (uyuşumlu) ve diğer statik itme tekniklerinin, özellikle düzensizliklerin etkin olduğu durumlar için, daha da geliştirilmeye ihtiyacı olduğu ortaya çıkmıştır.



## KAYNAKLAR

- [1] KUTANIS, M. “Deprem Mühendisliği'nde Yeni Ufuklar: Performans Yaklaşımı” 1. DAYK Sempozyumu, Adapazarı 2008.
- [2] FREEMAN, S.A. “Performance Based Earthquake Engineering During the Last 40 Years”, Earthquake Engineering: Essentials and Applications Workshops, EERC METU, Ankara, 2005.
- [3] GULKAN, P., ve SOZEN, M., “Inelastic Response of Reinforced Concrete Structures to Earthquake Motions” ACI Journal, 1974
- [4] SHIBATA, A., ve SÖZEN, M.A. , Substitute-Structure Method For Design In R/C, Journal Of The Structural Division, ASCE, Vol. 102, No. ST1, January, 1976.
- [5] FAJFAR, P. ve M. FISCHINGER, “N2-A Method for Non-linear Seismic Analysis of Regular Buildings”, 9. Dünya deprem mühendisleri konferansı, Tokyo-Kyoto, Japonya, 1988.
- [6] AYDINOĞLU, M.N., An Incremental Response Spectrum Analysis Procedure Based On Elastic Spectral Deformation For Multi-Mode Seismic Evaluation, Bulletin Of Earthquake Engineering, Vol. 1, No. 1, 2003.
- [7] SASAKI, F., FREEMAN, S. ve PARET, T. “Multi-Mode Pushover Procedure (MMP)-A Method To Identify The Effect Of Higher Modes In A Pushover Analysis, Proc. 6<sup>th</sup> U.S. National Conference On Earthquake Engineering Seattle, CD-ROM, EERI, Oakland 2000.
- [8] ORAK, E. “Mevcut yapıların performans seviyelerinin, hasar görmüş yapıların performanslarıyla ilişkilendirerek belirlenmesi” Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2008
- [9] GUPTA, B. ve KUNNATH, S.K., “Adaptive Spectra-Based Pushover Procedure For Seismic Evaluation Of Structures. Earthquake Spectra 16”, 2000
- [10] PAPANIKOLAOU, V. K. ve ELNASHI, S.A., “Evaluation Of Conventional and Adaptive Pushover Analysis I: Methodology”. Journal Of Earthquake Engineering, Vol. 9, No. 6, 2000.

- [11] ANTONÍO, S. ve PÍNHO, R. “Advantages and limitations of adaptive and non-adaptive force-based pushover procedures.” *Journal of Earthquake Engineering*, Vol. 8, No. 4, 2004
- [12] AYDINOĞLU, N., “Yapıların Deprem Performansının Değerlendirilmesi İçin Artımsal Spektrum Analizi (ARSA) Yöntemi”, Beşinci Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı 2005.
- [13] TSO, W. K. ve MOGHADAM, A. S. “Seismic response of asymmetrical buildings using pushover analysis,” in *Proc. of the International Workshop on Seismic Design Methodologies for the Next Generation of Codes*, Bled, Slovenia, 1997.
- [14] IRTEM, E., TÜRKER, K., VE HASGÜL, U. “Türk Deprem Yönetmeliğine Göre Tasarlanmış Betonarme Yapıların Performansının Değerlendirilmesi”, Altıncı Uluslararası İnşaat Mühendisliği’nde Gelişmeler Kongresi, Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul, Türkiye 2004.
- [15] GENÇ M., “Farklı yapısal özelliklere sahip betonarme yapıların çeşitli çözüm yöntemleriyle performansa dayalı analizi” Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale üniversitesi, 2007.
- [16] ATC, “Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings”, (ATC-40 ), Vol. 1, Applied Technology Council, Redwood City, CA, USA 1996
- [17] FEMA 356, “Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilitation 2 of Buildings”, FEMA, Washington, DC 2000.
- [18] FEMA 440, “Improvement Of Nonlinear Static Seismic Analysis Procedures”, FEMA, Washington, DC, USA 2005.
- [19] “Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, T:C: Bayındırlık ve İskân Bakanlığı 2007.
- [20] KUTANIS, M., Yapı ve Deprem Mühendisliğinde Performans Yaklaşımı-1, İMO Sakarya Bülteni 2008.
- [21] VAMVATSIKOS, D., JALAYER, F., CORNELL, C.A., “application of incremental dynamic analysis to an rc-structure” 2003
- [22] SEISMOSOFT Seismostruct-A Computer Program For Static And Dynamic Nonlinear Analysis Of Framed Structures (Online). Available from URL: <http://www.seismosoft.com>, Erişim tarihi eylül 2008.

## **ÖZGEÇMİŞ**

Salim Kubilayhan HÜRYAŞAR, 04/11/1986 tarihinde İstanbul'da doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini İstanbul'da tamamladı. 2003 yılında başladığı Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği bölümünü 2007 yılında bitirdi. Aynı yıl Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı Yapı Bilim Dalı'nda yüksek lisansa başladı. Yüksek lisansa başladığından beri TÜBİTAK Yurt İçi Yüksek Lisans Burs Programı kapsamında desteklenmektedir.