

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

**TASARIM KUSURLARININ MEVCUT BETONARME
YAPILARIN PERFORMANSINA ETKİLERİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnş. Müh. Adem ÖZTÜRKÇÜ

Enstitü Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ
Enstitü Bilim Dalı : YAPI
Tez Danışmanı : Prof. Dr. Muzaffer ELMAS

HAZİRAN 2011

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TASARIM KUSURLARININ MEVCUT BETONARME
YAPILARIN PERFORMANSINA ETKİLERİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnş. Müh. Adem ÖZTÜRKÇÜ

Enstitü Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ

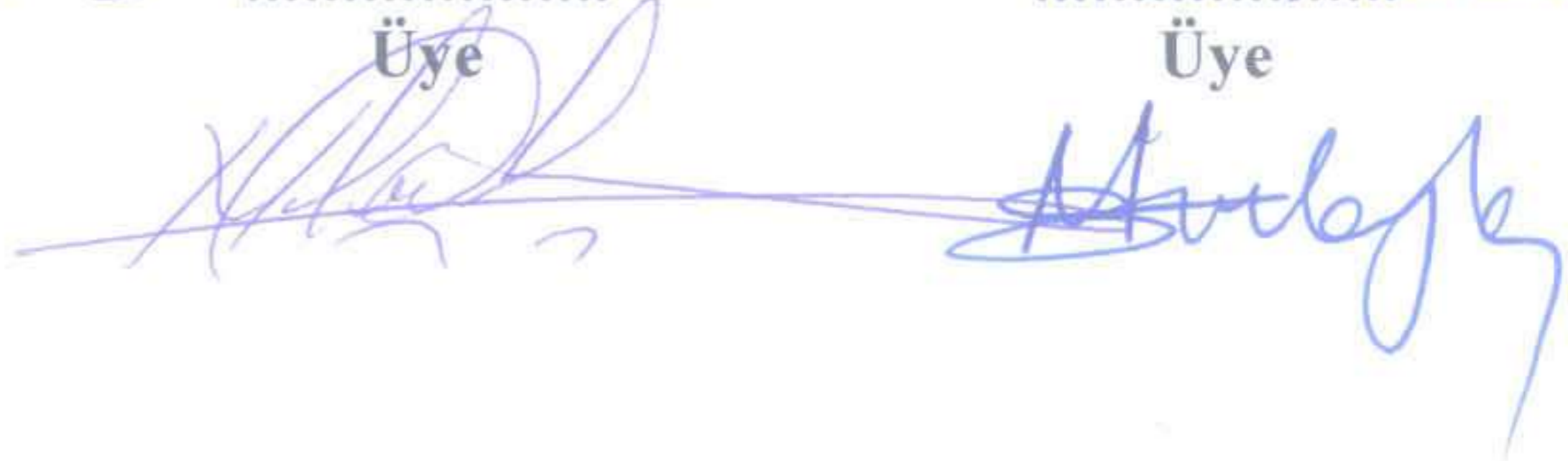
Enstitü Bilim Dalı : YAPI

Bu tez 14/06/2011 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Mustafa ELMAS
Jüri Başkanı

Doç. Dr. Naci SAĞLAM
Üye

Doç. Dr. Mehmet Sarıoğlu
Üye



TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez çalışmam sırasında değerli bilgi, tecrübe ve yardımlarıyla bana destek olan danışman hocam Sn. Prof. Dr. Muzaffer ELMAS'a ve tezin her aşamasında yardımlarını esirgemeyen, yakın ilgisi ile bana yeni ufuklar açan Sn. Doç. Dr. Naci ÇAĞLAR'a minnet ve şükranlarımı sunarım.

Çalışmalarım sırasında bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım tüm arkadaşlarıma da minnet ve şükranlarımı sunarım.

Ayrıca hayatım boyunca tüm eğitim hayatım da benim için maddi manevi hiçbir fedakârlıktan kaçınmayan tüm aile fertlerime teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	vii
TABLolar LİSTESİ.....	ix
ÖZET.....	x
SUMMARY.....	xi
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ.....	1
1.1. Daha Önce Yapılmış Çalışmalar.....	2
1.2. Çalışmanın Kapsam Amacı.....	4
BÖLÜM 2.	
PERFORMANS KAVRAMI.....	
2.1. Giriş.....	5
2.2. Performans Seviyeleri.....	5
2.2.1. Hemen kullanım performans düzeyi	5
2.2.2. Can güvenliği performans düzeyi.....	6
2.2.3. Göçme öncesi performans düzeyi	6
2.2.4. Göçme durumu.....	7
2.3. Yapı Elemanlarında Hasar Sınırları Ve Hasar Bölgeleri	9
2.3.1. Kesit hasar sınırları	9
2.3.2. Kesit hasar bölgeleri	9
2.3.3. Kesit ve eleman hasarlarının tanımlanması	10
2.3.4. Yapı elemanlarının kırılma türleri	10

2.4. Depremde Bina Performansının Doğrusal Elastik Olmayan Yöntemler İle Belirlenmesi	11
2.4.1. Artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi ile itme analizi	11
2.4.2. Artımsal mod birleştirme yöntemi ile itme analizi	12
2.4.3. Zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemi	13
2.5. Plastik Davranışın İdealleştirilmesi	13
2.5.1 Mafsal bölgeleri	13
2.5.2 Plastik mafsal boyu	14
2.5.3. Tanımlanan mafsalların atanması	17
2.6. Birim Şekil Değiştirme İstemlerinin Belirlenmesi.....	18
2.7. Betonarme Elemanların Kesit Birim Şekil Değiştirme Kapasiteleri	19
2.8. Bina Deprem Performansının Belirlenmesi.....	20
2.8.1. Binalar için hedeflenen deprem performans düzeyleri	20
2.8.2. Göreli kat ötelemelerinin kontrolü	21
BÖLÜM 3.	
DOĞRUSAL OLMAYAN STATİK ANALİZ	22
(PUSHOVER ANALİZİ)	
3.1. Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımının Temel İlkeleri.....	22
3.1.1. Enerji sönümü ve süneklik	23
3.2. Doğrusal Olmayan Statik Analiz	24
3.2.1. Doğrusal olmayan statik itme analizi ile şekil değiştirme kapasitesinin belirlenmesi.....	26
BÖLÜM 4.	
SAYISAL UYGULAMALAR	31
4.1. Binanın Tanıtılması	33
4.1.1. Bina Bilgileri	33
4.1.2. Malzeme Bilgileri	34
4.1.3. Proje Parametreleri	34
4.1.4. Kalıp Planı.....	35
4.1.5. A Referans Modelinin 3 Boyutlu Görünümü	36

4.1.6. Sap2000’de B Referans Modelinin 3 Boyutlu Görünümü ...	37
4.2. Referans Modeller.....	38
4.2.1. Referans Modellerin Genel Özellikleri.....	38
4.2.2. A Referans Modelinin Analiz Sonuçları.....	39
4.2.3. B Referans Modelinin Analiz Sonuçları	41
4.3. Tasarım Kusuru Tanımlanan Modeller.....	43
4.3.1. C Tipi Yapı Modelleri	43
4.3.2. D Tipi Yapı Modelleri	49
4.3.3. E Tipi Yapı Modelleri	56
4.3.4. F Tipi Yapı Modelleri	67
BÖLÜM 5.	
SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	76
KAYNAKLAR.....	80
EKLER.....	82
ÖZGEÇMİŞ.....	84

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

MN	: Minimum hasar sınırı
GV	: Güvenlik sınırı
GÇ	: Göçme sınırı
GÖ	: Göçme öncesi
CG	: Can güvenliği
HK	: Hemen kullanım
L_p	: Plastik mafsal boyu
hi	: i'inci kata ait yükseklik
HT	: Toplam kat yüksekliği
$H_{kiriş}$: Kiriş yüksekliği
W	: Bina sismik ağırlığı
T	: Periyod
I	: Bina önem katsayısı
Ao	: Etkin yer ivme katsayısı
Z	: Yerel zemin sınıfı
n	: Hareketli yük katılım katsayısı
Vt	: Taban kesme kuvveti
μ	: Süneklilik oranı
Δ	: Tepe yerdeğiştirme
δ	: Kat ötelemesi
E_s	: Donatı çeliği elastisite modülü
E_c	: Beton elastisite modülü
V/W	: Taban kesme kuvvetinin bina sismik ağırlığına oranı
D/H	: Yerdeğiştirmenin kat yüksekliğine oranı
ϵ_{cu}	: Kesitin en dış lifindeki beton basınç birim şekildeğiştirilmesi

ϵ_{su} : Donatı çeliğinin kopma birim şekildeğiştirmesi

R_a : Deprem yükü azaltma katsayısı

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1.	Kesit hasar sınırları ve hasar bölgeleri.....	10
Şekil 2.2.	Yapı elamanlarının kırılma türleri	11
Şekil 2.3.	Kolon ve kiriş elemanlarda sargılama bölgeleri.....	14
Şekil 2.4.	Eğilme momenti - Plastik dönme bağıntıları	17
Şekil 2.5.	Mafsalların eleman üzerine atanması	18
Şekil 3.1.	Yapı elemanlarının enerji tüketme güçleri	23
Şekil 3.2.	Yapının doğrusal ötesi davranışı	25
Şekil 3.3.	İtme şekli ve kapasite eğrisi	27
Şekil 4.1.	Kolon boy kesiti ve kiriş en kesiti	34
Şekil 4.2.	Modellerin kalıp planı	35
Şekil 4.3.	A referans modelinin 3 boyutlu görünümü	36
Şekil 4.4.	Sap2000’ de B Referans Modelinin 3 Boyutlu Görünümü	37
Şekil 4.5.	A Referans Modelinin Taban Kesme Kuvveti – Yer Değiştirme Grafığı	39
Şekil 4.6.	A Referans Modelinde Oluşan Plastik Mafsal Oluşumu	40
Şekil 4.7.	B Referans Modelinin Taban Kesme Kuvveti – Yer Değiştirme Grafığı	41
Şekil 4.8.	B Referans Modelinde Oluşan Plastik Mafsal Oluşumu	42
Şekil 4.9.	C1 Tasarım Kusurlu Modelin Taban Kesme Kuvveti – Yer Değiştirme Grafığı.....	44
Şekil 4.10.	C2 Tasarım Kusurlu Modelin Taban Kesme Kuvveti – Yer Değiştirme Grafığı.....	44
Şekil 4.11.	C3 Tasarım Kusurlu Modelin Taban Kesme Kuvveti – Yer Değiştirme Grafığı.....	45
Şekil 4.12.	C4 Tasarım Kusurlu Modelin Taban Kesme Kuvveti – Yer Değiştirme Grafığı.....	45

Şekil 4.13.	C5 Tasarım Kusurlu Modelin Taban Kesme Kuvveti – Yer Değiş-tirme Grafiği	46
Şekil 4.14.	A Referans Modeli ve C Tipi Modellerin Taban Kesme Kuvveti – Yer Değiş-tirme Grafiği	47
Şekil 4.15.	A Referans Modeli ve C Tipi Modellerin Taban Kesme Kuvveti / Yapı Sismik Ağırlığı – Yer Değiş-tirme Grafiği	47
Şekil 4.16.	D1 Tasarım Kusurlu Modelin Taban Kesme Kuvveti – Yer Değiş-tirme Grafiği	50
Şekil 4.17.	D2 Tasarım Kusurlu Modelin Taban Kesme Kuvveti – Yer Değiş-tirme Grafiği	50
Şekil 4.18.	D3 Tasarım Kusurlu Modelin Taban Kesme Kuvveti – Yer Değiş-tirme Grafiği	51
Şekil 4.19.	D4 Tasarım Kusurlu Modelin Taban Kesme Kuvveti – Yer Değiş-tirme Grafiği	51
Şekil 4.20.	3 Katlı A Referans Modeli ve D Tipi Modellerin Taban Kesme Kuvveti – Tepe Noktası Yer Değiş-tirme Grafiği	52
Şekil 4.21.	D5 Tasarım Kusurlu Modelin Taban Kesme Kuvveti – Yer Değiş-tirme Grafiği	53
Şekil 4.22.	D6 Tasarım Kusurlu Modelin Taban Kesme Kuvveti – Yer Değiş-tirme Grafiği	53
Şekil 4.23.	D7 Tasarım Kusurlu Modelin Taban Kesme Kuvveti – Yer Değiş-tirme Grafiği	54
Şekil 4.24.	D8 Tasarım Kusurlu Modelin Taban Kesme Kuvveti – Yer Değiş-tirme Grafiği	54
Şekil 4.25.	5 Katlı A Referans Modeli ve D Tipi Modellerin Taban Kesme Kuvveti – Tepe Noktası Yer Değiş-tirme Grafiği	55
Şekil 4.26.	E1 Tasarım Kusurlu Modelin Taban Kesme Kuvveti – Yer Değiş-tirme Grafiği	57
Şekil 4.27.	E2 Tasarım Kusurlu Modelin Taban Kesme Kuvveti – Yer Değiş-tirme Grafiği	57
Şekil 4.28.	E3 Tasarım Kusurlu Modelin Taban Kesme Kuvveti – Yer Değiş-tirme Grafiği	58
Şekil 4.29.	E4 Tasarım Kusurlu Modelin Taban Kesme Kuvveti – Yer	

	Değiştirme Grafiği	58
Şekil 4.30.	E5 Tasarım Kusurlu Modelin Taban Kesme Kuvveti – Yer Değiştirme Grafiği	59
Şekil 4.31.	A Referans Modeli ve E Tipi Modellerin Taban Kesme Kuvveti – Yer Değiştirme Grafiği	60
Şekil 4.32.	E6 Tasarım Kusurlu Modelin Taban Kesme Kuvveti – Yer Değiştirme Grafiği	61
Şekil 4.33.	E7 Tasarım Kusurlu Modelin Taban Kesme Kuvveti – Yer Değiştirme Grafiği	61
Şekil 4.34	E8 Tasarım Kusurlu Modelin Taban Kesme Kuvveti – Yer Değiştirme Grafiği	62
Şekil 4.35.	E9 Tasarım Kusurlu Modelin Taban Kesme Kuvveti – Yer Değiştirme Grafiği	62
Şekil 4.36	E10 Tasarım Kusurlu Modelin Taban Kesme Kuvveti – Yer Değiştirme Grafiği	63
Şekil 4.37.	B Referans Modeli ve E Tipi Modellerin Taban Kesme Kuvveti – Yer Değiştirme Grafiği	64
Şekil 4.38.	A Referans Modeli ve E Tipi Modellerin Taban Kesme Kuvveti – Yer Değiştirme Grafiği	65
Şekil 4.39.	B Referans Modeli ve E Tipi Modellerin Taban Kesme Kuvveti – Yer Değiştirme Grafiği	65
Şekil 4.40.	F1 Tasarım Kusurlu Modelin Taban Kesme Kuvveti – Yer Değiştirme Grafiği	68
Şekil 4.41.	F2 Tasarım Kusurlu Modelin Taban Kesme Kuvveti – Yer Değiştirme Grafiği	68
Şekil 4.42.	F3 Tasarım Kusurlu Modelin Taban Kesme Kuvveti – Yer Değiştirme Grafiği	69
Şekil 4.43.	F4 Tasarım Kusurlu Modelin Taban Kesme Kuvveti – Yer Değiştirme Grafiği	69
Şekil 4.44.	F5 Tasarım Kusurlu Modelin Taban Kesme Kuvveti – Yer Değiştirme Grafiği	70
Şekil 4.45.	A, B Referans Modelleri ve F Tipi Modellerin Taban Kesme Kuvveti – Yer Değiştirme Grafiği	71

Şekil 4.46.	F6 Tasarım Kusurlu Modelin Taban Kesme Kuvveti – Yer Değişirme Grafiği	72
Şekil 4.47.	F7 Tasarım Kusurlu Modelin Taban Kesme Kuvveti – Yer Değişirme Grafiği	72
Şekil 4.48.	F8 Tasarım Kusurlu Modelin Taban Kesme Kuvveti – Yer Değişirme Grafiği	73
Şekil 4.49.	F9 Tasarım Kusurlu Modelin Taban Kesme Kuvveti – Yer Değişirme Grafiği	73
Şekil 4.50.	F10 Tasarım Kusurlu Modelin Taban Kesme Kuvveti – Yer Değişirme Grafiği	74
Şekil 4.51.	A, B Referans Modelleri ve F Tipi Modellerin Taban Kesme Kuvveti – Yer Değişirme Grafiği	75

TABLolar LİSTESİ

Tablo 2.1.	DBYBHY'07 Bina performans düzeyleri ve koşulları	8
Tablo 2.2.	Farklı deprem düzeylerinde binalar için öngörülen minimum performans hedefleri	20
Tablo 2.3.	Deprem etkisi parametreleri	21
Tablo 2.4.	Görelî kat ötelemesi sınırları	21
Tablo 4.1.	Referans modellerin genel özellikleri	31
Tablo 4.2.	Tasarım kusurlu modellerin genel özellikleri	33
Tablo 4.3.	Bina bilgileri	33
Tablo 4.4.	Malzeme bilgileri	34
Tablo 4.5.	Proje parametre bilgileri	34
Tablo 4.6.	Referans modellerin genel özellikleri	38
Tablo 4.7.	C Tipi modellerin genel özellikleri	43
Tablo 4.8.	D Tipi modellerin genel özellikleri	49
Tablo 4.9.	E Tipi modellerin genel özellikleri	56
Tablo 4.10.	F Tipi modellerin genel özellikleri	67

ÖZET

Anahtar kelimeler: Doğrusal olmayan statik artımsal itme analizi, yapı tasarım olumsuzlukları, performans değerlendirmesi, kapasite eğrisi.

Son yıllarda meydana gelen depremlerde oluşan hasarın ve ekonomik kayıpların çok büyük miktarda olması, depreme dayanıklı yapı tasarımında hasar kontrolünün, dolayısıyla performansa dayalı tasarım ve değerlendirmenin önemini ortaya çıkarmıştır. Özellikle binalar üzerinde yapılan incelemelerde kalitesiz işçilik, yetersiz malzeme kullanımının yanı sıra yumuşak kat, kapalı çıkma, yetersiz sargı donatısı gibi tasarım olumsuzluklarına da rastlanmıştır.

Bu tez çalışmasında; 1975 yönetmeliğine göre yapılmış olan mevcut betonarme yapıların performansları incelenmiştir. 1975 yönetmeliğine göre tasarlanmış bu yapılarda; beton dayanımının C20'den C16, C14, C10, C8'e azalmasının, donatı dayanımının S420'den S220'e azalmasının, kat adedinin 4-5-6-7-8 olarak artışının, yumuşak kat ve güçlü kiriş – zayıf kolon yapı performanslarına olan etkileri araştırılmıştır. SAP2000 yapı analiz programı kullanılarak yapıların doğrusal olmayan statik itme analizi ile yapı kapasite eğrileri elde edilmiştir. Elde edilen analiz sonuçları karşılaştırılarak genel bir değerlendirme yapılmıştır.

Bu çalışmada yapılan incelemeler sonucu malzeme kalitesindeki düşüklüğün, yumuşak kat, güçlü kiriş – zayıf kolon gibi tasarım olumsuzluklarının ve kat adedi değişiminin yapı performansını olumsuz etkilediği gösterilmiştir. Bu tür olumsuzlukların yapıların yatay yük taşıma kapasitelerinde ve sünekliklerinde önemli derecede azalmalara neden olduğu gözlenmiştir. Bunun önüne geçmek için depreme uygun olmayan mimari tasarım ve statik açıdan tasarım olumsuzlukları içeren taşıyıcı sistemlerin (yumuşak kat, güçlü kiriş – zayıf kolon v.b) seçiminden kaçınılması gerekmektedir.

SUMMARY

Key words: Nonlinear Elastic Method, Incremental Static Pushover Analysis, Equivalent Earthquake Load Method, Performance Evaluation, Capacity Curve

In recent years, earthquakes which caused important damages and much economic lost, have showed up damage control of earthquake resistance structures that means performance based design and evaluations is very important. Especially at the observation of structure as well as unqualified work, uses of insufficient materials also were found negation such as soft floor, closed carbel, insufficient coil reinforcement.

In this studies; the performances of actual reinforced concrete constructions that built according to rugulation of 1975, have determined. AT this structures that built according to rugulation of 1975, the effect of structure on performans of reduction of concrete strength from C20 to C16-C14-C10-C8, the reduction of reinforcement strength from S420 to S220, the increases of number of floors such as 4-5-6-7-8, soft floor and strong beam – poor column were investigated. The nonlinear static incremental pushover analysis and the curve of building-capacity are carried out by using of Sap2000 finite element analysis packet programme. A general Assessment was made by comparing the results obtained by analyzing.

After earthquake, at the observation of building, negations of design suc as poor quality of materials, soft floor, strong beam – poor column and variations numbers of floor were coused reduction of the capacity of horizontal load and ductility at the performans structure. To prevent this situation, architectural design that is inappropriate for earthquakes and nonselection carrying system which includes soft floor, strong beam – poor column..etc, must be provide enough quality to concrete and reinforcement.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Yakın zamanlarda meydana gelen depremlerde oluşan yapısal hasarların en önemli nedenlerinin başında mimarlık mühendislik kusurları ile yapım hatalarının geldiği gözlenmiştir. Depremlerden sonra yapılan akademik çalışmalar ve teknik raporlar deprem bölgelerinin farklı olmasına rağmen benzerlikler göstermiş, yapısal hasarında aynı olduğunu göstermiştir.

Ülkemizde pek çok yapının, Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelikte (ABYYHY'98) [1] ön görülen güvenlik düzeyini sağlamadığı bilinmektedir. Bunun yanında inşası sırasında yapılan imalat hatalarının olabileceği yapıların projeleri yapılırken göz önüne alınan amaçlarından farklı kullanıldıkları ve birçok yapının ömrünün projelendirilirken öngörülen süreyi doldurdukları düşünülürse mevcut binaların deprem performanslarının belirlenmesi ve gerekiyorsa çeşitli güçlendirme metotlarıyla istenilen performans seviyesine getirilmesi gerekmektedir. Mevcut yapı stokunun çokluğu da göz önüne alındığında performans değerlendirmesi ve güçlendirme konusunun da önemi anlaşılacaktır.

Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmeliğin (DBYBHY 2007) 7. Bölümü'nde ise "Performansa Dayalı Değerlendirme" [2] veya deplasmanların esas olarak alındığı hesap tarzı benimsenmiştir. Performansa dayalı değerlendirmede, mevcut bir binanın öngörülen deprem zorlaması sırasında ne yapacağını tahmin edilmesi söz konusu olabilmekte; binanın ne kadar yerdeğiştirme yapacağı ve bu yer değiştirmeler altında, hangi yapı elemanlarında ne tür hasarların oluşacağı hasar dağılımının nasıl olacağı ve yapının muhtemel göçme mekanizmaları hakkında bilgi sahibi olmak mümkündür.

1.1. Daha Önce Yapılmış Çalışmalar

Lawson ve arkadaşları H.[3] tarafından doğrusal olmayan statik artımsal itme analizini yöntemlerinin neden, nasıl ve hangi durumlarda kullanılması gerektiği konusunda detaylı bir çalışma yapılmıştır. Doğrusal olmayan statik artımsal itme analizi yöntemlerinin getirdiği sınırlamalar ve bu yöntemlerin uygulanması aşamasında karşılaşılan sorunlar ve yatay yük dağılımına bağlı olarak analiz sonuçlarının değişimi üzerinde durulmuştur.

1998 yılında Faella ve Kilar. [4] tarafından yapılan çalışmada, simetrik olmayan yapıların sismik analizi için kullanılan üç boyutlu doğrusal olmayan statik artımsal itme analizlerin kabul edilebilirliğini araştırmak üzere, doğrusal olmayan dinamik analizlerden elde edilen sonuçlar, doğrusal olmayan statik artımsal itme analizi sonuçları ile kıyaslanmıştır. Örnek olarak katlı simetrik bir betonarme çerçeve kullanılmıştır. Simetrik yapı içerisinde kat kütlelerinin yeri değiştirilerek yapıya simetrik olmayan özellik kazandırılmıştır.

Chopra ve Goel [5], sabit yatay yük dağılımını esas alan mevcut doğrusal olmayan statik artımsal itme analizi yöntemlerindeki temel kavramların ve hesap kolaylıklarının korunduğu, yapı dinamiği teorilerini esas alan bir elastik ötesi statik itme analizi yöntemi geliştirmiştir. Geliştirilen bu yüksek mod esaslı elastik ötesi artımsal itme analizinde Modal Pushover Analysis, (MPA) artan deprem yüklerine bağlı olarak oluşan sismik talep, her bir moda ait atalet kuvvetlerinin dağılımı kullanılarak yapılan doğrusal olmayan statik artımsal itme analizleri ile belirlenmektedir. Yöntem dokuz katlı düzlem çelik bir çerçeve üzerinde uygulanmış ve sonuçları doğrusal olmayan dinamik analizlerden elde edilen sonuçlar ile karşılaştırılmıştır.

Günay, M.S. ve Sucuoğlu, H., [5] çalışmalarında az-orta katlı betonarme yapıların deprem güvenliğinin belirlenmesi için geliştirdikleri, elastik modal tepki spektrumu analizini kapasite ilkeleriyle birleştiren Kapasite Kontrol Yöntemini önermişlerdir.

Bu yöntemde önce tahmini hasar yerleri ve kırılma türleri (kesme, eğilme) belirlenmekte, daha sonra kuvvet cinsinden talep / kapasite oranları hesaplanıp, bu oranlar ilgili sınırlarla kıyaslanmakta ve eleman performansına karar verilmektedir. Bu eleman performanslarının birleştirilmesiyle de genel yapı performansı belirlenebilmektedir. Depremden kaynaklanan kolon eksenel yüklerinin hesabında, tüm kirişlerin moment kapasitesine ulaştığı andaki denge halinden elde edilen kiriş kesme kuvvetleri toplamı kullanılmaktadır. Daha sonraki aşamada kirişlerin moment kapasitesine ulaştığı varsayımı kiriş-kolon kapasite oranlarıyla kontrol edilmekte, eğer varsayım yanlışsa kolon eksenel yüklerinde düzeltmeye gidilmektedir.

Yöntemin önemli bir özelliği tüm mod etkilerinin hesaba katılabilmesidir. Yöntem yirmi katlı simetrik kuramsal betonarme yapı üzerinde denenmiş, elde edilen sonuçlar doğrusal olmayan zaman tanım alanında dinamik analizle ve statik artımsal itme analizi yöntemiyle karşılaştırılmıştır. Doğrusal olmayan zaman tanım alanında dinamik analiz yöntemi referans olarak alındığında Kapasite Kontrol Yönteminin birçok durumda tek modlu statik artımsal itme analizi yönteminden daha doğru sonuçlar verdiğini ortaya koyulmuştur. Bu yöntemin bir benzeri Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmeliği'nde de (2006) yer almıştır.

Doğrusal olmayan statik artımsal itme analizi yöntemi ve yapılarda performansa dayalı analizle ilgili çok sayıda akademik çalışmaları bulunmaktadır. Bunlardan bazıları ÇELİK, U.,(2007) 2007 Deprem yönetmeliğine göre mevcut bir betonarme yapının performansının değerlendirilmesi, ORAK, E.,(2008) Betonarme binaların deprem performanslarının deprem geçirmiş binalarla ilişkilendirilerek belirlenmesi, AKYILDIZ, H.,(2007) Betonarme binanın güçlendirme öncesi ve sonrası yapı performansının incelenmesi, KOÇAK;I.,(2007) Seçilen bir kamu binasının doğrusal ötesi davranışında beton dayanımı ve etriye aralığının etkisi, ARAZ,O.,(2009) Beton ve donatı dayanımının betonarme binaların deprem performansına olan etkisi [6-10].

1.2. Çalışmanın Kapsam ve Amacı

Bu tez çalışmasında 1975 yönetmeliğine göre yapılmış mevcut betonarme yapılar dikkate alınarak; kat adedi, yumuşak kat, malzeme özellikleri ve güçlü kiriş – zayıf kolon gibi pratikte rastlanabilecek düzensizliklerin yapı performansına olan etkileri araştırılmıştır. Bu amaçla, statik açıdan tasarım olumsuzlukları bulunmayan 3 ve 5 katlı genel iki yapı örneği referans bina olarak seçilmiş ve inceleme alanına giren tasarım olumsuzluklarını içeren yapı modelleri oluşturulmuştur. Bu yapı modelleri oluşturulurken incelenen olumsuzlukların dışında kalan yapının tüm özellikleri sabit tutulmuştur.

Seçilen referans binaya kat adedi, yumuşak kat, malzeme özellikleri ve güçlü kiriş – zayıf kolon gibi pratikte rastlanabilecek tasarım olumsuzlukları eklenerek yapı modelleri oluşturulmuş ve bu yapıların performansları incelenmiştir. Bu yapı modelleri oluşturulurken incelenen olumsuzlukların dışında kalan yapının tüm özellikleri sabit tutulmuştur. SAP2000 yapı analiz programı kullanılarak bu modellere ait yapı taban kesme kuvveti – tepe noktası yer değiştirme grafikleri doğrusal olmayan statik itme analizi ile elde edilerek referans yapılar ile karşılaştırılmıştır. Yapı performansları kapasite ve istem farklılıkları açısından incelenerek tasarım olumsuzluklarının yapı performansı üzerinde ne gibi olumsuzluklara yol açtığı belirlenmiştir.

BÖLÜM 2. PERFORMANS KAVRAMI

2.1. Giriş

Performans belirli bir deprem hareketi altında binanın sergilediği davranış olarak açıklanır. Buna yapısal performans da denir. Yapısal performans bir yapıyı oluşturan taşıyıcı ve taşıyıcı olmayan elemanların performans seviyeleri ile tanımlanır. Performans seviyeleri deprem etkisi altında öngörülen hasar miktarının sınır durumlarıdır. Bu sınır durumları binadaki taşıyıcı ve taşıyıcı olmayan elemanlardaki hasarın miktarına, bu hasarın can güvenliği bakımından bir tehlike oluşturup oluşturumamasına, deprem sonrasında binanın kullanılıp kullanılmamasına ve hasarın neden olduğu ekonomik kayıplara bağlı olarak belirlenir.

2.2. Performans Seviyeleri

Binaların deprem performansı, uygulanan deprem etkisi altında, bir yapı sistemini oluşturan yapı elemanlarının hasar durumlarına bağlı olarak belirlenir[2]. DBYBHY'07'de dört farklı bina deprem performans seviyeleri; Hemen Kullanım Performans Düzeyi, Can Güvenliği Performans Düzeyi, Göçme Öncesi Performans Düzeyi ve Göçme Durumu şeklinde verilmiştir.

2.2.1. Hemen kullanım performans düzeyi

Uygulanan deprem etkisi altında yapısal elemanlarda oluşan hasar minimum düzeydedir ve elemanlar rijitlik ve dayanım özelliklerini korumaktadırlar. Yapıda kalıcı ötelenmeler oluşmamıştır. Az sayıda elemanda akma sınırı aşılmış olabilir. Yapısal olmayan elemanlarda çatlamlar görülebilir, ancak bunlar onarılabılır düzeydedir. Herhangi bir katta, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda kirişlerin en fazla %10'u belirgin hasar bölgesine geçebilir, ancak

diğer taşıyıcı elemanlarının tümü minimum hasar bölgesindedir. Eğer varsa gevrek olarak hasar gören elemanların güçlendirilmeleri koşulu ile binanın Hemen Kullanım Performans Düzeyinde olduğu kabul edilir, güçlendirilmesine gerek yoktur.

2.2.2. Can güvenliği performans düzeyi

Uygulanan deprem etkisi altında yapısal elemanların bir kısmında hasar görülür, ancak bu elemanlar yatay rijitliklerinin ve dayanımlarının önemli bölümünü korumaktadırlar. Düşey elemanlar düşey yüklerin taşınması için yeterlidir. Yapısal olmayan elemanlarda hasar bulunmakla birlikte dolgu duvarları yıkılmamıştır. Yapıda az miktarda kalıcı ötelenmeler oluşabilir; ancak gözle fark edilebilir büyüklükte değildir. Herhangi bir katta, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda kirişlerin en fazla %30'u ve kolonların bir kısmı ileri hasar bölgesine geçebilir.

Ancak ileri hasar bölgesindeki kolonların, tüm kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine katkısı %20'nin altında olmalıdır. Diğer taşıyıcı elemanların tümü minimum hasar veya belirgin hasar bölgesindedir. Bu durumda, eğer varsa gevrek olarak hasar gören elemanların güçlendirilmeleri koşulu ile bina Can Güvenliği Performans Düzeyi'nde kabul edilir. Can güvenliği performans düzeyinin kabul edilebilmesi için herhangi bir katta alt ve üst kesitlerinin ikisinde birden minimum hasar sınırı aşılmış olan kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetinin, o kattaki tüm kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine oranının %30'u aşmaması gerekir. En üst katta ileri hasar bölgesindeki kolonların kesme kuvvetleri toplamının, o kattaki tüm kolonların kesme kuvvetlerinin toplamına oranı en fazla %40 olabilir. Binanın güçlendirilmesine, güvenlik sınırını asan elemanların sayısına ve yapı içindeki dağılımına göre karar verilir.

2.2.3. Göçme öncesi performans düzeyi

Uygulanan deprem etkisi altında yapısal elemanların önemli bir kısmında hasar görülür. Bu elemanların bazıları yatay rijitliklerinin ve dayanımlarının önemli bölümünü yitirmişlerdir. Düşey elemanlar düşey yüklerin taşınmasında yeterlidir;

ancak bazıları aksnel kapasitelerine ulaşmıştır. Yapısal olmayan elemanlar hasarlıdır, dolgu duvarların bir bölümü yıkılmıştır.

Yapıda kalıcı ötelemeler oluşmuştur. Herhangi bir katta, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda kirişlerin en fazla %20'si göçme bölgesine geçebilir. Diğer taşıyıcı elemanların gevrek olarak hasar gören elemanların güçlendirilmeleri koşulu ile Göçmenin Öncesi Performans Düzeyi'nde kabul edilir. Göçmenin önlenmesi durumunun kabul edilebilmesi için herhangi bir katta alt ve üst kesitlerinin ikisinde birden minimum hasar sınırı aşılmış olan kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetinin, o kattaki tüm kolonlar tarafından taşınan kat kesme kuvvetine oranının %30'u aşmaması gerekir. Binanın mevcut durumunda kullanımı can güvenliği bakımından sakıncalıdır ve bina güçlendirilmelidir. Ancak güçlendirmenin ekonomik verimliliği değerlendirilmelidir.

2.2.4. Göçme durumu

Yapı uygulanan deprem etkisi altında göçme durumuna ulaşır. Düşey elemanların bir bölümü göçmüştür. Göçmeyenler düşey yükleri taşıyabilmektedir; ancak rijitlikleri ve dayanımları çok azalmıştır. Yapısal olmayan elemanların büyük çoğunluğu göçmüştür. Yapıda belirgin kalıcı ötelemeler oluşmuştur. Yapı tamamen yıkılmıştır veya yıkılmanın eşiğindedir ve daha sonra meydana gelebilecek hafif şiddette bir yer hareketi altında bile yıkılma olasılığı yüksektir. Bina göçme öncesi performans düzeyini sağlamıyorsa Göçme Durumu'ndadır. Binanın güçlendirme uygulanmadan, mevcut durumu ile kullanılması can güvenliği bakımından sakıncalıdır. Bununla beraber, güçlendirme de çok kere ekonomik olmayabilir [12].

Binaların deprem performansının belirlenmesi için uygulanacak kurallar aşağıdaki Tablo 2.1. verilmiştir. Burada verilen kurallar betonarme ve prefabrik betonarme binalar için geçerlidir.

Tablo 2.1.DBYBHY'07 Bina performans düzeyleri ve koşulları

Performans Düzeyi	Performans Koşulları
Hemen Kullanım(HK)	1.Kirişlerin en fazla %10'u MN-GV arasında olmalıdır.
	2.Hiçbir düşey taşıyıcı eleman MN seviyesini geçmemelidir.
	3.Hiçbir kiriş elemanı GV seviyesini geçmemelidir.
	4.Görel kat ötelenmesi %1değerini geçmemelidir.
Can Güvenliği(CG)	1.Kirişlerin en fazla %20'si GV-GÇ arasında olmalıdır.
	2.GV-GÇ aralığında düşey taşıyıcılar tarafından taşınan kesme kuvvetinin o kattaki kat kesmesine oranı %20'yi aşmamalıdır. Bu oran en üst katta %40'ı geçmemelidir.
	3.Her iki ucu birden MN seviyesini aşmış düşey taşıyıcı elemanların taşıdığı kesme kuvveti, kat kesmesinin %30'unu aşmamalıdır.
	4.Hiçbir düşey taşıyıcı eleman GÇ seviyesini geçmemelidir.
Göçmenin Önlenmesi(GÇ)	1.Kirişlerin en fazla %20'si GÇ seviyesini geçebilmektedir.
	2.GÇ'yi geçmiş düşey taşıyıcı elemanların taşıdığı kesme kuvveti, kat kesmesinin %20'sini aşmamalıdır. Bu oran en üst katta %40'ı geçmemelidir.
	3.Her iki ucu birden GV seviyesini aşmış düşey taşıyıcı elemanların taşıdığı kesme kuvveti,kat kesmesinin %30'unu aşmamalıdır.
	4.Görel kat ötelenmesi %4 değerini aşmamalıdır.
Göçme Durumu	Göçmenin önlenmesi durumu sağlanmıyorsa, göçme durumundadır.

2.3. Yapı Elemanlarında Hasar Sınırları Ve Hasar Bölgeleri

Günümüze kadar dünyada meydana gelen depremler üzerinde incelemeler ve araştırmalar yapılmaktadır. Bu sayede deprem hareketlerini daha iyi anlamamıza ve depremin tahmin edilme çalışmalarının ilerlemesine faydaları olmaktadır. Bilimin bu incelemeleri ve araştırmalarıyla amacı; deprem sonrası oluşabilecek hasarları ve can kayıplarını ortadan kaldırmak, yapıların güvenli tasarlanması ve sağlam inşa edilmesidir.

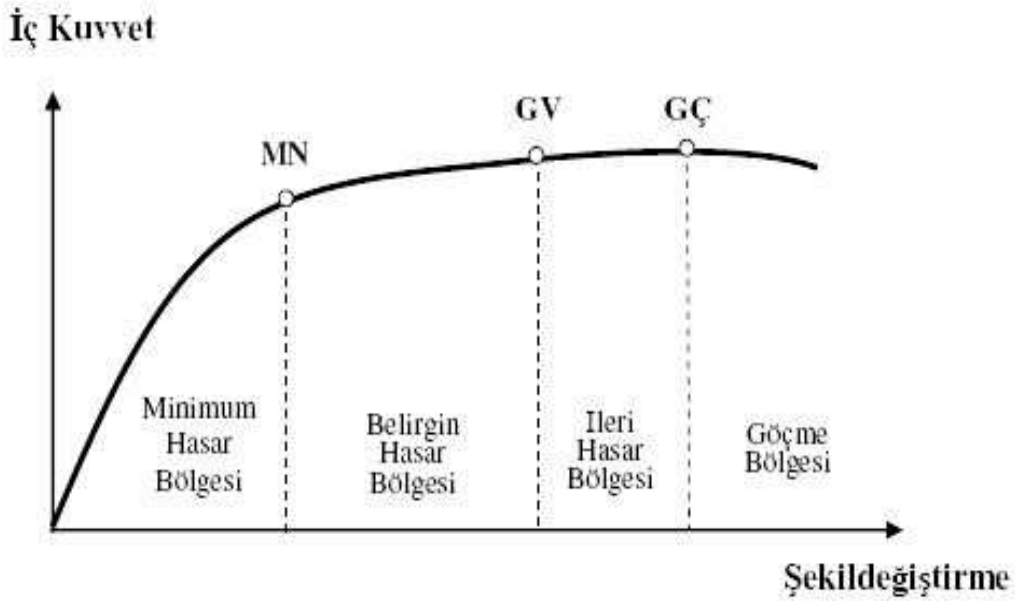
2007 Deprem yönetmeliğinde yer alan elamanlara ilişkin kırılma türleri kesit hasar sınırları ve bölgelerine ait bilgiler aşağıda verilmiştir.

2.3.1. Kesit hasar sınırları

Sünek elemanlar için kesit düzeyinde üç sınır durum tanımlanmıştır. Bunlar minimum hasar sınırı (MN), güvenlik sınırı (GV) ve göçme sınırı (GÇ)'dir. Minimum hasar sınırı kritik kesitte elastik ötesi davranışın başlangıcını, güvenlik sınırı kesitin dayanımını güvenli olarak sağlayabileceği elastik ötesi davranışın sınırını, göçme sınırı ise kesitin göçme öncesi davranışının sınırını tanımlamaktadır. Gevrek olarak hasar gören elemanlar da bu sınıflandırma geçerli değildir.

2.3.2. Kesit hasar bölgeleri

Kritik kesitleri minimum hasar sınırına ulaşmayan elemanlar Minimum Hasar Bölgesi'nde, minimum hasar sınırı ile güvenlik sınırı arasında kalan elemanlar Belirgin Hasar Bölgesi'nde, güvenlik sınırı ve göçme hasar sınırı arasında kalan elemanlar İleri Hasar Bölgesi'nde göçme sınırını aşan elemanlar ise Göçme Bölgesi'nde kabul edilecektir. (Şekil 2.1) Sistemlerinin deprem etkisine göre analizlerinde çözüm yöntemi önceden meydana gelmiş deprem kayıtlarının ele alınıp, hareket denklemlerinin, zaman veya frekans alanında integre edilmesi ile yer değiştirme, hız, ivme ve elastik kuvvetlerin bulunmasıdır.



Şekil 2.1. Kesit hasar sınırları ve hasar bölgeleri [2]

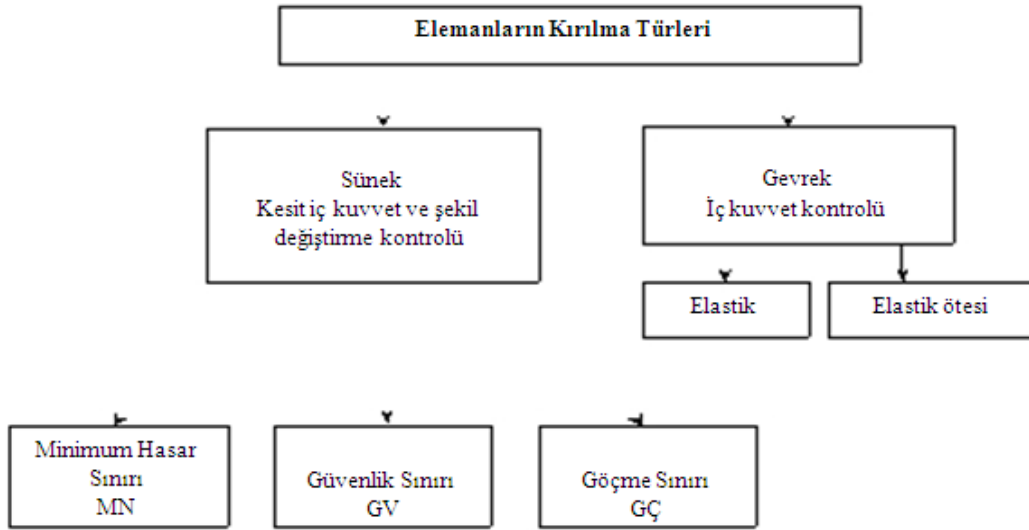
2.3.3. Kesit ve eleman hasarlarının tanımlanması

Tanımlanan yöntemlerle hesaplanan iç kuvvetlerin ve/veya şekil değiştirmelerin, kesit hasar sınırlarına karşı gelmek üzere tanımlanan sayısal değerler ile karşılaştırılması sonucunda, kesitlerin hangi hasar bölgesinde olduğuna karar verilecektir. Eleman hasarı, elemanın en fazla hasar gören kesitine göre belirlenecektir.

2.3.4. Yapı elemanlarının kırılma türleri

Kırılma türü kesme olan gevrek kiriş, kolon ve perdelerin etki/kapasite oranları, kritik kesitlerde hesaptan elde edilen kesme kuvvetinin TS-500'e göre hesaplanan kesme dayanımına bölünmesi ile elde edilir [13]. Kırılma türü basınç olan gevrek kolonların etki/kapasite oranları, hesaptan elde edilen basınç kuvvetinin TS-500'e göre hesaplanan basınç dayanımına bölünmesi ile elde edilir. Kesit kesme kuvveti dayanımı ve basınç dayanımı hesabında DBYBHY (2007)' de tanımlanan bilgi düzeyine göre belirlenen mevcut malzeme dayanımı değerleri kullanılmalıdır.

Yapı elemanlarının hasar sınırlarının belirlenebilmesi için öncelikle elemanın kırılma türü belirlenmelidir. Kırılma türü elemanların kapasitelerine hangi kırılma türüyle ulaşmasına göre "sünek" ve "gevrek" olarak iki sınıfa ayrılmıştır.(Şekil 2.2) Yönetmelikte betonarme elemanlar, kırılma türü eğilme ise "sünek", kesme ise "gevrek" olarak belirtilmiştir.



Şekil 2.2. Yapı elemanlarının kırılma türleri [2]

2.4. Depremde Bina Performansının Doğrusal Elastik Olmayan Yöntemler İle Belirlenmesi

2.4.1. Artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi ile itme analizi

Birinci(deprem doğrultusunda hakim) titreşim mod şekli ile orantılı olacak şekilde deprem istemi sınırına kadar monotonik olarak adım adım arttırılan eşdeğer deprem yüklerinin etkisi altında doğrusal olmayan itme analizinin yapılmasıdır. Düşey yük analizini izleyen itme analizinin her bir adımında taşıyıcı sistemde meydana gelen yer değiştirme, plastik şekil değiştirme ve iç kuvvet artımları ile bunlara ait kümülatif değerler ve son adımda deprem istemine karşı gelen maksimum değerler hesaplanır.

Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'nin kullanılabilmesi için bina kat sayısının bodrum hariç 8'den fazla olmaması, herhangi bir katta ek dışmerkezlik göz önüne alınmaksızın doğrusal elastik davranışa göre hesaplanan burulma düzensizliği katsayısının $\eta_{bi} < 1.4$ olması, göz önüne alınan deprem doğrultusunda doğrusal elastik davranış esas alınarak hesaplanan birinci (hakim) titreşim moduna ait etkin kütlelerin toplam bina külesine (rijit perdelerle çevrelenen bodrum katlarının küleleri hariç) oranının en az 0.70 olması zorunludur.

Artımsal ivme analizi, eşdeğer deprem yüğü dağılımının, taşıyıcı sistemdeki plastik kesit oluşumlarından bağımsız biçimde sabit kaldığı varsayımı yapılabilir. Bu durumda yük dağılımı, analizin başlangıç adımında doğrusal elastik davranış için hesaplanan birinci (deprem doğrultusundaki hakim) doğal titreşim mod şekli genliği ile ilgili kütlelerin çarpımından elde edilen değerle orantılı olacak şekilde tanımlanır. Kat döşemeleri rijit diyafram olarak idealleştirilen binalarda, birinci (hakim) doğal titreşim mod şeklinin genlikleri olarak her katın kütle merkezindeki birbirine dik iki yatay öteleme ilk kütle merkezinden geçen düşey eksen etrafındaki dönme göz önüne alınacaktır.

2.4.2. Artımsal mod birleştirme yöntemi ile itme analizi

Artımsal mod birleştirme yönteminde, deprem istem limitine kadar her bir titreşim modunda monotonik olarak arttırılan modal yer değıştirmelere göre mod birleştirme yöntemi, ardışık iki plastik mafsall oluşumu arasındaki her bir itme adımında artımsal olarak uygulanır. Bu itme adımlarında taşıyıcı sistemde meydana gelen yer değıştirme, plastik şekil değıştirme ve iç kuvvet artımları ile bu büyüklüklere ait birikimli değıerler ve son itme adımında deprem istemine karşı gelen maksimum değıerler hesaplanır. Artımsal mod birleştirme yöntemi tüm binalara uygulanabilmektedir.

2.4.3. Zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemi

Zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yönteminde, taşıyıcı sistemin doğrusal olmayan (nonlinear) davranışı göz önüne alınarak, sistemin hareket denklemleri artımsal olarak entegre edilir ve her bir zaman artımında sistemde meydana gelen yer değiştirme ve iç kuvvetler ile bu büyüklüklerin deprem istemine karşı gelen maksimum değerleri hesaplanılarak tüm binalarda uygulanabilir.

2.5. Plastik Davranışın İdealleştirilmesi

2007 Deprem Yönetmeliğinde, doğrusal elastik olmayan analiz için yığılı plastik davranış modelinin (plastik kesit kavramı) kullanılması öngörülmüştür. Basit eğilme durumunda plastik mafsallara hipotezine karşı gelen bu modelde, çubuk eleman olarak idealleştirilen kiriş, kolon ve perde türü taşıyıcı sistem elemanlarındaki iç kuvvetlerin plastik kapasitelerine eriştiği sonlu uzunluktaki bölgeler boyunca, plastik şekil değiştirmelerin düzgün yayılı biçimde oluştuğu varsayılmaktadır.

2.5.1 Mafsallık bölgeleri

Betonarme elemanlarda en büyük kesit tesirlerine uç bölgeler maruz kalmaktadır. Bu nedenle hasar ve doğrusal ötesi davranış bu bölgelerde görülmektedir. Bu sebeple plastik mafsallar, yönetmeliğimizde (ABYYHY-98) etriye sıklaştırması yapılması şartı bulunmasından dolayı sargı bölgesi olarak da adlandırılan bu bölgelerde tanımlanmaktadır.



Şekil 2.3. Kolon ve kiriş elemanlarda sargılama bölgeleri [18]

Plastik mafsalların tanımlanmasında sözü edilen etriye aralıkları bu bölgeler için göz önüne alınmaktadır. Betonarme elemanların orta bölgelerinin elastik kalacağı varsayıldığından bu bölgelerde bulunan yanıl donatı miktarının analizlerde önemi yoktur. Bu bölgelerde hasar beklenmesi durumunda bu noktalara da plastik mafsıl tanımlanmalıdır.

2.5.2. Plastik mafsıl boyu

Süneklik üzerinde önemli etkisi olan plastik mafsıl boyu elemanın çeşitli özelliklerine bağılı olarak değışir. Bunlar:

- Mafsıl ve moment sıfır noktası arası mesafe
- Mafsıl boyunca aktarılan kesme kuvveti
- Kesit üzerindeki akseneel yük
- Enine donatı ile orantılı olan sargı etkisi
- Betonun kabul edilebilir nihai birim deformasyonu
- Boyuna donatı çapı, tip ve mekanik özellikleri

Plastik mafsal boyu için literatürde çeşitli bağıntılar mevcuttur. (Park ve Paulay, 1975; Priestley ve diğ., 1996; Fardis ve Biskinis, 2003). Priestly ve diğ. tarafından önerilen ve ATC 32 (1996) dokümanında da yer alan bağıntı (2.1);

$$L_p = 0.08 L_0 \quad 0.022 f_{ye} d_{bl} \geq 0.044 f_{ye} d_{bl} \quad (\text{MPa}) \quad (2.1)$$

L_0 = Plastik mafsal moment sıfır noktası arası mesafe,

f_{ye} = Donatı akma dayanımı,

d_{bl} = Boyuna donatı çapıdır.

Denklemden yer alan L_0 mesafesi için yaklaşık olarak eleman net uzunluğunun yarısı kullanılmıştır.

Basit eğilme durumunda plastik mafsal boyu olarak adlandırılan plastik şekil değiştirme bölgesinin uzunluğu L_p , çalışan doğrultudaki en kesit yüksekliği (h)'ın yarısına eşit (2.2) bağıntısıyla alınmaktadır,

$$L_p = 0.5h \quad (2.2)$$

Sadece aksenal kuvvet altında plastik şekil değiştirme yapan elemanların plastik şekil değiştirme bölgelerinin uzunluğu, ilgili elemanın serbest boyuna eşit olarak alınır. Yığılı plastik şekil değiştirmeyi temsil eden plastik kesitin, teorik olarak yukarıda tanımlanan plastik şekil değiştirme bölgesinin tam ortasına yerleştirilmesi gerekir. Pratik uygulamalarda aşağıda belirtilen yaklaşık idealleştirmeler yapılabilir:

a) Kolon ve kirişlerde plastik kesitler, kolon-kiriş birleşim bölgesinin hemen dışına, diğer deyişle kolon veya kirişlerin net açıklıklarının uçlarına konulabilir. Ancak, düşey yüklerin etkisinden ötürü kiriş açıklıklarında da plastik mafsalların oluşabileceği göz önüne alınmalıdır.

b) Betonarme perdelerde, plastik kesitler her katta perde kesitinin alt ucuna konulabilir. U, T, L veya kutu kesitli perdeler, bütün kolları birlikte çalışan tek perde olarak idealleştirilmelidir.

Binaların bodrum katlarında rijit çevre perdelerinin bulunması durumunda, bu perdelerden üst katlara doğru devam eden perdelerin plastik kesitleri bodrum üstünden başlamak üzere konulmalıdır.

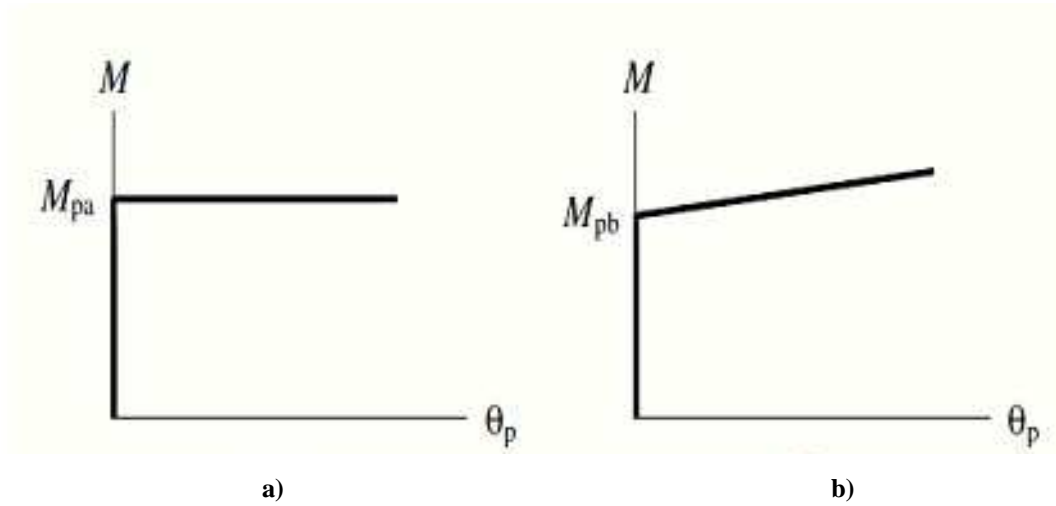
Bir veya iki eksenli eğilme ve eksenel kuvvet etkisinde plastikleşen betonarme kesitlerin akma yüzeylerinin (etkileşim diyagramlarının) tanımlanmasında, beton ve donatı çeliğinin bilgi düzeyi katsayısı ile çarpılan mevcut dayanımları esas alınır. Betonarme kesitlerin akma yüzeyleri uygun biçimde doğrusallaştırılarak, iki boyutlu davranış durumunda akma çizgileri, üç boyutlu davranış durumunda ise akma düzlemleri olarak modellenenir.

Eğilme etkisindeki betonarme elemanların akma öncesi doğrusal davranışları için çatlamış kesite ait eğilme rijitlikleri kullanılacaktır. İtme analizi modelinde kullanılacak plastik kesitlerin iç kuvvet plastik şekil değiştirme bağlantıları ile ilgili olarak aşağıdaki idealleştirmeler yapılabilir.

a) İç kuvvet plastik şekil değiştirme bağlantılarında pekleşme etkisi (plastik dönme artışına bağlı olarak plastik momentin artışı) yaklaşık olarak terk edilebilir.(Şekil 2.4)

Bu durumda, bir veya iki eksenli eğilme ve eksenel kuvvet etkisindeki kesitlerde plastikleşmeyi izleyen itme adımlarında, iç kuvvetlerin akma yüzeyinin üzerinde kalması koşulu ile plastik şekil değiştirme vektörünün akma yüzeyine yaklaşık olarak dik olması koşulu göz önüne alınır.

b) Pekleşme etkisinin göz önüne alınması durumunda (Sekil 2.4), bir veya iki eksenli eğilme ve aksenal kuvvet etkisindeki kesitlerde plastikleşmeyi izleyen itme adımlarında iç kuvvetlerin ve plastik şekil değiştirme vektörünün sağlaması gereken koşullar, ilgili literatürden alınan uygun bir pekleşme modeline göre tanımlanmalıdır[14].



Şekil 2.4. Eğilme momenti - Plastik dönme bağıntıları [18]

2.5.3 Tanımlanan mafsalların atanması

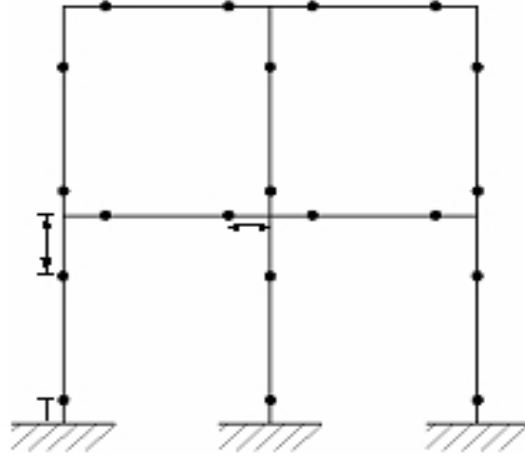
Bu çalışmada yığılı plastik bölge kabulü yapılmış, L_p uzunluğu boyunca oluşan mafsal plastikleşme bölgesinin ortasında tek bir nokta olarak modellenmiştir. Bu nedenle tanımlanan her bir mafsal elemanların mafsallaşması beklenen uç noktalarına aşağıdaki bağıntılarla tanımlanan uzaklığa yerleştirilmiştir (Şekil 2.5).

$$l_1 = L_p/2 \quad (2.3)$$

$$l_2 = H_{kiriş} + L_p/2 \quad (2.4)$$

$$l_3 = H_{kolon} + L_p/2 \quad (2.5)$$

$H_{kiriş}$ = Kiriş yüksekliği ve H_{kolon} = Kolonun, üzerine mafsal atanan kirişe dik



Şekil 2.5 Mafsalların eleman üzerine atanması [18]

2.6. Birim Şekil Değişirme İstemlerinin Belirlenmesi

Betonarme sistemlerde betonun basınç birim şekil değişirmesi istemi ile donatı çeliğindeki birim şekil değişirme istemi, aşağıda tanımlanan toplam eğrilik istemine göre ilgili kesitte verilen beton ve donatı çeliği modelleri kullanılarak elde edilen eğilme momenti-eğrilik ilişkisinden hesaplanır. Beton ve donatı çeliğinin birim şekil değişirmeleri cinsinden elde edilen deprem istemleri, aşağıda tanımlanan şekil değişirme kapasiteleri ile karşılaştırılarak kesit bazında taşıyıcı sistem performansı belirlenir.

2.7. Betonarme Elemanların Kesit Birim Şekil Değişirme Kapasiteleri

Plastik şekildeğişirmelerin meydana geldiği betonarme sünek taşıyıcı sistem elemanlarında çeşitli kesit hasar sınırlarına göre izin verilen şekildeğişirme üst sınırları (kapasiteleri) aşağıda tanımlanmıştır.

- a. Kesit Minimum Hasar Sınırı (MN) için kesitin en dış lifindeki beton basınç birim şekildeğişirmesi ile donatı çeliği birim şekil değiştirmesi üst sınırları:

$$- (\varepsilon_{cu})_{MN} = 0.0035; (\varepsilon_s)_{MN} = 0.01 \quad (2.6)$$

- b. Kesit Güvenlik Sınırı (GV) için etriye içindeki bölgenin en dış lifindeki beton basınç birim şekildeğişirmesi ile donatı çeliği birim şekil değiştirmesi üst sınırları:

$$- (\varepsilon_{cg})_{GV} = 0.0035 + 0.01(\rho_s / \rho_{sm}) \leq 0.0135; (\varepsilon_s)_{GV} = 0.040 \quad (2.7)$$

- c. Kesit Göçme Sınırı (GÇ) için etriye içindeki bölgenin en dış lifindeki beton basınç birim şekildeğişirmesi ile donatı çeliği birim şekil değiştirmesi üst sınırları:

$$- (\varepsilon_{cg})_{GC} = 0.004 + 0.014(\rho_s / \rho_{sm}) \leq 0.018; (\varepsilon_s)_{GC} = 0.06 \quad (2.8)$$

2.8. Bina Deprem Performansının Belirlenmesi

2.8.1. Binalar için hedeflenen deprem performans düzeyleri

Mevcut veya güçlendirilecek binaların deprem güvenliğinin belirlenmesinde esas alınacak deprem etkileri ve hedeflenecek performans düzeyleri Tablo 2.2’de verilmektedir.

Tablo 2.2. Farklı deprem düzeylerinde binalar için öngörülen minimum performans hedefleri

Binanın Kullanım Amacı Ve Türü	Deprem Aşılma Olasılığı		
	50 yılda %50	50 yılda %10	50 yılda %2
Deprem Sonrası Kullanımı Gereken Binalar: Hastaneler, sağlık tesisleri, itfaiye binaları, haberleşme ve enerji tesisleri, ulaşım istasyonları, vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, afet yönetim merkezleri, vb.	-	HK	CG
İnsanların Uzun Süreli ve Yoğun Olarak Bulunduğu Binalar: Okullar, yatakhaneler, yurtlar, pansiyonlar, askeri kışlalar, cezaevleri, müzeler, vb.	-	HK	CG
İnsanların Kısa Süreli ve Yoğun Olarak Bulunduğu Binalar: Sinema, tiyatro, konser salonları, kültür merkezleri, spor tesisleri	HK	CG	-
Tehlikeli Madde İeren Binalar: Toksik, parlayıcı ve patlayıcı özellikleri olan maddelerin bulunduğu ve depolandığı binalar	-	HK	GÖ
Diğer Binalar: Yukarıdaki tanımlara girmeyen diğer binalar (konutlar, işyerleri, oteller, turistik tesisler, endüstri yapıları, vb.)	-	CG	-

HK: Hemen Kullanım; **CG:** Can Güvenliği; **GÇ:** Göçme öncesi

Tablo 2.3. Deprem Etkisi Parametreleri

Deprem Türü	Deprem Etkisi Katsayısı	50 Yılda Aşılma Olasılığı	Ortalama Dönüş Periyodu
Kullanım Depremi	~0.50	%50	72 Yıl
Tasarım Depremi	~1.00	%10	474 Yıl
En Büyük Deprem	~1.50	%2	2475 Yıl

Yukardaki Tablo 2.3’de 50 yılda aşılma olasılığı %50 olan depremin ivme spektrumu yönetmelikte tanımlanan spektrumun yaklaşık olarak yarısı, 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan depremin ivme spektrumu ise yönetmelikte tanımlanan spektrumun yaklaşık 1,5 katı olarak kabul edilmiştir. DBYBHY’ de yeni yapılacak binalar için esas alınan tasarım tasarım depremi, dönüş periyodu 475 yıl olan, diğer deyişle bir yılda meydana gelme olasılığı $(\frac{1}{475}) = 0.0021$ olan "seyrek deprem"dir. Bu depremin 50 yılda aşılma olasılığı aşağıdaki bağıntı (2.9) ile %10 olarak elde edilir [7].

$$P_{50} = 1 - (1 - \frac{1}{475})^{50} = 0.1 \quad (2.9)$$

2.8.2. Göreli kat ötelemelerinin kontrolü

Göz önüne alınan deprem doğrultusu için, binanın herhangi bir katındaki kolon veya perdelerin göreli kat ötelemeleri, her bir hasar sınırı için Tablo 2.4’de verilen değeri aşmamalıdır. Aksi durumda yapılan hesaplamalar sonucu elde edilen bina hasar düzeyi değerlendirmeleri göz önüne alınmayacaktır [2].

Tablo 2.4. Göreli kat ötelemesi sınırları

Görel Kat Ötelemesi Oranı	Hasar Sınırı		
	MN	GV	GÇ
δ_{ji} / h_{ji}	0.01	0.03	0.04

BÖLÜM 3. DOĞRUSAL OLMAYAN STATİK ANALİZ (PUSHOVER ANALİZİ)

3.1. Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımının Temel İlkeleri

Yapıya etkiyen deprem çok kısa süreli, dinamik bir etkidir ve yapı bu kısa zamanda önemli bir yatay kuvvet ile zorlanır. Bu etki yer hareketinin, zeminin ve yapının özelliklerine bağlıdır. (kütle, sönüm, rijitlik, periyot, yer ivmesi vb.)

Depreme dayanıklı yapı tasarımında, yapının ender görülebilecek şiddetli depremler karşısında elastik sınırlar içinde kalamayacağı, çeşitli yerlerde plastik mafsall oluşumlarının yani hasarın gözleneceği öngörülmekte, ancak can güvenliğinin sağlanması için yapının kısmen veya tamamen göçmemesi yaklaşımı benimsenmektedir [8].

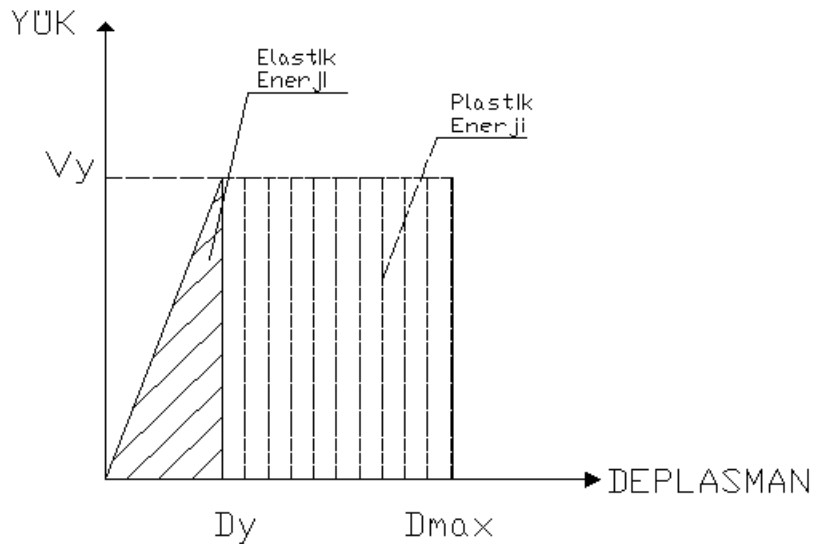
Yapı, tasarım için kullanılan depremlerde plastik deformasyon yapacak yani hasar görecektir. Bu sayede yapı deplasman yaparak enerji tüketebilecektir. Enerji tüketimini sağlayacak plastik mafsall oluşumu ise istenen seviyelerde kalmalıdır. Yani enerji tüketim sürecinde yapıda göçme olmamalıdır. Düşük veya orta şiddetteki yer hareketleri daha sık meydana gelmektedir. Bu şiddetteki hareketler yapıda hasar yaratmamalı ya da oluşacak hasar hafif ve onarılabilir olmalıdır. Depreme dayanıklı yapı tasarımının temel felsefesi bu şekilde özetlenebilir.

Depreme dayanıklı yapı tasarımının önemli koşullarından birisi de yanal ötelemenin sınırlandırılması, yani yapının belirli bir rijitliğe sahip olmasıdır. Eğer herhangi bir depremde katlar arası yer değiştirme farkı büyük olursa yapıya etkiyecek ikinci mertebe momentleri artacak ayrıca yapısal olmayan elemanlarda oluşacak hasarın maliyeti de yükselecektir. Aynı zamanda büyük deplasman, hasarın artması demektir. Bu sebeple özellikle düşey taşıyıcı elemanların boyutlandırılmasında tasarımcının yapının yanal rijitliğini yüksek tutması demektir.

3.1.1. Enerji sönümü ve süneklik

Yapının ve zeminin özelliklerinden dolayı, deprem etkisi ile ortaya çıkan enerji, yapılarda değişik türden sönümlerle azalır. Bu sönümler, yapının rijitliği, geometrik boyutları ve kullanılan malzemenin yanında depremin büyüklüğü ile de ilgilidir. Yapılar, elemanlarının plastik ötesi davranışının yanında, yapısal olmayan elemanlarının enerji tüketimine katkısı, temel-zemin etkileşimi gibi farklı nedenlerle de enerji tüketebilirler.

Betonarme elemanlar için yük-deformasyon eğrisinin altında kalan alan yapılan işe eşittir ve betonarme elemanın enerji tüketme gücünü göstermektedir. Betonarme elemanların elastik enerji tüketme güçleri kısıtlıdır. Plastik enerji tüketme gücü ise malzeme kalitesi ve donatı detaylarına bağlı olarak artabilmektedir. Şekil 3.1’de yapı elemanlarının enerji tüketme güçleri idealize edilmiştir. Şekilde V_y ve D_y sırasıyla akma anındaki yük ve deplasman değerlerini, D_{max} ise maximum deplasmanları ifade etmektedir.



Şekil 3.1. Yapı elemanlarının enerji tüketme güçleri [18]

Plastik deplasman veya plastik enerji tüketimi söz konusu olunca bir kavram daha ön plana çıkmaktadır, bu da sünekliktir. Süneklik bir kesitin, bir elemanın ya da bir taşıyıcı sistemin dış yükte önemli bir değişme olmaksızın, elastik sınırın ötesinde şekil değiştirme, deplasman yapabilme özelliğinin ölçüsü olarak tanımlanabilir [10].

Yapı ve yapı elemanlarında "süneklik oranı" (μ) bir yapı ya da yapı elemanının yapabileceği maksimum deplasmanın, akma deplasmanına oranı olarak da ifade edilebilir. Sünek yapı deyimi ile depremin enerjisini kalıcı deformasyon yaparak

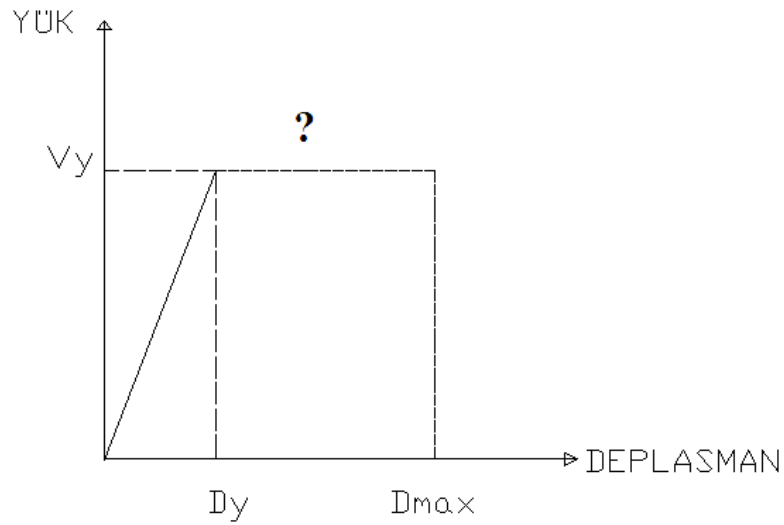
tüketen fakat yıkılmayan yapı anlaşılmaktadır. Süneklik ifadesi ise $\left(\mu = \frac{D_{\max}}{D_y} \right)$

olarak verilmiştir.

3.2. Doğrusal Olmayan Statik Analiz

Depremde meydana gelen yapısal hasarların, yönetmeliklerin öngördüğü yükler altında elemanların mevcut dayanım kapasitelerinin aşılması ile değil, sünek davranması öngörülen yapı elemanlarının şekil değiştirme kapasitelerinin aşılması sonucu olduğu uzun bir süredir bilinmektedir. Deprem mühendisliğinde özellikle son yıllarda meydana gelen gelişmeler, yapıların deprem performanslarının belirlenmesinde ya da yeni yapıların deprem tasarımında *yer değiştirmeye bağlı tasarım* veya *şekil değiştirmeye bağlı tasarım* ilkesinin ön plana çıkmasını sağlamıştır.

Geleneksel analiz yöntemleri (doğrusal analiz) yapıların elastik kapasitelerinin belirlenmesinde veya ilk akmanın nerede oluşabileceğini görmede iyi bir araç olmasına rağmen, gerek hasarın oluşma mekanizmasını gerekse akmadan sonra kuvvetin yeniden dağılımı konusunda bize bir fikir verememektedir. Yapının doğrusal sınırın ötesinde bir maksimum deplasman sınırı olduğu kabul edilmekte fakat bu sınırlar arasında kalan bölge için herhangi bir yorum yapılamamaktadır. (Şekil 3.2) Ayrıca yapının doğrusal ötesi davranış ile meydana gelecek (kontrollü) hasar sonucunda enerji sönümlemesi beklenmekte, fakat bu hasarın boyutları ve yapı içerisindeki dağılımı sorularına cevap verilememektedir. Bunlar ve bunlara benzer nedenler doğrusal ötesi analiz yöntemlerinin geliştirilmesi gereğini ortaya koymuştur. Doğrusal ötesi analiz yöntemleri ile yapıda hasar mekanizması daha gerçekçi bir şekilde gözlenebilmekte, yapının doğrusal kapasitesi (akma sınırı) aşıldığında nasıl davranacağı daha iyi anlaşılabilir.



Şekil 3.2 Yapının Doğrusal Ötesi Davranışı [18]

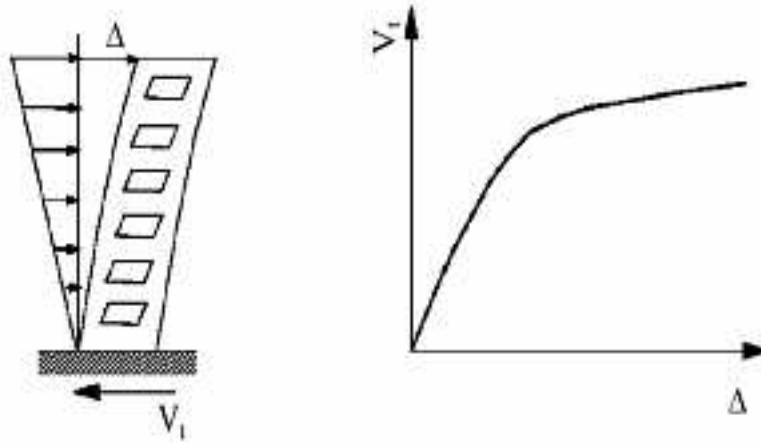
En temel doğrusal ötesi analiz yöntemi Zaman Tanım Aralığında Analiz Yöntemidir (Time History). Ancak bu yöntemin uygulanması zor ve zaman alıcı olduğundan pratikte uygun bir yöntem değildir. Genel olarak mühendislik pratiği doğrusal davranışa koşullandırılmış biçimde gelişmektedir.

Bundan farklı olarak doğrusal ötesi davranışın göz önüne alınmasını zorunlu kılan bu yaklaşımın mühendislik pratiğine sokulmasında yaşanabilecek sorunların aşılması için önerilen basitleştirilmiş çözüm, doğrusal ötesi statik yöntem ve yöntemin temel aracı ise Statik İtme Analizidir (Pushover Analysis). Bu yöntemlere Kapasite Spektrumu Yöntemi (ATC 40 1996) ve Deplasman Katsayıları Yöntemi (FEMA 356 2000) örnek olarak verilebilir. Bu yöntemlerde yapı şekil değiştirme kapasitesinin ve dolayısıyla maksimum deplasmanın elde edilebilmesi için analiz aracı olarak Statik İtirme Analizi (Pushover Analysis) kullanılmaktadır.

Ayrıca 2007 yılında yürürlüğe girecek olan Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DY07 2006)'daki mevcut yapıların değerlendirilmesi ve güçlendirilmesi adı altındaki bölüm incelendiğinde, Statik İtme Analizinin bu bölümün belkemiğini oluşturduğu görülmektedir.

3.2.1. Doğrusal olmayan statik itme analizi ile şekil değiştirme kapasitesinin belirlenmesi

Statik itme analizi, önceden belirlenmiş bir dağılıma göre sisteme etki ettirilen yatay yüklerin adım adım artırılması (yapısal stabilite bozuluncaya kadar ya da önceden belirlenen limite kadar) ve her adımda elde edilen iç kuvvetler, yer değiştirmeler ve plastik şekil değiştirmelerin hesaplanması olarak tanımlanabilir. Statik itme analizi sonucunda, yapının global itme eğrisi yani kapasite eğrisi (pushover curve), analizin her adımında elde edilen taban kesme kuvveti ve en üst kattaki yatay yer değiştirmenin doğrusal ötesi değişimini göstermektedir (Şekil 3.3). Böylece yapı üst katının deplasmanına bağlı olarak diğer yapı elemanlarında oluşabilecek şekil değiştirmeler elde edilebilmektedir.



Şekil 3.3 İtme şekli ve kapasite eğrisi [18]

Tüm yapının doğrusal ötesi davranışı, taşıyıcı sistemi oluşturan elemanların her birinin doğrusal ötesi davranışının bir bütünü olarak karşımıza çıkmaktadır. Taşıyıcı sistem elemanlarındaki doğrusal ötesi davranış ise kritik kesitlerde oluşması öngörülen plastik mafsallarla temsil edilmektedir. Her taşıyıcı sistem elemanı için kesit özellikleri, donatı durumu, kullanılan malzeme özellikleri (donatı ve beton sınıfı) ve elemana etkiyen düşey yüke bağlı olarak elde edilen yük-deplasman ilişkileri yardımı ile plastik mafsal özellikleri belirlenmektedir. Yapının yük-deplasman grafiği üzerinde belirlenen limit noktalara (kesitte oluşacak maksimum eğilme, maksimum kesme kuvveti vs.), statik itme analizi sonucunda ulaşıp ulaşamadığı, ulaşılmakta ise hangi adımda ulaşıldığı kolaylıkla tespit edilebilmektedir.

Statik itme analizi yapılacak yapı için öncelikle yapıyı oluşturan bütün elemanların boyutları ve malzeme özellikleri dikkate alınarak taşıyıcı sistemin modellenmesi gerekir. Taşıyıcı sistem üzerinde plastik mafsal oluşması beklenen özellikle kolon-kiriş birleşim bölgeleri için kesit özellikleri (beton ve donatı sınıfı, donatı dizaynı, eksenel yük) belirlenir ve plastik mafsallar oluşturulur. Oluşturulan bu plastik mafsallar, taşıyıcı sistem üzerinde ilgili kesitlere atanır.

Kapasite eğrisinin elde edilmesi için gereken ve deprem yükünün yapı yüksekliği boyunca nasıl dağıldığını gösteren yük deseni (load pattern) belirlenir. Önceden belirlenen bir deplasman sınırı için veya yapı stabilitesi bozulana kadar arttırılan yükler altında sistemin analizi yapılarak adım adım kapasite eğrisi oluşturulur.

Yapının yatay olarak itilmesi için değişik yük desenleri kullanılabilir. Yöntemin tanımlandığı ATC 40 (1996)'da, Statik İtme Analizi'nde kullanılmak üzere, yapı davranışına bağlı olarak önerilen itme şekilleri tanımlanmıştır.

Deprem ile yapıya etkiyen yatay yükün tamamı en üst kat seviyesinden etkilmesi bu itme şekillerinden biridir. Böylece diğer kat seviyelerine başka yük tanımlanmaz.

Bir başka itme şeklinde ise çatıya ilave yük koyulmadan, her kat seviyesine eşdeğer deprem yükü yönteminden hesaplanan deprem yükleri etkilir.

İlk mod şekli ile kat kütlelerinin çarpımının oranları olan yatay yüklerin kat seviyelerine etkilmesi diğer bir itme şeklidir. Böyle bir itme şekli, yapının birinci moduna ait tepkisinin elde edilmesini sağlar. Birinci mod şeklinin baskın olduğu binalarda (genellikle birinci mod titreşim periyodunun 1 saniyeden küçük binalar) kullanılabilir.

Yapıda ilk elemanın akma görüldükten sonra, yük dağılımının deforme olmuş şekil ve davranışa uyacak şekilde düzenlendiği ve daha çok yumuşak kat oluşması olası olan yapılar için önerilen bu itme şekli de kullanılmaktadır.

Yüksek frekanslı modların katkıları da dikkate alındığı ve bu modların etkilerine göre kat seviyelerine yüklerin etkitildiği itme şekli özellikle yumuşak kat davranışı olan ve düzensizliklerin bulunduğu yapılar için kullanılabilir.

Statik itme analizinde mafsal yerlerinin, özelliklerinin, boylarının ve çeşitlerinin belirlenmesinden, yapının itilmesine kadar pek çok parametrenin doğru bir şekilde seçilmesi önemlidir.

Bunun için yapının deprem yükleri altında nasıl davranacağı konusuna hakim olmak gerekmektedir. Doğru oluşturulmamış bir modelle yapılacak bir analiz ile gerekirse yapılacak yapı güçlendirilmesi için doğru çözüm önerileri üretilmesinin mümkün olmadığı açık bir gerçektir. Statik itme analizi kullanılarak özellikle yumuşak kat ve kısa kolon gibi düşey düzensizliklere sahip yapılarda göçme mekanizmalarını yakalamakta oldukça başarılı sonuçlar elde edilmektedir.

Statik itme analizi yapıların dinamik yanal yükler altındaki doğrusal ötesi davranışının incelenebileceği bir statik analiz yöntemidir. Bu yöntemin ortaya koyduğu en önemli yenilik taşıyıcı sistem elemanlarının doğrusal ötesi davranışı ve buna bağlı olarak taşıyıcı sistem göçme mekanizmaları ve oluşacak hasarlar hakkında gerçekçi fikirler verebilmesidir. Yöntemin dünya çapında ve ülkemizde yönetmeliklere girmeye başladığı görülmektedir. Unutulmaması gereklidir ki, doğrusal olmayan statik artımsal itme analizlerinden elde edilecek sonuçların hassasiyeti, yapının modellenmesindeki başarıya ve bu modelin değişik elemanların elastik ötesi özelliklerini yansıtmasındaki hassasiyete bağlıdır.

1.Yöntem; Projelendirilmesi yapılmakta olan yapılar incelenirken;

- Hesap modeli oluşturulur.
- Elemanlara varsayılan plastik mafsalsal özellikleri atanır.
- Yükler tanımlanır.
- Yük birleşimleri altında boyutlama yapılır. Boyutlama SAP2000 ile yapılarak gerekli donatı alanları belirlenir.
- Belirlenen donatı alanları esas alınarak mafsalsal özellikleri program tarafından belirlenir.
- Statik itme analizi yapılarak kapasite eğrisi elde edilir.

2.Yöntem; Mevcut yapılar incelenirken;

- Hesap modeli oluşturulur.
- Elemanların donatı yerleşimi ve mevcut alanları kesit tanımında belirtilir.
- Belirtilen donatı alanları esas alınarak mafsalsal özellikleri program tarafından belirlenir.
- Varsayılan (default) plastik mafsalsal özellikleri atanır.
- Yükler tanımlanır.
- Statik itme analizi yükleri tanımlanır.(Düşey-Yatay)
- Statik itme analizi yapılarak kapasite eğrisi elde edilir.

3.Yöntem;

- Hesap modeli oluşturulur.
- Elemanların donatı yerleşimi ve mevcut alanları esas alınarak karşılıklı etki diyagramları ve moment-dönme bağıntıları kullanıcı tarafından belirlenir.
- Varsayılan plastik mafsalsal özellikleri yerine tanımlanan plastik mafsalsal özellikler atanır.
- Yükler tanımlanır.
- Statik itme analizi yükleri tanımlanır (Düşey-Yatay) yöntemleri kullanılarak statik itme analizi yapılır.

BÖLÜM 4. SAYISAL UYGULAMALAR

Bu tez çalışmasında, 1975 Yönetmeliğine göre tasarlanmış betonarme yapılarda bulunan tasarım kusurlarının yapı davranışına olan etkileri araştırılmıştır. Bu amaçla, tasarım kusuru bulunmayan 3 ve 5 katlı 2 farklı referans binası ve tasarım kusurları bulunan 33 adet yapı modelleri oluşturulmuştur. 35 adet yapı modellerinin SAP2000 paket programı kullanılarak itme analizleri (pushover analysis) yapılmıştır.

Bu çalışmada yapı modelleri, incelenen olumsuzluklara göre 6 farklı model tipi kurulmuş ve toplam 35 farklı bina modelinin analizleri yapılmıştır Yapı modelleri A, B, C, D, E ve F olarak isimlendirilmişlerdir.

A modeli 3 katlı, B modeli 5 katlı olup referans modeller olarak seçilmiştir. C modelinde kat adedi değişiminin, D modelinde yumuşak katın, E modelinde malzeme özelliklerinin, F modelin de ise güçlü kiriş – zayıf kolon durumunun yapı performansına olan etkileri SAP2000 yapı analiz programı kullanılarak incelenmiştir.

REFERANS MODELLERİN GENEL ÖZELLİKLERİ							
Referans Bina	MALZEME DAYANIMI		$H_{ze\ min}$ (m)	H_{kat} (m)	KAT ADEDİ	H_{toplam} (m)	Tasarım Kusuru
	BETON	DONATI					
A							
	C20	S420	3	3	3	9	-
B							
	C20	S420	3	3	5	15	-

Tablo 4.1. Referans Modellerin Genel Özellikleri

TASARIM KUSURLU MODELLERİNİN GENEL ÖZELLİKLERİ							
BİNA TÜRÜ	MALZEME DAYANIMI		$H_{ze\ min}$ (m)	H_{kat} (m)	KAT ADEDİ	H_{toplam} (m)	TASARIM KUSURU
	BETON	DONATI					
C Yapı Modelleri							
MC1	C20	S420	3	3	4	12	KAT ADEDİ
MC2	C20	S420	3	3	5	15	
MC3	C20	S420	3	3	6	18	
MC4	C20	S420	3	3	7	21	
MC5	C20	S420	3	3	8	24	
D Yapı Modelleri							
MD1	C20	S420	3,5	3	3	9,5	YUMUŞAK KAT
MD2	C20	S420	4	3	3	10	
MD3	C20	S420	4,5	3	3	10,5	
MD4	C20	S420	5	3	3	11	
MD5	C20	S420	3,5	3	5	15,5	
MD6	C20	S420	4	3	5	16	
MD7	C20	S420	4,5	3	5	16,5	
MD8	C20	S420	5	3	5	17	
E Yapı Modelleri							
ME1	C8	S220	3	3	3	9	MALZEME ÖZELLİĞİ
ME2	C10	S220	3	3	3	9	
ME3	C14	S220	3	3	3	9	
ME4	C16	S220	3	3	3	9	
ME5	C20	S220	3	3	3	9	
ME6	C8	S420	3	3	3	9	
ME7	C10	S420	3	3	3	9	
ME8	C14	S420	3	3	3	9	
ME9	C16	S420	3	3	3	9	
ME10	C20	S420	3	3	3	9	
F Yapı Modelleri							
MF1	C20	S420	3	3	4	12	GÜÇLÜ KİRİŞ - ZAYIF KOLON
MF2	C20	S420	3	3	5	15	
MF3	C20	S420	3	3	6	18	
MF4	C20	S420	3	3	7	21	
MF5	C20	S420	3	3	8	24	
MF1-2-3-4-5 MODELLERİNDE KOLON BOYUTLARI 40X40 KİRİŞ BOYUTLARI 30X60 cm							

BİNA TÜRÜ	MALZEME DAYANIMI		$H_{ze\ min}$ (m)	H_{kat} (m)	KAT ADEDİ	H_{toplam} (m)	TASARIM KUSURU
	BETON	DONATI					
F Yapı Modelleri							
MF6	C20	S420	3	3	4	12	GÜÇLÜ KİRİŞ - ZAYIF KOLON
MF7	C20	S420	3	3	5	15	
MF8	C20	S420	3	3	6	18	
MF9	C20	S420	3	3	7	21	
MF10	C20	S420	3	3	8	24	
MF6-7-8-9-10 MODELLERİNDE KOLON BOYUTLARI 40X40 KİRİŞ BOYUTLARI 40X60 cm							

Tablo 4.2. Tasarım Kusurlu Modellerin Genel Özellikleri

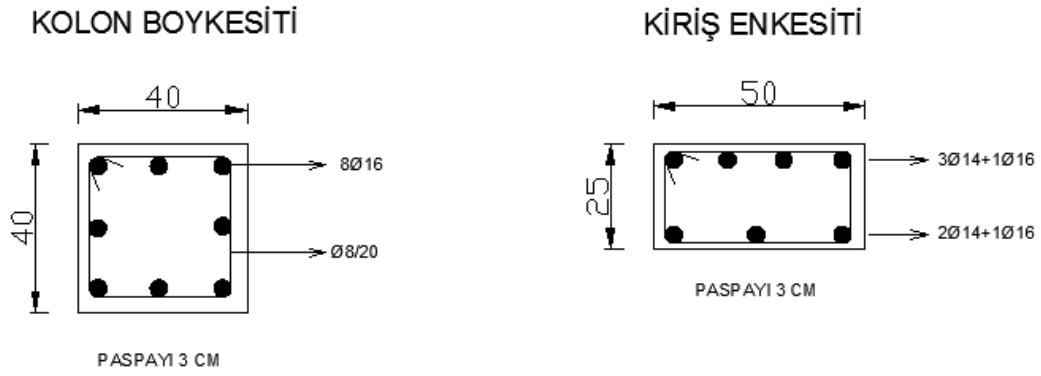
4.1. Binanın Tanıtılması

4.1.1. Bina Bilgileri

Taşıyıcı Sistem Özellikleri	Detaylar
Kolon Boyutları	40X40 cm
Kiriş Boyutları	25X40 cm
Döşeme Yüksekliği	12 cm
Bina Oturma Alanı	240 m ² (15X16 m)
Kullanım Amacı	Konut
Uygulanan Deprem Yönetmeliği	1975 A.B.Y.Y.H.Y

Tablo 4.3. Bina Bilgileri

Kolonların ve kirişlerin tamamı tüm modellerin tüm katlarında aynı olup, 1975 A.B.Y.Y.H.Y 'ne göre Şekil 4.1 teki gibi detaylandırılmıştır.



Şekil 4.1. Kolon boy kesiti ve kiriş en kesiti

4.1.2. Malzeme Bilgileri

Malzeme Özellikleri	Değerler
Beton Elastisite Modülü [E_c]	28000 MPa
Donatı çeliği Elastisite Modülü [E_s]	21000 MPa
Poisson Oranı	0,3
Betonarme Birim Hacim Ağırlığı	25 kN/m^3
Beton Isıl Genleşme Katsayısı [α]	$1.0 \times 10^{-5} 1/^\circ C$
Çelik Isıl Genleşme Katsayısı [α]	$1.2 \times 10^{-5} 1/^\circ C$

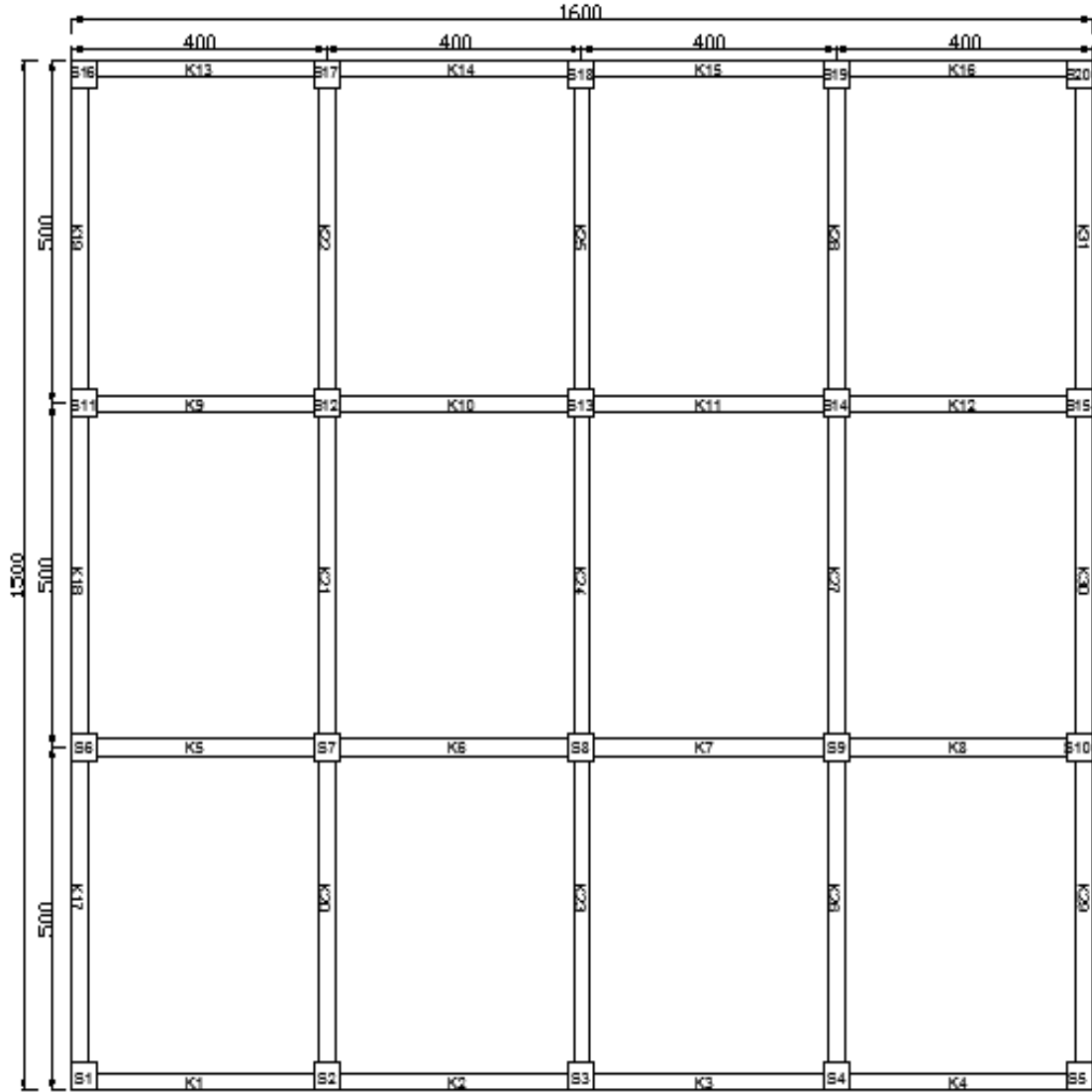
Tablo 4.4. Malzeme Bilgileri

4.1.3. Proje Parametreleri

Proje Parametre Özellikleri	Değerler
Deprem bölgesi	1
Etkin yer ivme katsayısı, [A_0]	0,4
Bina önem katsayısı, [I]	1
Yerel zemin sınıfı	Z3
Spektrum karakteristik periyotları	$T_a=0.15sn/ T_b=0.6sn$
Hareketli yük katılım katsayısı, [η]	0,3

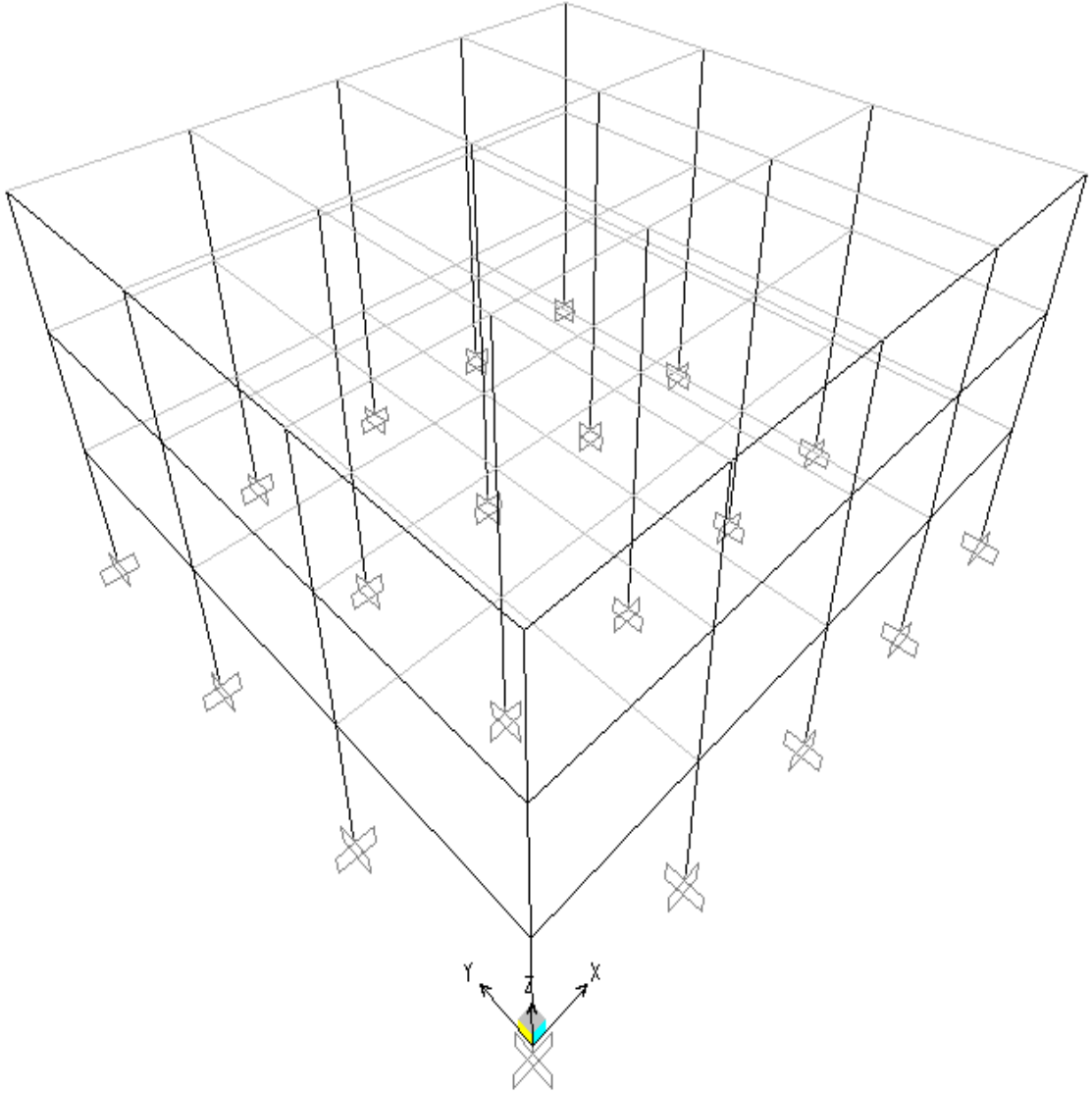
Tablo 4.5. Proje Parametre Bilgileri

4.1.4. Kalıp Planı



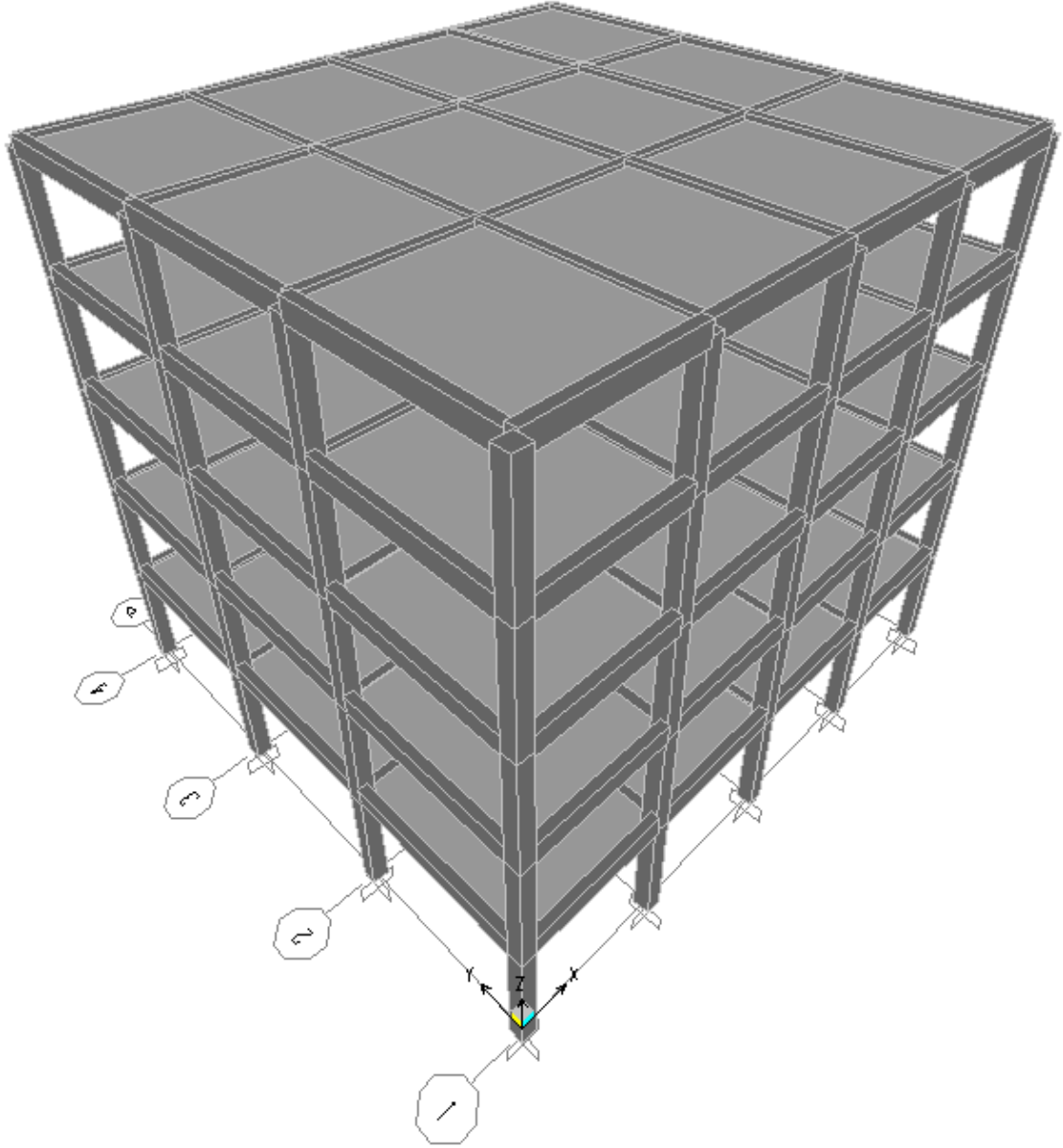
Şekil 4.2. Modellerin Kalıp Planı (Birimler cm 'dir.)

4.1.5. A Referans Modelinin 3 Boyutlu Görünümü



Şekil 4.3. A Referans Modelinin 3 Boyutlu Görünümü

4.1.6. SAP2000' de B Referans Modelinin 3 Boyutlu Görünümü



Şekil 4.4. Sap2000' de B Referans Modelinin 3 Boyutlu Görünümü

4.2. Referans Modeller

Referans Modeller A (3 katlı) ve B (5 katlı) olmak üzere iki farklı şekilde 1975 ABYYHY 'ne göre modellenmiştir.

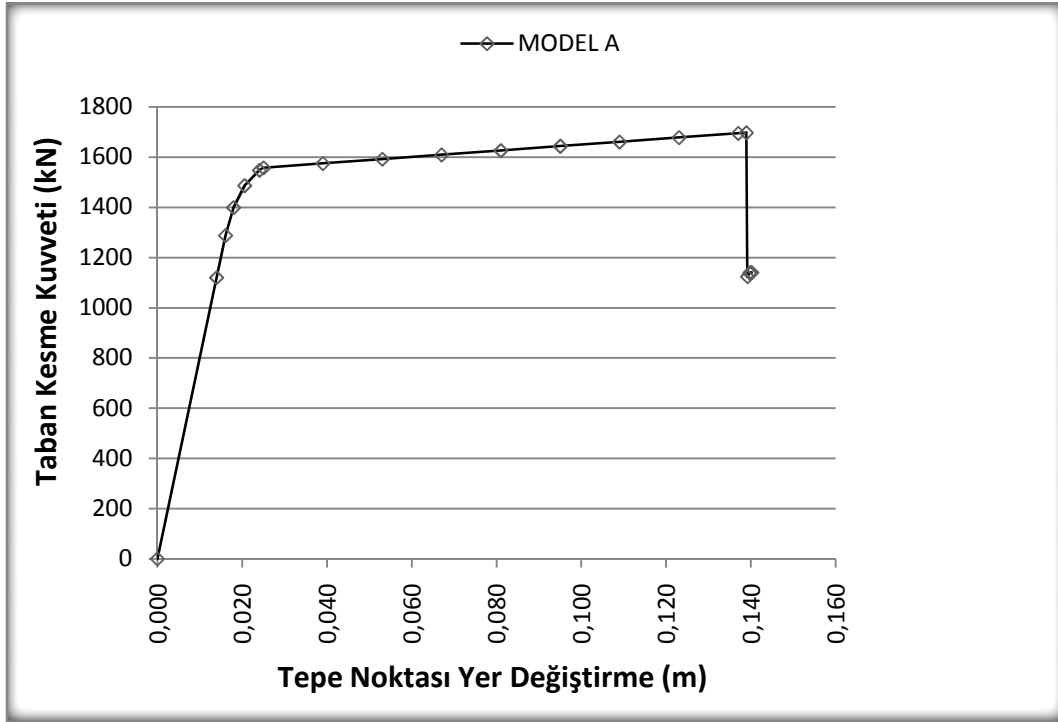
4.2.1. Referans Modellerin Genel Özellikleri

Tablo 4.1.' de kolon (40X40 cm) boy kesiti ve kiriş (25X50 cm) en kesiti detayları verilen referans modellere ait genel özellikler de Tablo 4.6' da verilmiş olup, bu bilgiler dâhilinde bu modellemelere ait analiz sonuçları elde edilmiştir.

REFERANS MODELLERİN GENEL ÖZELLİKLERİ							
Referans Bina	MALZEME DAYANIMI		$H_{ze\ min}$ (m)	H_{kat} (m)	KAT ADEDİ	H_{toplam} (m)	Tasarım Kusuru
	BETON	DONATI					
A	C20	S420	3	3	3	9	-
B	C20	S420	3	3	5	15	-

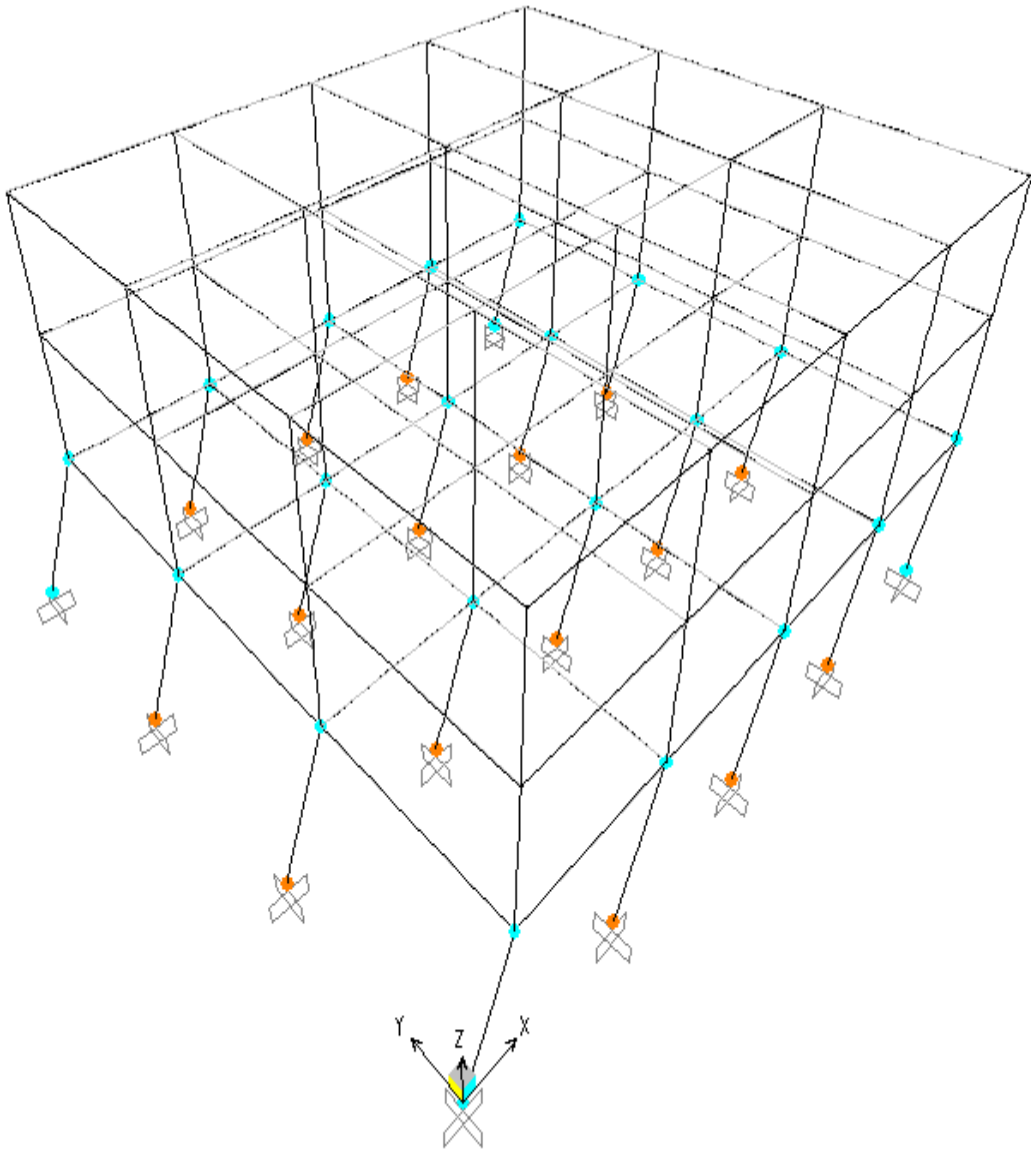
Tablo 4.6. Referans Modellerin Genel Özellikleri

4.2.2. A Referans Modelinin Analiz Sonuçları



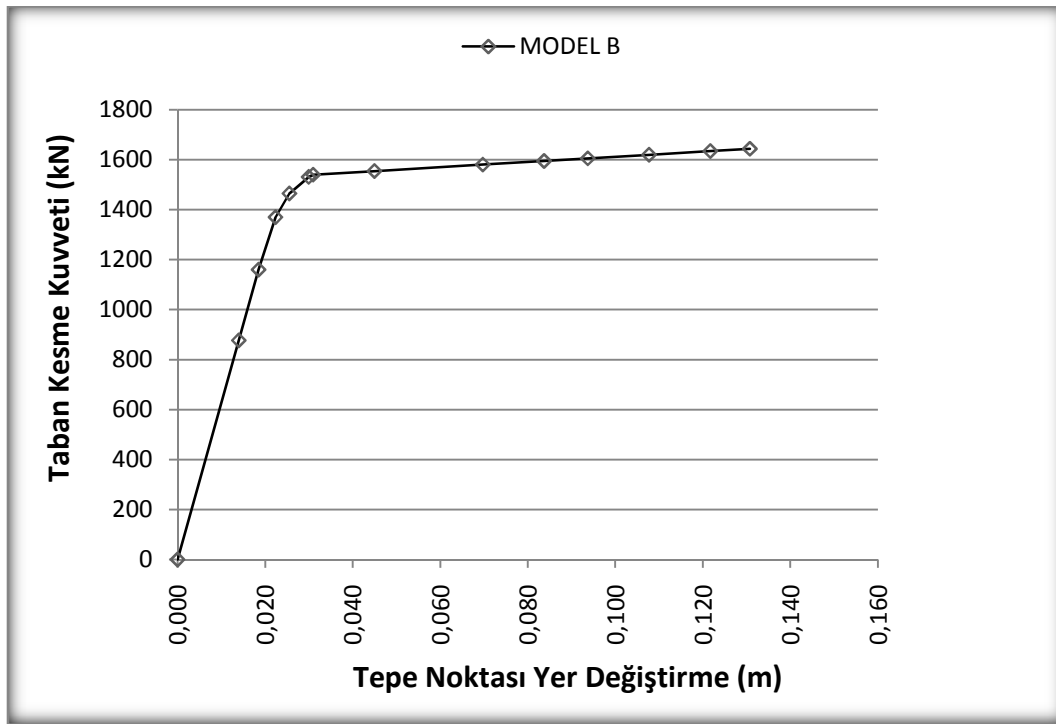
Şekil 4.5. A Referans Modelinin Taban Kesme Kuvveti – Yer Değişirme Grafiği

A tipi referans modeli incelendiğın de grafik üzerinde de görüldüğü gibi yapı dayanımına karşılık gelen taban kesme kuvveti yaklaşık $V_{göçme} = 1140,31$ kN ve bu göçme yükü sırasında oluşan tepe noktası yer değiştirme değeri ise yaklaşık $\Delta_{göçme} = 0,14$ m olarak okunmuştur.



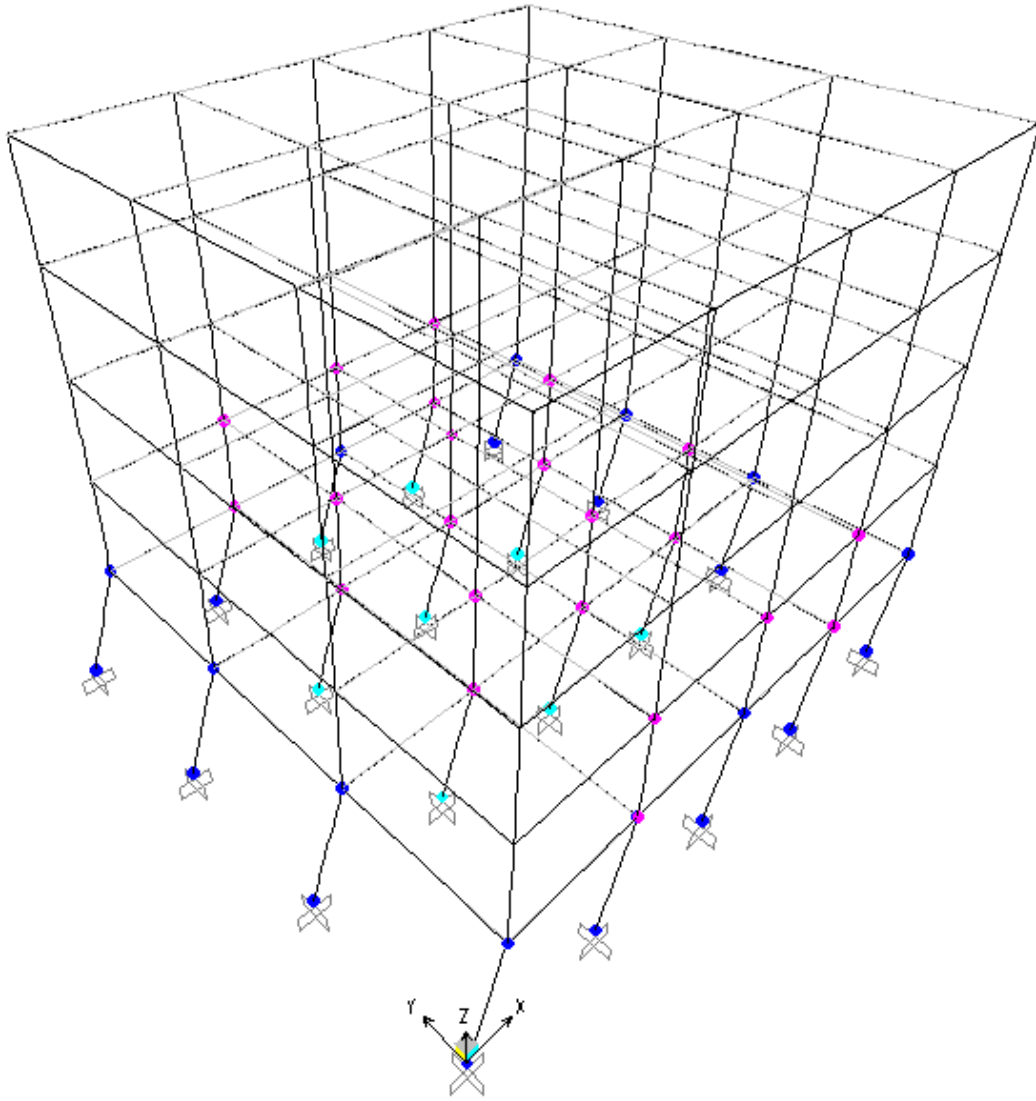
Şekil 4.6. A Referans Modelinde Oluşan Plastik Mafsal Oluşumu

4.2.3. B Referans Modelinin Analiz Sonuçları



Şekil 4.7. B Referans Modelinin Taban Kesme Kuvveti – Yer Değişirme Grafiği

B tipi referans modeli incelendiğın de grafik üzerinde de görüldüğü gibi yapı dayanımına karşılık gelen taban kesme kuvveti yaklaşık $V_{göçme} = 1643,49$ kN ve bu göçme yükü sırasında oluşan tepe noktası yer değiştirme değeri ise yaklaşık $\Delta_{göçme} = 0,13$ m olarak okunmuştur.



Şekil 4.8. B Referans Modelinde Plastik Mafsal Oluşumu

4.3. Tasarım Kusuru Tanımlanan Modeller

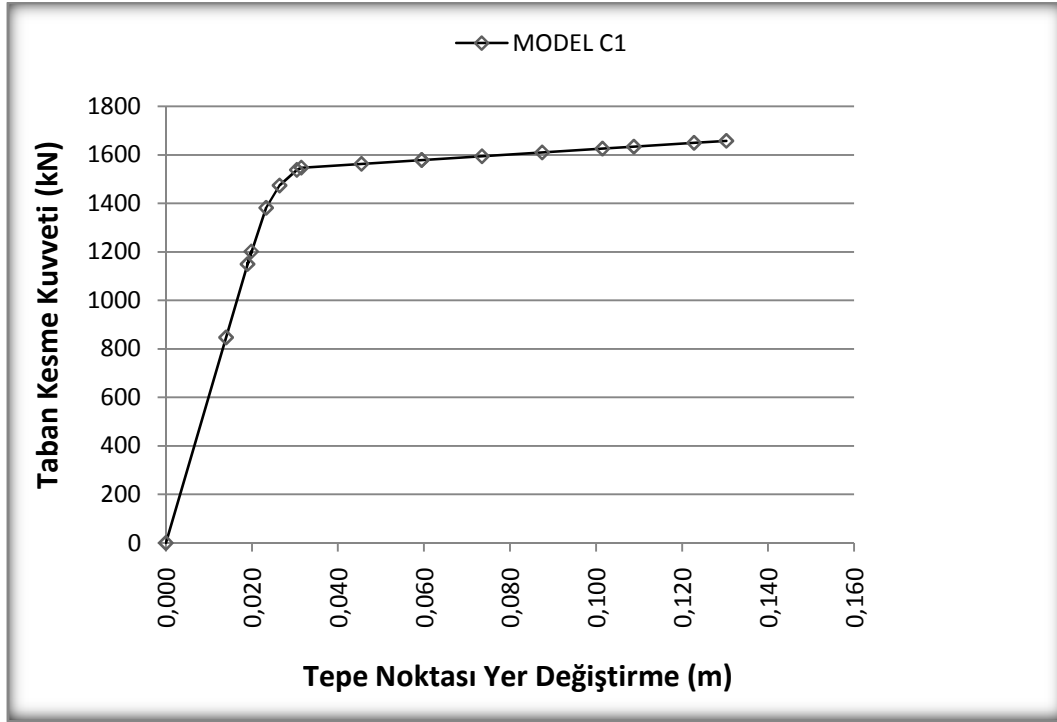
Tasarım kusurlu tanımlanan modeller dört başlık altında incelenmiştir. C modelinde kat adedi değişiminin, D modelinde yumuşak kat etkisinin, E modelinde malzeme özellikleri etkisinin, F modelinde ise güçlü kiriş – zayıf kolon etkisinin yapı performansına olan etkisini SAP2000 yapı analiz programı kullanılarak incelenmiştir.

4.3.1. C Tipi Modeller

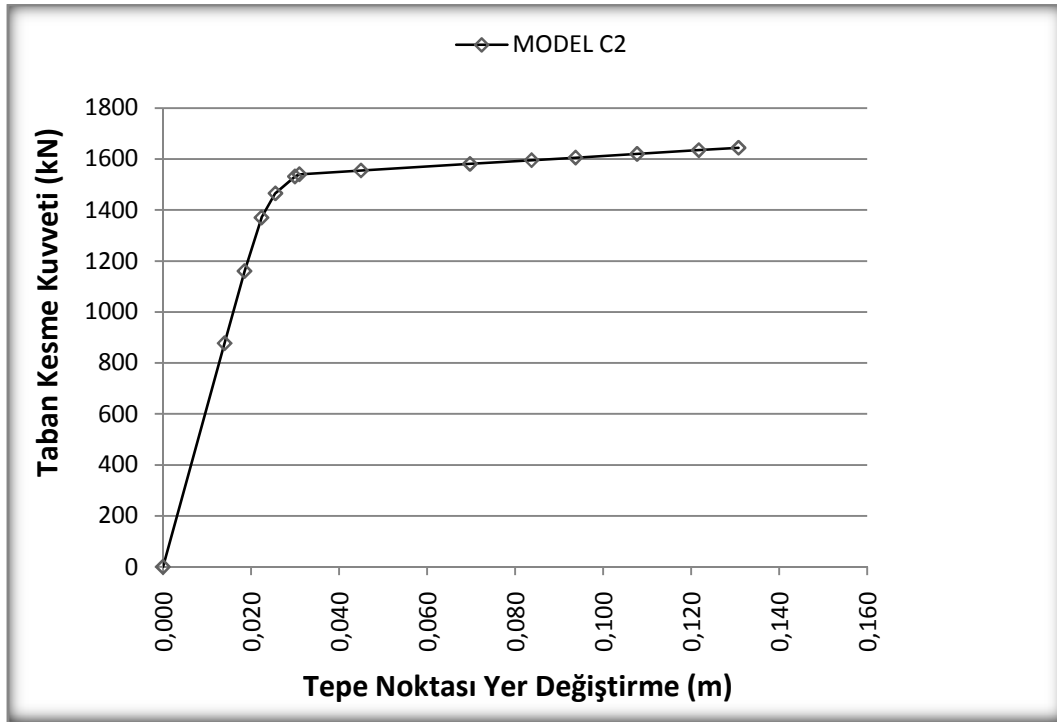
“Kat Adedi” nin artmasının, betonarme yapı davranışına olan etkilerini araştırmak amacıyla C tipi yapı modelleri tasarlanmış ve bu yapıların itme analizleri yapılmıştır. C tipi yapı modelleri oluşturulurken, A tipi yapı modelinin (Referans Model) kat adedi dışında kalan tüm özellikleri sabit tutulmuş sadece kat adetleri değiştirilmiştir (Tablo 4.7.). Bu yapı modellerinin SAP2000 paket programı kullanılarak yapılan itme analiz sonuçları grafikler halinde sunulmuş ve A referans modeliyle karşılaştırılarak değerlendirilmiştir (Şekil 4.14.).

MODELLERİN GENEL ÖZELLİKLERİ							
Yapı Modelleri	MALZEME DAYANIMI		$H_{ze\ min}$ (m)	H_{kat} (m)	KAT ADEDİ	$H_{topl\am}$ (m)	Tasarım Kusuru
	BETON	DONATI					
A	C20	S420	3	3	3	9	KAT ADEDİ
MC1	BS20	S420	3	3	4	12	
MC2	BS20	S420	3	3	5	15	
MC3	BS20	S420	3	3	6	18	
MC4	BS20	S420	3	3	7	21	
MC5	BS20	S420	3	3	8	24	

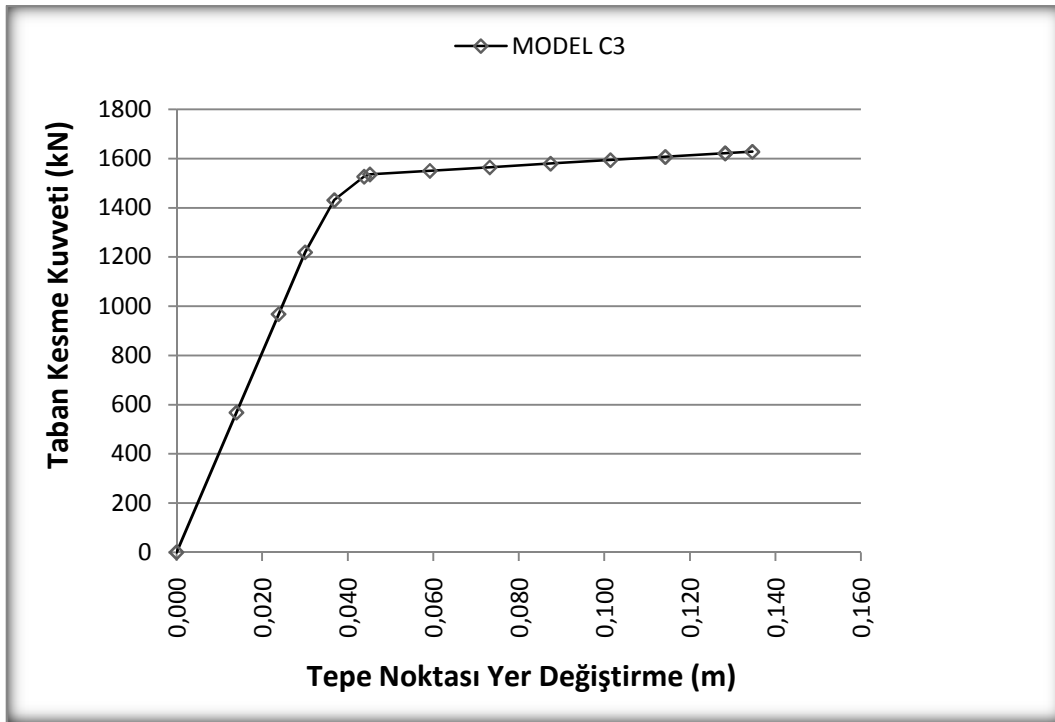
Tablo 4.7. C Tipi Modellerin Genel Özellikleri



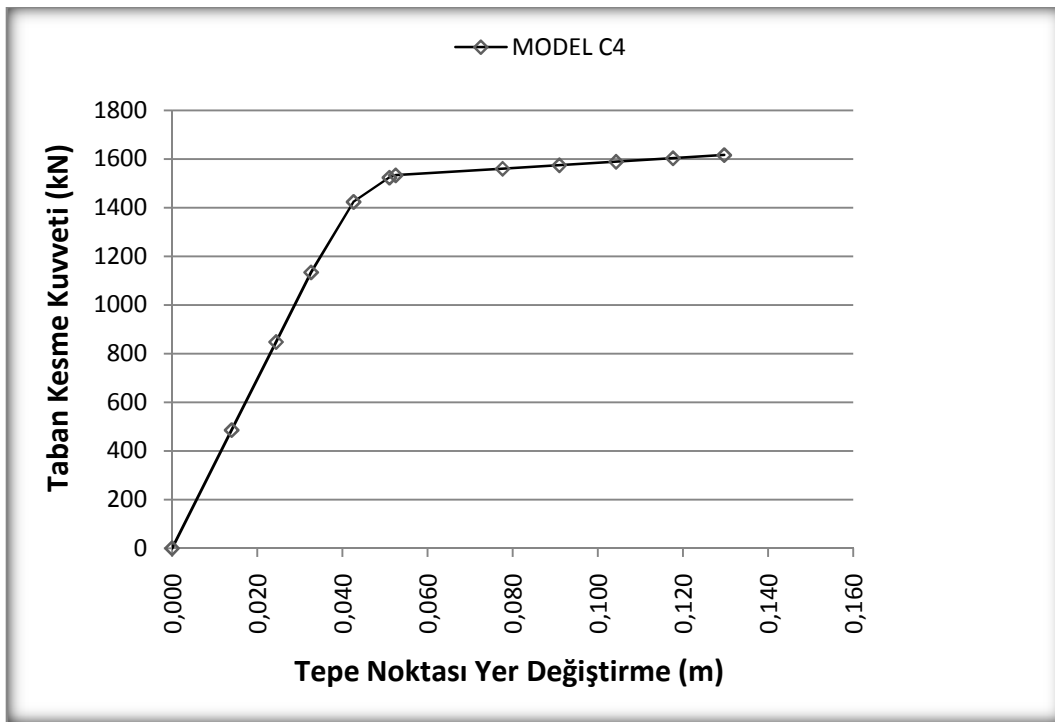
Şekil 4.9. C1 Tasarım Kusurlu Modelin Taban Kesme Kuvveti – Yer Değiştirme Grafiği



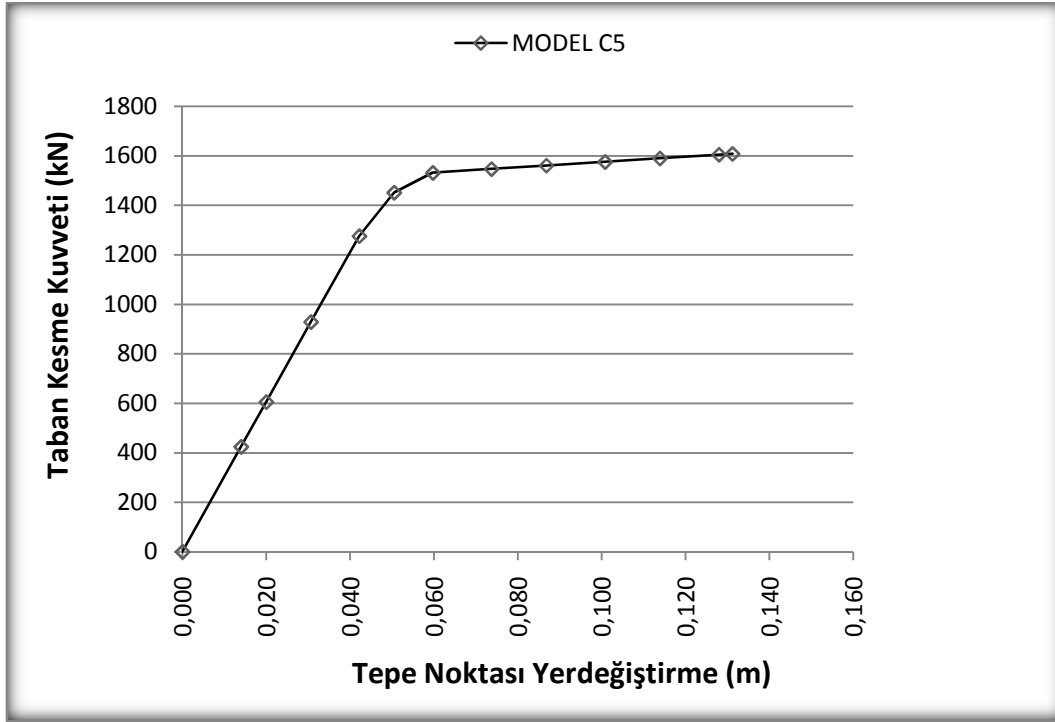
Şekil 4.10. C2 Tasarım Kusurlu Modelin Taban Kesme Kuvveti – Yer Değiştirme Grafiği



Şekil 4.11. C3 Tasarım Kusurlu Modelin Taban Kesme Kuvveti – Yer Değiştirme Grafiği

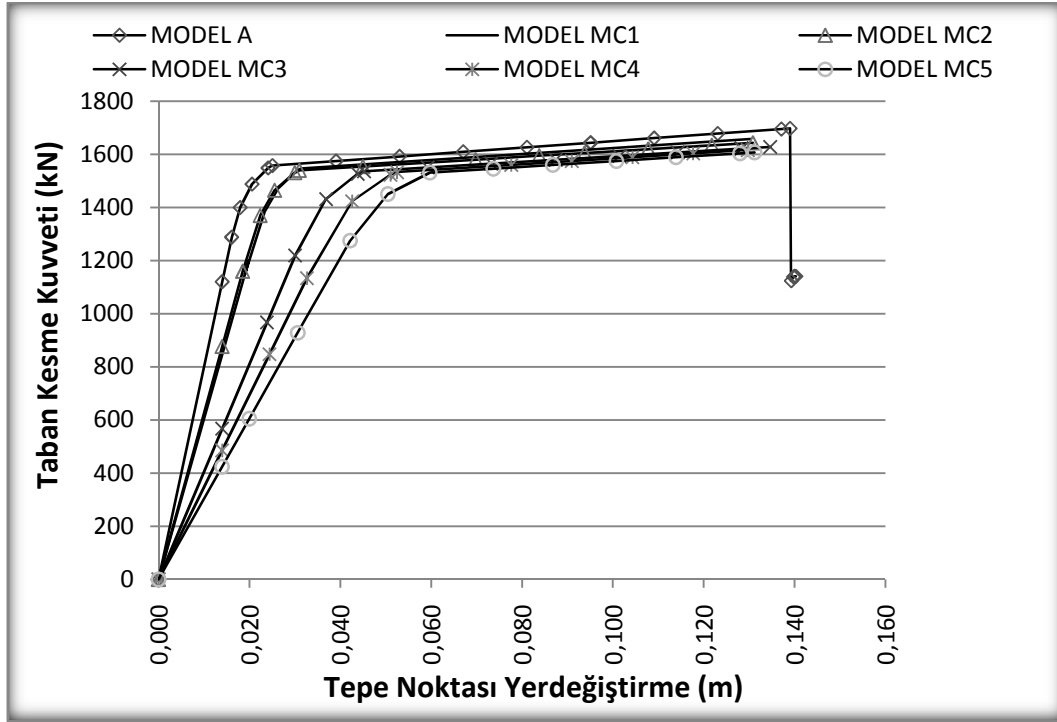


Şekil 4.12. C4 Tasarım Kusurlu Modelin Taban Kesme Kuvveti – Yer Değiştirme Grafiği

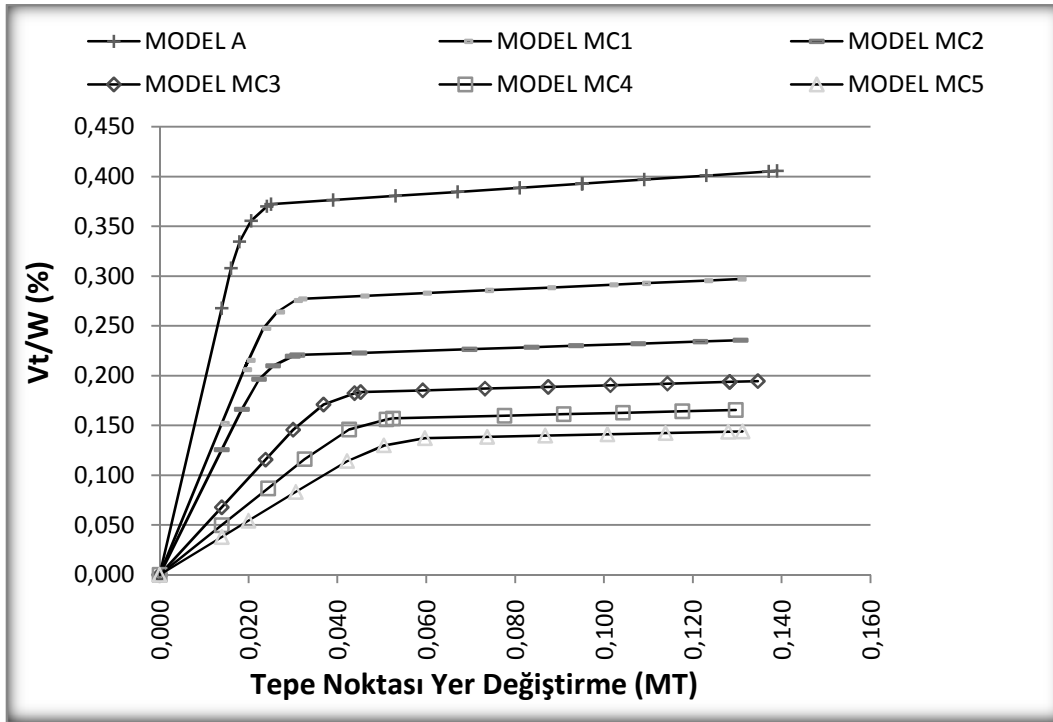


Şekil 4.13. C5 Tasarım Kusurlu Modelin Taban Kesme Kuvveti – Yer Değiştirme Grafiği

C tipi yapı modellerinin grafikleri dikkatli incelendiğinde yapı dayanımına karşılık gelen taban kesme kuvveti yaklaşık $V_{göçme} = 1630$ kN ve bu göçme yükü sırasında oluşan tepe noktası yer değiştirme değeri ise yaklaşık $\Delta_{göçme} = 0,13$ m olarak okunmuştur.



Şekil 4.14. A Referans Modeli ve C Tipi Modellerin Taban Kesme Kuvveti – Yer Değiştirme Grafiği



Şekil 4.15. A Referans Modeli ve C Tipi Modellerin Taban Kesme Kuvveti / Yapı Sismik Ağırlığı – Yer Değiştirme Grafiği

C tipi modellerin kat adedini arttırıp referans binasının yatay yük taşıma kapasitesiyle, karşılaştırdığımız da % 15 civarında bir azalma olduğu gözlenmektedir (Şekil 4.14).

Şekil 4.14. ve Şekil 4.15.' te de görüldüğü gibi kat adedi arttıkça yapının dayanımında çok önemli bir azalma olduğu gibi rijitliğinde de önemli azalmalar olduğu gözlenmiştir. Yapının sünekliği de azalma göstermiş ve daha gevrek bir davranış göstermesine sebep olmuştur. Bu sonuçlardan da açıkça görüldüğü gibi, 1975 yönetmeliğine göre tasarlanmış olan yapılarda kat adedinin yapı performansına etkisi oldukça yüksek olmakta, yapının yatay yük taşıma kapasitesini ve yapının sünek davranışını azaltmaktadır.

4.3.2. D Tipi Modeller

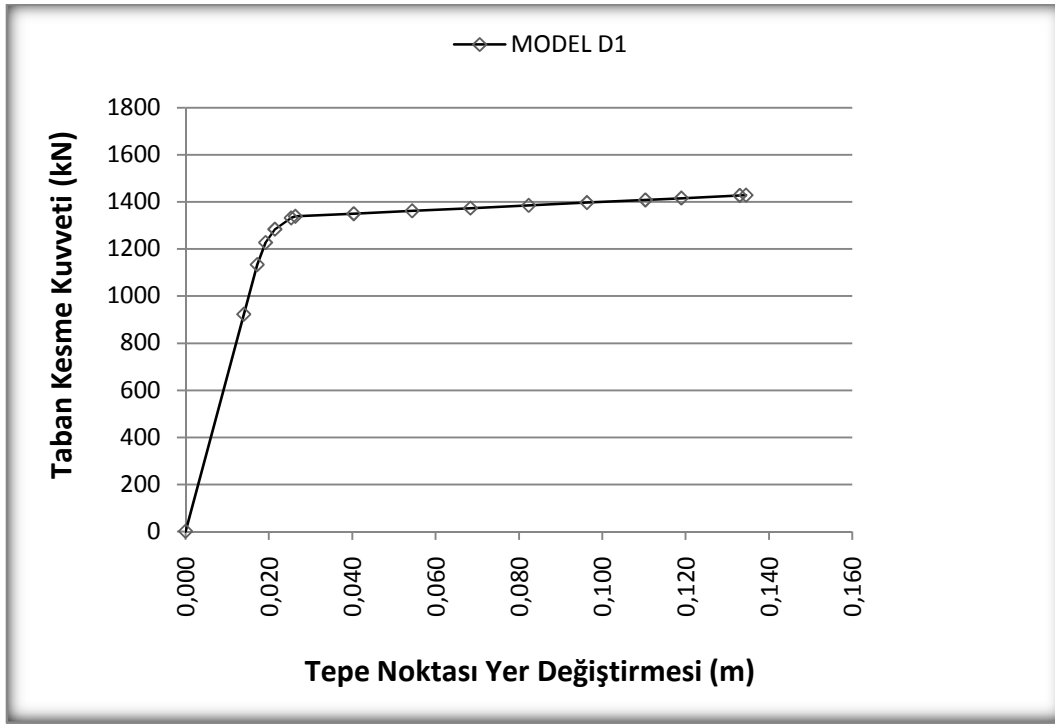
“Yumuşak Kat” in, betonarme yapı davranışına olan etkilerini araştırmak amacıyla D tipi yapı modelleri tasarlanmış ve bu yapıların itme analizleri yapılmıştır.

D tipi yapı modelleri oluşturulurken, A ve B tipi yapı modellerinin (Referans Model) yumuşak kat dışında kalan tüm özellikleri sabit tutulmuş sadece zemin kat yükseklikleri değiştirilmiştir (Tablo 4.8.). Bu yapı modellerinin SAP2000 paket programı kullanılarak yapılan itme analiz sonuçları grafikler halinde sunulmuş ve A – B referans modelleriyle karşılaştırılarak değerlendirilmiştir (Şekil 4.19. ve Şekil 4.25.).

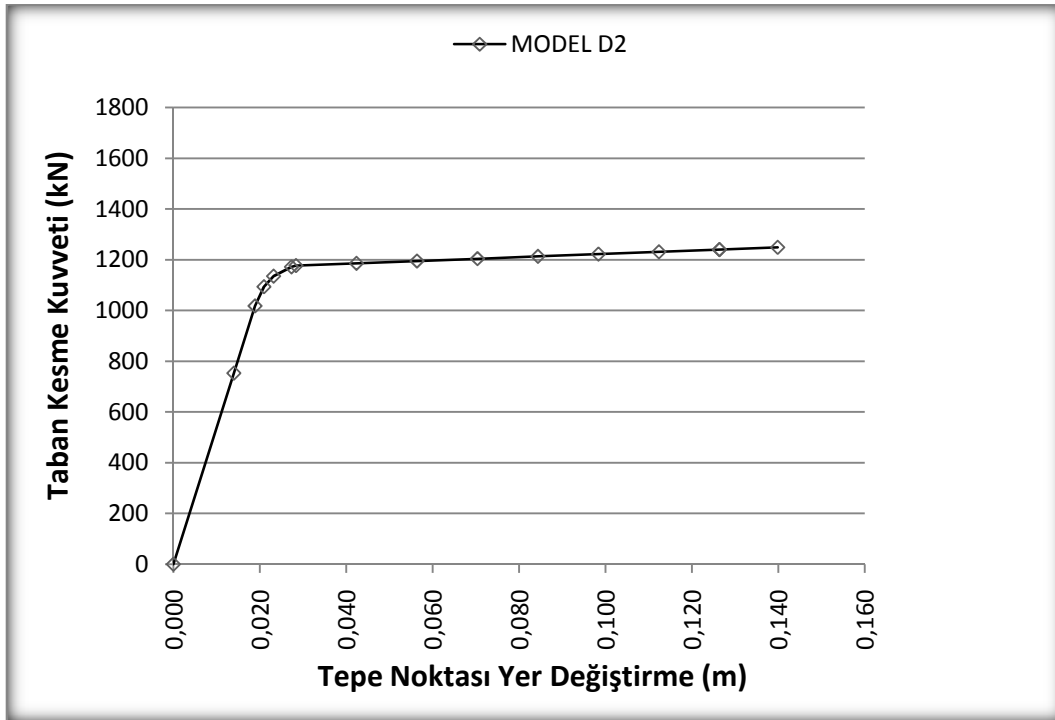
MODELLERİN GENEL ÖZELLİKLERİ							
Yapı Modelleri	MALZEME DAYANIMI		$H_{ze\ min}$ (m)	H_{kat} (m)	KAT ADEDİ	H_{toplam} (m)	Tasarım Kusuru
	BETON	DONATI					
A	C20	S420	3	3	3	9	YUMUŞAK KAT
MD1	C20	S420	3,5	3	3	9,5	
MD2	C20	S420	4	3	3	10	
MD3	C20	S420	4,5	3	3	10,5	
MD4	C20	S420	5	3	3	11	
B	C20	S420	3	3	5	15	
MD5	C20	S420	3,5	3	5	15,5	
MD6	C20	S420	4	3	5	16	
MD7	C20	S420	4,5	3	5	16,5	
MD8	C20	S420	5	3	5	17	

Tablo 4.8. D Tipi Modellerin Genel Özellikleri

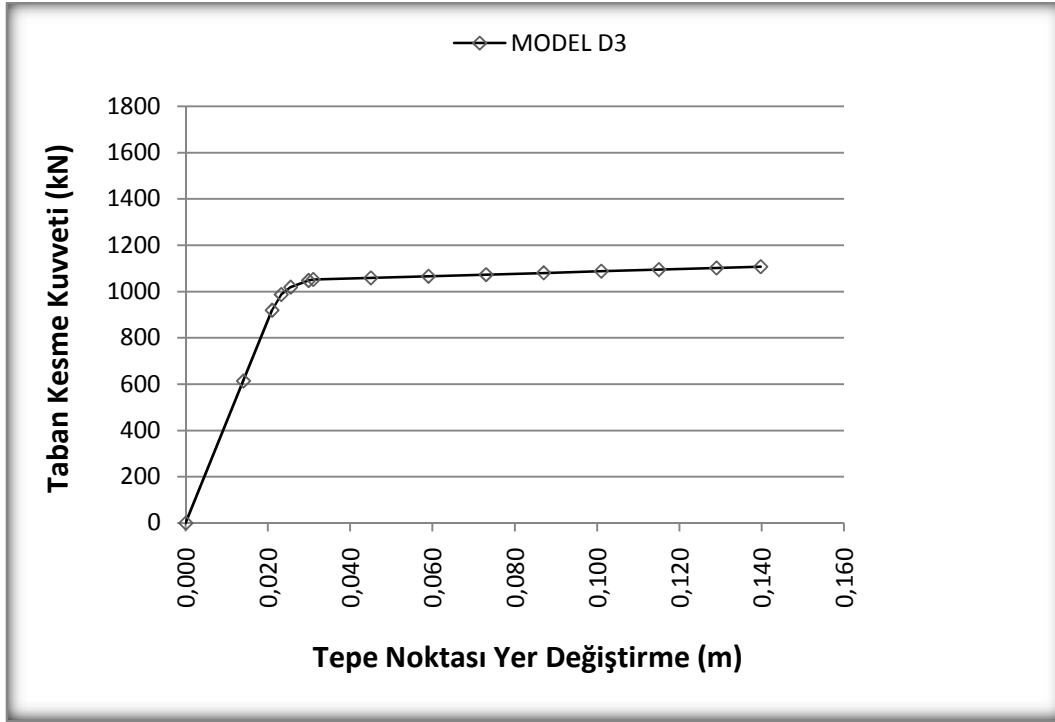
3 Katlı Yapılar



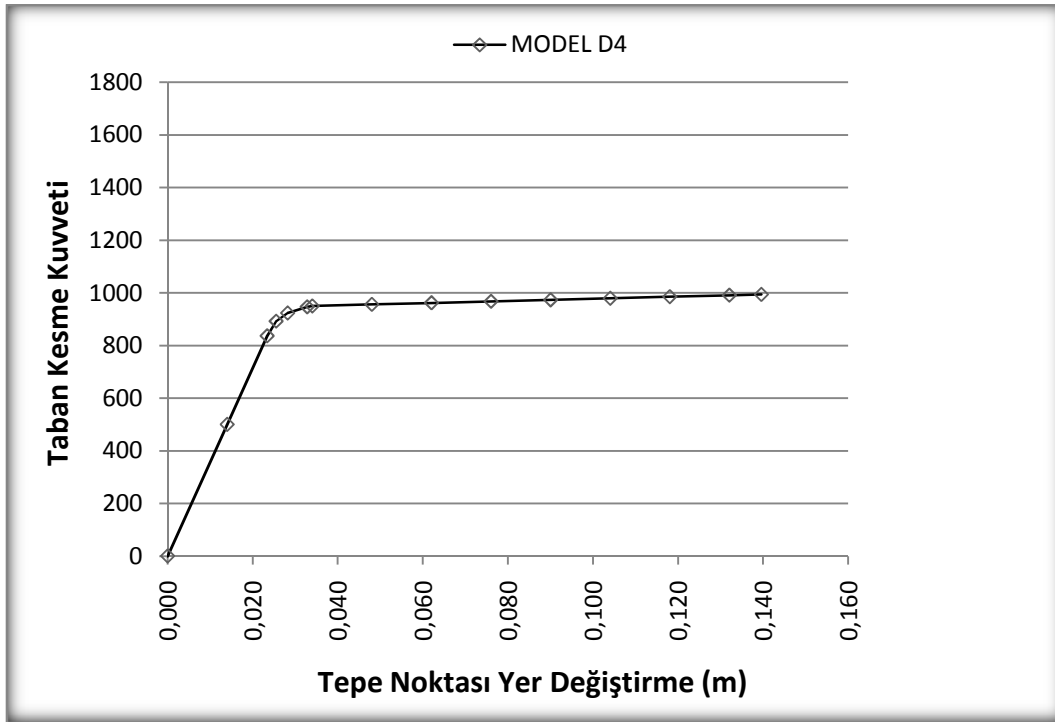
şekil 4.16. D1 Tasarım Kusurlu Modelin Taban Kesme Kuvveti – Yer Değiştirme Grafiği



şekil 4.17. D2 Tasarım Kusurlu Modelin Taban Kesme Kuvveti – Yer Değiştirme Grafiği

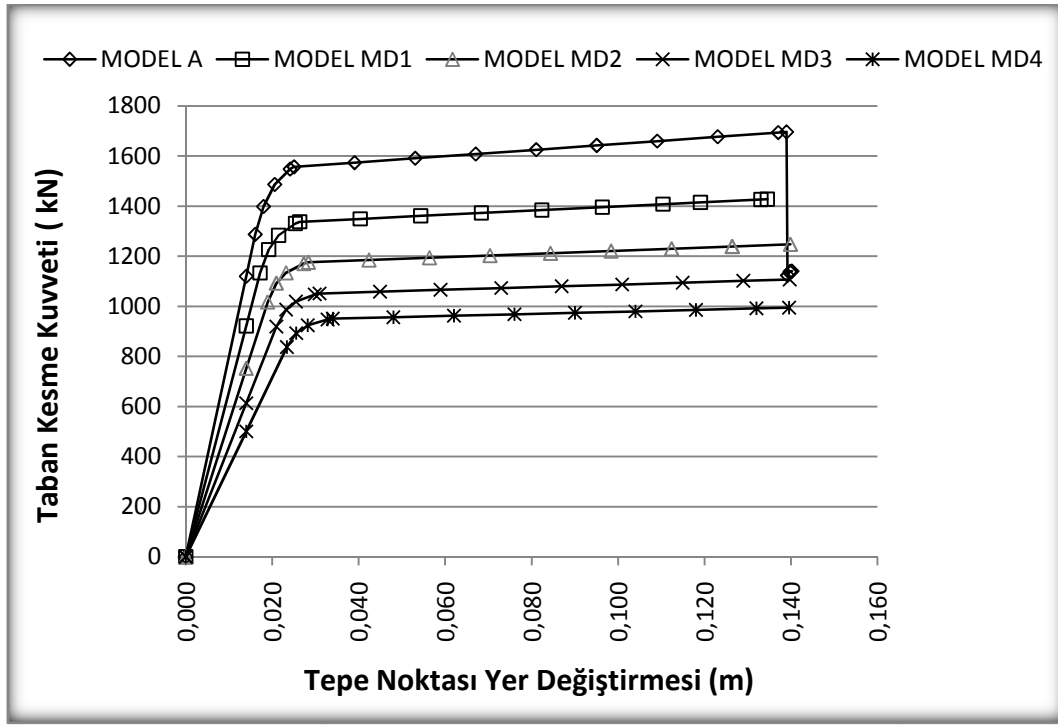


Şekil 4.18. D3 Tasarım Kusurlu Modelin Taban Kesme Kuvveti – Yer Değişirme Grafiği



Şekil 4.19. D4 Tasarım Kusurlu Modelin Taban Kesme Kuvveti – Yer Değişirme Grafiği

3 katlı D tipi yapı modellerinin grafikleri dikkatli incelendiğinde yapı dayanımına karşılık gelen taban kesme kuvveti yaklaşık $V_{göçme} = 1210$ kN ve bu göçme yükü sırasında oluşan tepe noktası yer değıştirme değeri ise yaklaşık $\Delta_{göçme} = 0,14$ m olarak okunmuştur.

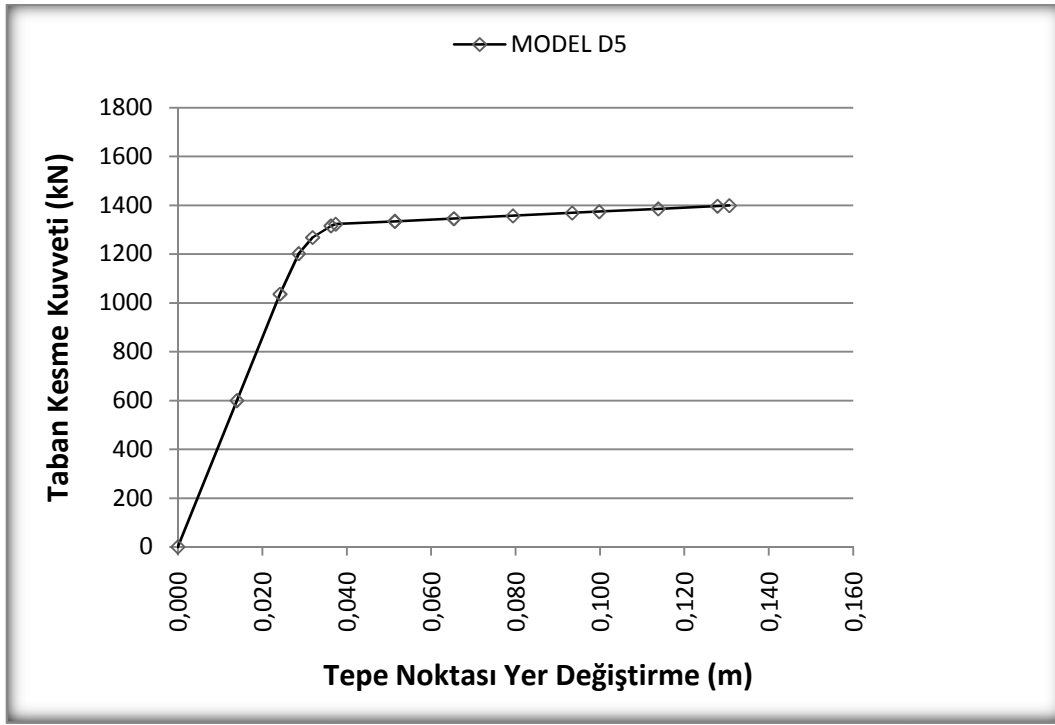


Şekil 4.20. A Referans Modeli ve 3 Katlı D Tipi Modellerin Taban Kesme Kuvveti – Tepe Noktası Yer Değıştirme Grafiği

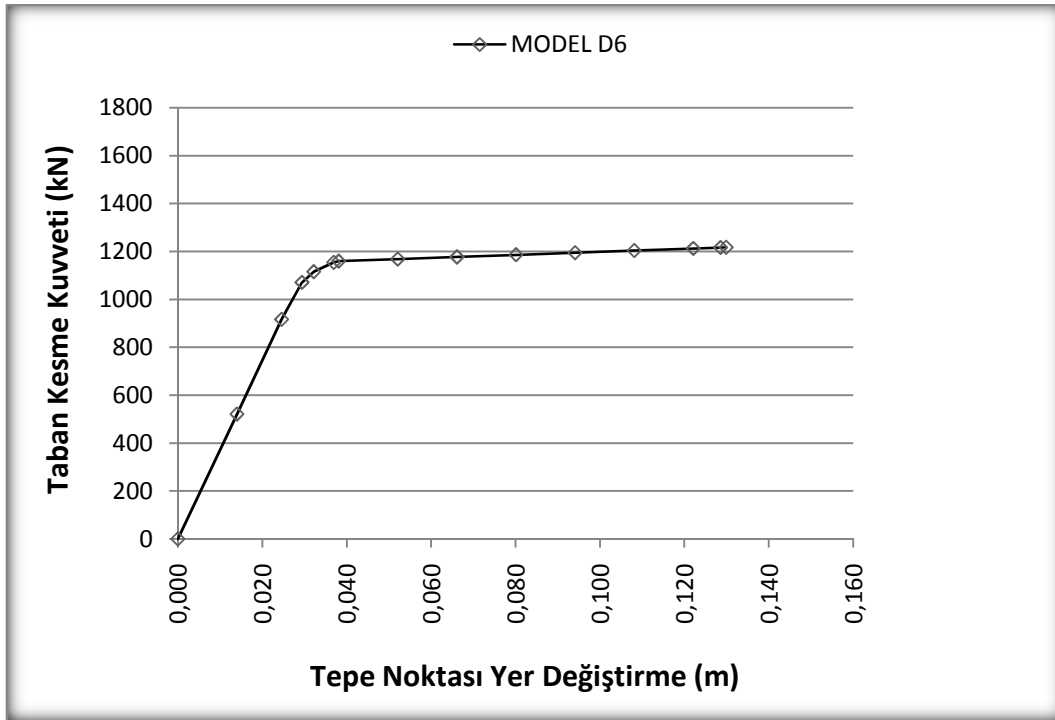
3 katlı D tipi modellerin zemin kat yüksekliğini arttırıp referans binasının yatay yük taşıma kapasitesiyle, karşılaştırdığımız da % 35 civarında bir azalma görüldüğü gözlenmektedir.

Grafikten de görüldüğü gibi yumuşak kat yüksekliği arttıkça yapının hem rijitliğinde hem de dayanımında belirli oranlarda azalmalar gözlemlenmektedir. Yapının sünekliğinde ise önemli azalmalar gözlenmemiştir. Genel olarak ele alındığın da yumuşak kat davranışı yapının performansını olumsuz yönde etkilemekte olduğu açıktır.

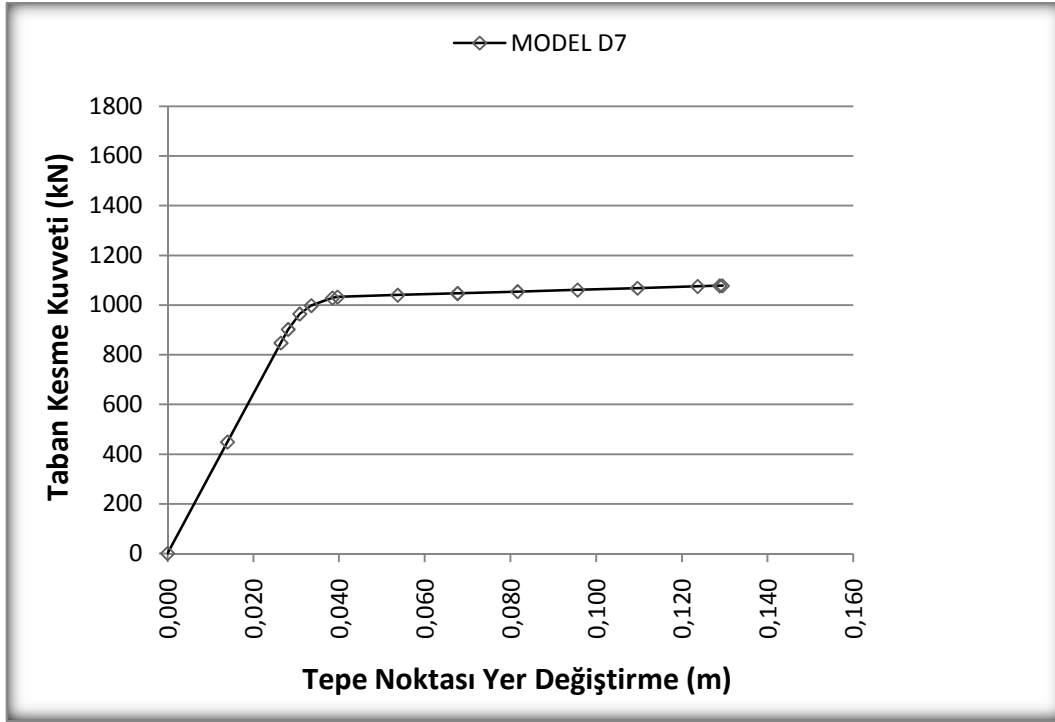
5 Katlı Yapılar



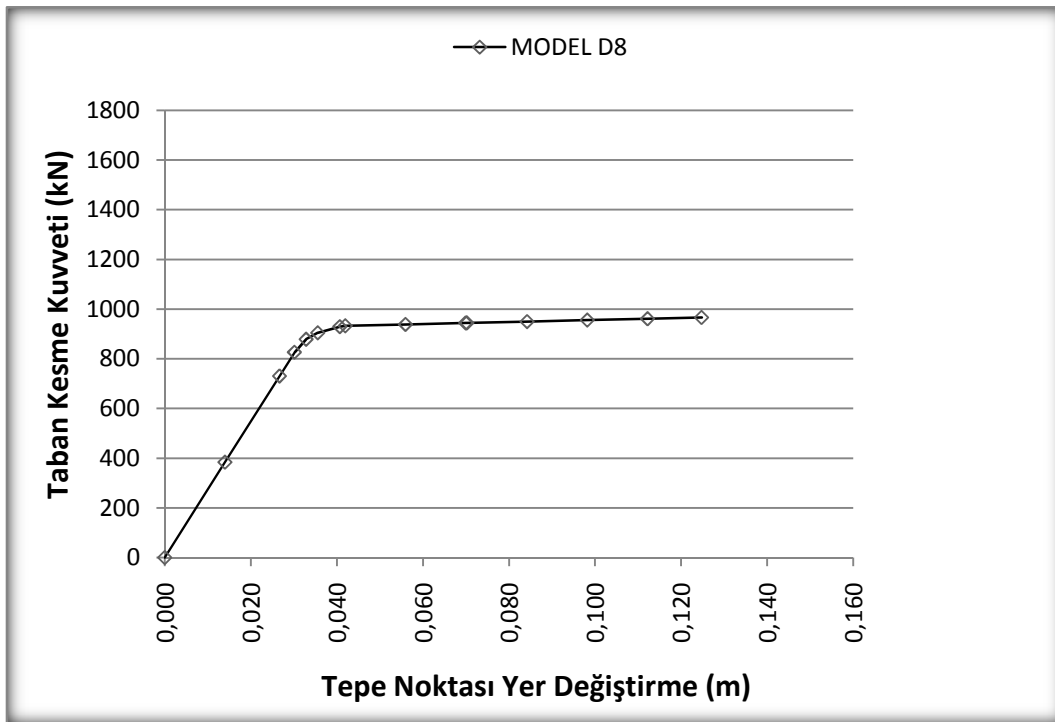
Şekil 4.21. D5 Tasarım Kusurlu Modelin Taban Kesme Kuvveti – Yer Değişirme Grafiği



Şekil 4.22. D6 Tasarım Kusurlu Modelin Taban Kesme Kuvveti – Yer Değişirme Grafiği

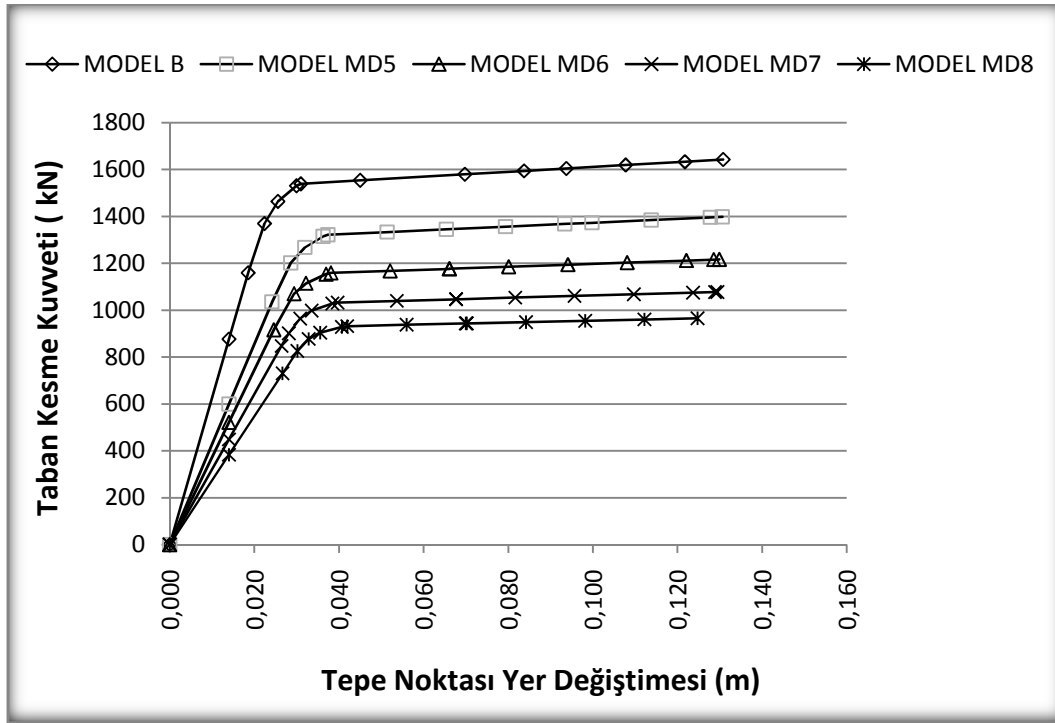


Şekil 4.23. D7 Tasarım Kusurlu Modelin Taban Kesme Kuvveti – Yer Değiştirme Grafiği



Şekil 4.24. D8 Tasarım Kusurlu Modelin Taban Kesme Kuvveti – Yer Değiştirme Grafiği

5 katlı D tipi yapı modellerinin grafikleri dikkatli incelendiğinde yapı dayanımına karşılık gelen taban kesme kuvveti yaklaşık $V_{göçme} = 1182$ kN ve bu göçme yükü sırasında oluşan tepe noktası yer değiştirme değeri ise yaklaşık $\Delta_{göçme} = 0,128$ m olarak okunmuştur.



Şekil 4.25. B Referans Modeli ve 5 Katlı D Tipi Modellerin Taban Kesme Kuvveti – Tepe Noktası Yer Değiştirme Grafiği

5 katlı D tipi modellerin zemin kat yüksekliğini arttırıp referans binasının yatay yük taşıma kapasitesiyle, karşılaştırdığımız da % 35 civarında bir azalma görüldüğü gözlenmektedir.

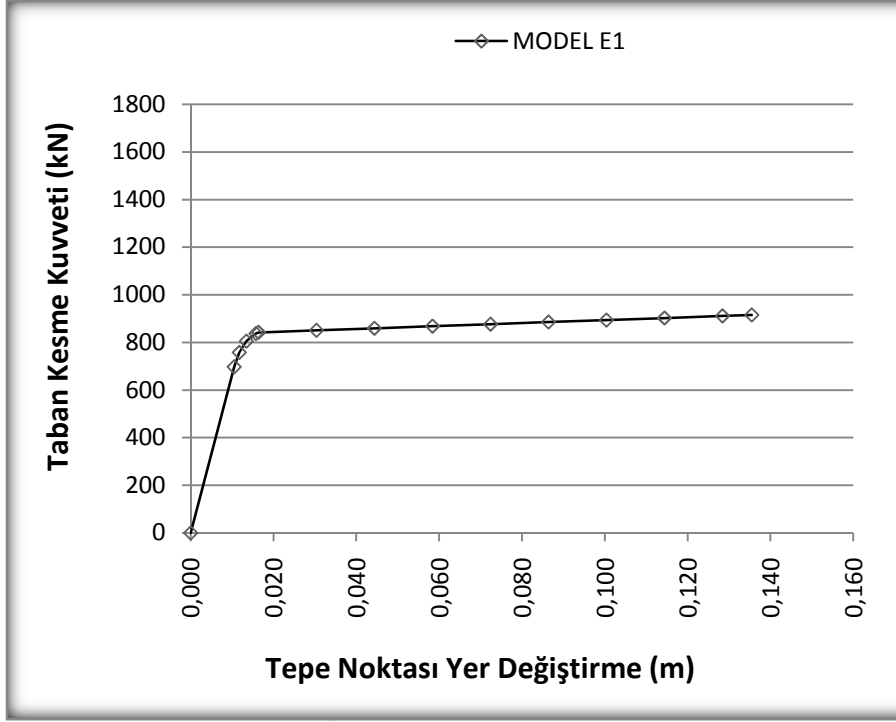
Grafikten de görüldüğü gibi yumuşak kat yüksekliği, kat yüksekliği ile beraber arttıkça yapının hem rijitliğinde hem de dayanımında azalmalar gözlemlenmektedir. Bu sonuçlardan da açıkça görüldüğü gibi, 1975 yönetmeliğine göre tasarlanmış olan yapılarda yumuşak kat etkisinin, kat yüksekliği ile beraber artması yapı performansın daha fazla etkilemekte olup, yapının yatay yük taşıma kapasitesini ve yapının sünek davranışını da azaltmaktadır.

4.3.3. E Tipi Modeller

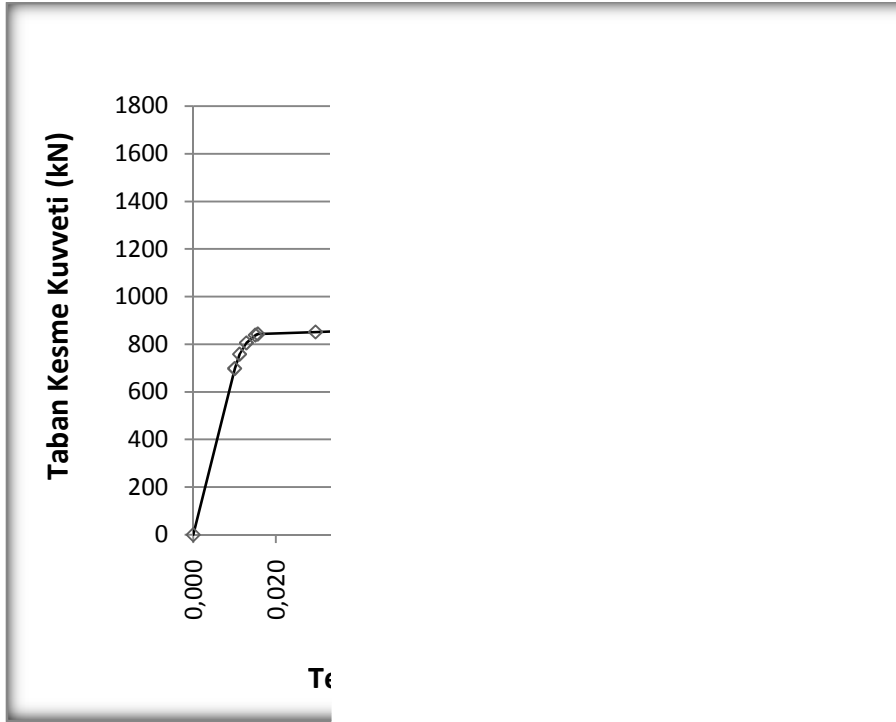
“Malzeme Özelliği” nin, betonarme yapı davranışına olan etkilerini araştırmak amacıyla E tipi yapı modelleri tasarlanmış ve bu yapıların itme analizleri yapılmıştır. E tipi yapı modelleri oluşturulurken, A ve B tipi yapı modellerinin (Referans Model) malzeme özelliği dışında kalan tüm özellikleri sabit tutulmuş sadece beton ve donatı çeliği özellikleri değiştirilmiştir (Tablo 4.9.). Bu yapı modellerinin SAP2000 paket programı kullanılarak yapılan itme analiz sonuçları grafikler halinde sunulmuş ve A – B referans modelleriyle karşılaştırılarak değerlendirilmiştir (Şekil 4.31. ve Şekil 4.37.).

MODELLERİN GENEL ÖZELLİKLERİ							
Yapı Modelleri	MALZEME DAYANIMI		$H_{ze\ min}$ (m)	H_{kat} (m)	KAT ADEDİ	H_{toplam} (m)	Tasarım Kusuru
	BETON	DONATI					
A	C20	S420	3	3	3	9	MALZEME ÖZELLİĞİ
ME1	C08	S220	3	3	3	9	
ME2	C10	S220	3	3	3	9	
ME3	C14	S220	3	3	3	9	
ME4	C16	S220	3	3	3	9	
ME5	C20	S220	3	3	3	9	
B	C20	S420	3	3	5	15	
ME6	C08	S420	3	3	3	9	
ME7	C10	S420	3	3	3	9	
ME8	C14	S420	3	3	3	9	
ME9	C16	S420	3	3	3	9	
ME10	C20	S420	3	3	3	9	

Tablo 4.9. E Tipi Modellerin Genel Özellikleri



Şekil 4.26. E1 Tasarım Kusurlu Modelin Taban Kesme Kuvveti – Yer Değişirme Gı



Şekil 4.27. E2 Tasarım Kusurlu Modelin Taban Kesme Kuvveti – Yer Değişirme Gı

This job requires more memory than is available in this printer.

Try one or more of the following, and then print again:

For the output format, choose Optimize For Portability.

In the Device Settings page, make sure the Available PostScript Memory is accurate.

Reduce the number of fonts in the document.

Print the document in parts.