

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

**MEVCUT BETONARME YAPILARDAKİ TASARIM
OLUMSUZLUKLARININ YAPI PERFORMANSINA
ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnş. Müh. Hülya SARI

Enstitü Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ
Enstitü Bilim Dalı : YAPI
Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Naci ÇAĞLAR

Haziran 2010

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**MEVCUT BETONARME YAPILARDAKİ TASARIM
OLUMSUZLUKLARININ YAPI PERFORMANSINA
ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnş. Müh. Hülya SARI

Enstitü Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ

Enstitü Bilim Dalı : YAPI

Bu tez 14/06/2010 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği/oy çokluğuyla kabul edilmiştir.

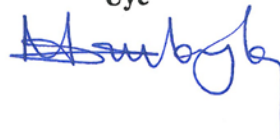
Yrd.Doç.Dr.
Naci ÇAĞLAR
Jüri Başkanı



Yrd.Doç.Dr.
Hüseyin KASAP
Üye



Doç.Dr.
Mehmet SARIBIYIK
Üye



TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez çalışmam sırasında değerli bilgi, tecrübe ve yardımlarıyla bana destek olan danışman hocam Sn. Yrd. Doç. Dr. Naci ÇAĞLAR'a minnet ve şükranlarımı sunarım.

Çalışmalarım sırasında maddi manevi destekleriyle yanımda olan herkese öncelikle de arkadaşım İnş. Müh. Gökhan ELİDOLU'a, İnş. Yük. Müh. Korhan KASAPOĞLU, İnş. Müh. Barış CANDAN ve İnş. Yük. Müh. Başar CANDAN'a minnet ve şükranlarımı sunarım.

Ayrıca hayatım boyunca benim için maddi manevi hiçbir fedakârlıktan kaçınmayan onlar için neler yapsam az olacağına inandığım güzel aileme teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	vii
TABLolar LİSTESİ.....	ix
ÖZET.....	xi
SUMMARY.....	xii

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 mafsalın 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	33
4.1.3. Proje Parametreleri	33
4.1.4. Mimari Planı.....	34
4.1.5. Kalıp Planı.....	35

4.1.6. Bina 3 Boyutlu Görünüşü	36
4.1.7. Sap2000’de Bina 3 Boyutlu Görünüşü.....	37
4.2. Referans Bina.....	38
4.3. A Tipi Yapı Modelleri.....	41
4.4. B Tipi Yapı Modelleri	46
4.5. C Tipi Yapı Modelleri.....	50
4.6. D Tipi Yapı Modelleri.....	57
4.7. E Tipi Yapı Modelleri	63
BÖLÜM 5.	
SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	70
KAYNAKLAR.....	73
EKLER.....	75
ÖZGEÇMİŞ.....	77

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	: İ'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	: Süneklik 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 şekildeğiştirmesi
ϵ_{su}	: Donatı çeliğinin kopma birim şekildeğiştirmesi
Ra	: Deprem yükü azaltma katsayısı

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1.	Kesit hasar sınırları ve hasar bölgeleri.....	10
Şekil 2.2.	Yapı elemanlarının 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.	Referans bina kat mimari planı	34
Şekil 4.2.	Referans bina kat kalıp planı	35
Şekil 4.3.	Referans bina 3 boyutlu görünüşü	36
Şekil 4.4.	Sap2000’de Referans bina 3 boyutlu görünüşü	37
Şekil 4.5.	Referans bina modeli kapasite eğrisi	38
Şekil 4.6.	Referans bina modeli kapasite eğrisi(%)......	39
Şekil 4.7.	Referans bina modeli plastik mafsals oluşumu.....	40
Şekil 4.8.	A Modeli kapasite eğrileri	42
Şekil 4.9.	A Modeli kapasite eğrileri(%)......	42
Şekil 4.10.	Model A1 plastik mafsals oluşumu	43
Şekil 4.11.	Model A2 plastik mafsals oluşumu	44
Şekil 4.12.	Model A3 plastik mafsals oluşumu.....	45
Şekil 4.13.	B Modeli kapasite eğrileri	46
Şekil 4.14.	B Modeli kapasite eğrileri(%)......	47
Şekil 4.15.	Model B1 plastik mafsals oluşumu	48

Şekil 4.16.	Model B2 plastik mafsal oluşumu.....	49
Şekil 4.17.	C Modeli kapasite eğrileri	51
Şekil 4.18.	C Modeli kapasite eğrileri(%).....	51
Şekil 4.19.	Model C1 plastik mafsal oluşumu	53
Şekil 4.20.	Model C2 plastik mafsal oluşumu	54
Şekil 4.21.	Model C3 plastik mafsal oluşumu.....	55
Şekil 4.22.	Model C4 plastik mafsal oluşumu.....	56
Şekil 4.23.	Model D binası 3 boyutlu görünüş.....	57
Şekil 4.24.	Model D binası üstten görünüş.....	57
Şekil 4.25.	D Modeli kapasite eğrileri	58
Şekil 4.26.	D Modeli kapasite eğrileri(%).....	59
Şekil 4.27.	Model D1 plastik mafsal oluşumu.....	60
Şekil 4.28.	Model D2 plastik mafsal oluşumu	61
Şekil 4.29.	Model D3 plastik mafsal oluşumu	62
Şekil 4.30.	Model E binası 3 boyutlu görünüş.....	63
Şekil 4.31.	Model E binası üstten görünüş.....	63
Şekil 4.32.	E Modeli kapasite eğrileri	64
Şekil 4.33.	E Modeli kapasite eğrileri(%).....	65
Şekil 4.34.	Model E1 plastik mafsal oluşumu	66
Şekil 4.35.	Model E2 plastik mafsal oluşumu	67
Şekil 4.36.	Model E3 plastik mafsal oluşumu.....	68

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.	Modellerin genel özellikleri	32
Tablo 4.2.	Referans bina model genel özellikleri	38
Tablo 4.3.	Model bilgileri	38
Tablo 4.4.	Referans bina için X yönünde itme analizi sonucunda kesitlerde oluşan plastik mafsâl sayıları.....	40
Tablo 4.5.	A Tipi yapı model genel özellikleri.	41
Tablo 4.6.	Model bilgileri	41
Tablo 4.7.	Model A1 için X yönünde itme analizi sonucunda kesitlerde oluşan plastik mafsâl sayıları	43
Tablo 4.8.	Model A2 için X yönünde itme analizi sonucunda kesitlerde oluşan plastik mafsâl sayıları	44
Tablo 4.9.	Model A3 için X yönünde itme analizi sonucunda kesitlerde oluşan plastik mafsâl sayıları	45
Tablo 4.10.	B Tipi Yapı model genel özellikleri	46
Tablo 4.11.	Model bilgileri	46
Tablo 4.12.	Model B1 için X yönünde itme analizi sonucunda kesitlerde oluşan plastik mafsâl sayıları	48
Tablo 4.13.	Model B2 için X yönünde itme analizi sonucunda kesitlerde oluşan plastik mafsâl sayıları.....	49

Tablo 4.14.	C Tipi yapı model genel özellikleri	50
Tablo 4.15.	Model bilgileri	50
Tablo 4.16.	Model C1 için X yönünde itme analizi sonucunda kesitlerde oluşan plastik mafsalsayıları	53
Tablo 4.17.	Model C2 için X yönünde itme analizi sonucunda kesitlerde oluşan plastik mafsalsayıları	54
Tablo 4.18.	Model C3 için X yönünde itme analizi sonucunda kesitlerde oluşan plastik mafsalsayıları	55
Tablo 4.19.	Model C4 için X yönünde itme analizi sonucunda kesitlerde oluşan plastik mafsalsayıları.....	56
Tablo 4.20.	D Tipi yapı model genel özellikleri	58
Tablo 4.21.	Model bilgileri	58
Tablo 4.22.	Model D1 için X yönünde itme analizi sonucunda kesitlerde oluşan plastik mafsalsayıları	60
Tablo 4.23.	Model D2 için X yönünde itme analizi sonucunda kesitlerde oluşan plastik mafsalsayıları.....	61
Tablo 4.24.	Model D3 için X yönünde itme analizi sonucunda kesitlerde oluşan plastik mafsalsayıları	62
Tablo 4.25.	E Tipi yapı model genel özellikleri	64
Tablo 4.26.	Model bilgileri	64
Tablo 4.27.	Model E1 için X yönünde itme analizi sonucunda kesitlerde oluşan plastik mafsalsayıları	66
Tablo 4.28.	Model E2 için X yönünde itme analizi sonucunda kesitlerde oluşan plastik mafsalsayıları	67
Tablo 4.29.	Model E3 için X yönünde itme analizi sonucunda kesitlerde oluşan plastik mafsalsayıları	68

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'e azalmasının, donatı dayanımının S420'den S220'e azalmasının, kat adedinin 3-4-5-6 olarak artışının, yumuşak kat ve kapalı çıkmanın 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, kapalı çıkma 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, kapalı çıkma v.b) seçiminden kaçınılması gerekmektedir.

EFFECT OF DESIGN DEFICIENCIES IN ACTUAL CONCRETE STRUCTURES TO THE PERFORMANCE OF THE STRUCTURE

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. Expecially 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, the reduction of reinforcement strength from S420 to S220, the increases of number of floors such as 3-4-5-6, soft floor and closed carbel 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, closed corbel and variations numbers of floor were couosed 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, closed corbel..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 yerdeğiştirmeler 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

1994 yılında Lawson R.S. Vance V. Karwinkler 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 G. Kilar V. [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 A.K. Goel R.K. 2001 [5] yılında, 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., (2006) [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, malzeme özellikleri, kapalı çıkma ve yumuşak kat gibi pratikte rastlanabilecek düzensizliklerin yapı performansına olan etkileri araştırılmıştır. Bu amaçla, statik açıdan tasarım olumsuzlukları bulunmayan 3 katlı genel bir 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, malzeme özellikleri, kapalı çıkma ve yumuşak kat 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 kapasite eğrileri doğrusal olmayan statik itme analizi ile elde edilerek referans yapı 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 aşan 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 aksenal 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 %1 değerini 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.

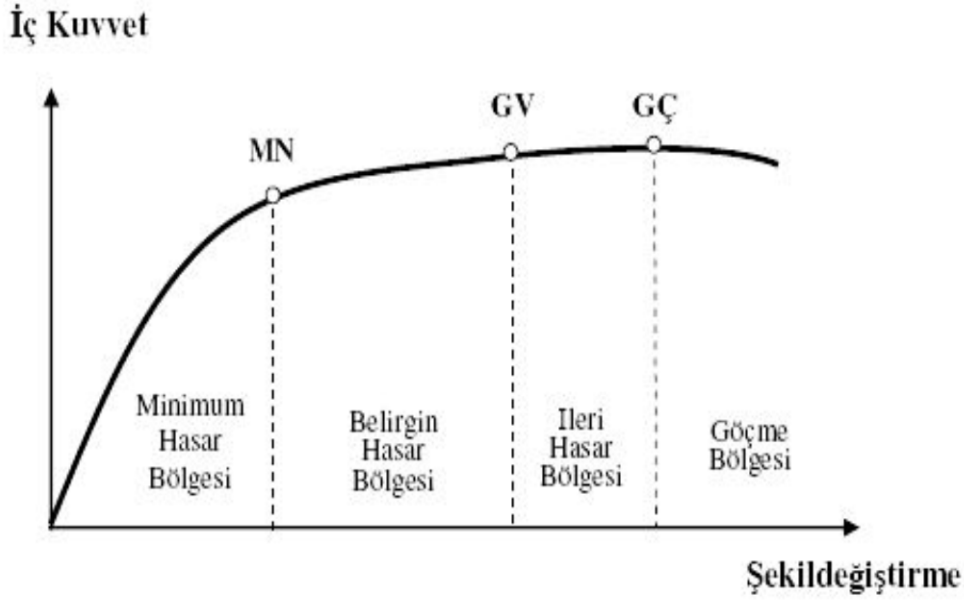
2007 Deprem yönetmeliğinde yer alan elamanlara ilişkin kırılma türleri kesit hasar sınırları ve bölgelerine ait bilgiler aşağda verilmiştir.

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 değıştirme, hız, ivme ve elastik kuvvetlerin bulunmasıdır.



Şekil 2.1. Kesit hasar sınırları ve hasar bölgeleri

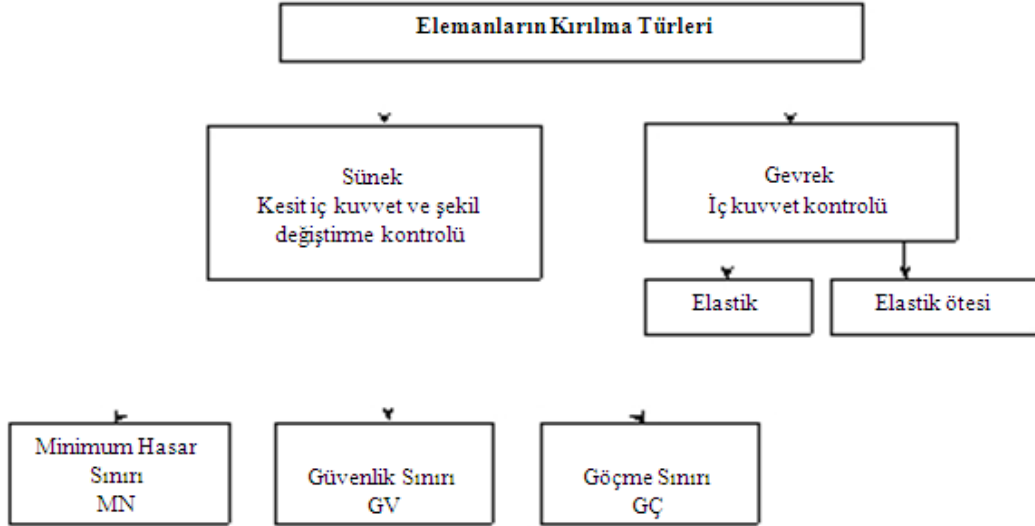
2.3.3. Kesit ve eleman hasarlarının tanımlanması

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

2.4. 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 kütlelerine (rijit perdelerle çevrelenen bodrum katlarının kütleleri hariç) oranının en az 0.70 olması zorunludur.

Artımsal ivme analizi, eşdeğer deprem yükü 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 değiştirmelere 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 değiştirme, plastik şekil değiştirme ve iç kuvvet artımları ile bu büyüklüklere ait birikimli değerler ve son itme adımında deprem istemine karşı gelen maksimum değerler hesaplanır. Artımsal mod birleştirme yöntemi tüm binalara uygulanabilmektedir.

2.4.3. Zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemi

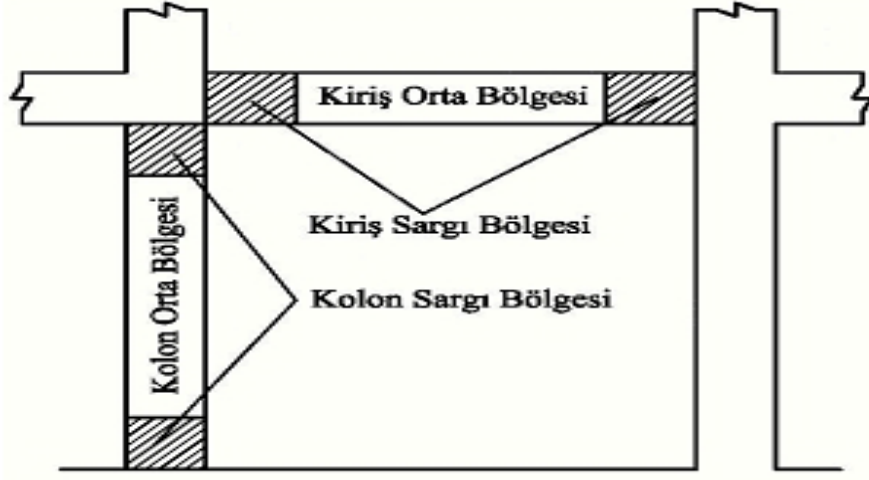
Zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yönteminde, taşıyıcı sistemin doğrusal olmayan (nonlinear) davranışı göz önüne alınarak, sistemin hareket denklemleri artımsal olarak entegre edilir ve her bir zaman artımında sistemde meydana gelen yer değiştirme ve iç kuvvetler ile bu büyüklüklerin deprem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

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

2.5.2. Plastik mafsalları boyu

Süneklik üzerinde önemli etkisi olan plastik mafsalları boyu elemanın çeşitli özelliklerine bağlı olarak değişir. Bunlar:

- Mafsalları ve moment sıfır noktası arası mesafe
- Mafsalları boyunca aktarılan kesme kuvveti
- Kesit üzerindeki aksiyel 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);

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

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 eksenel 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 mafsalın 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.

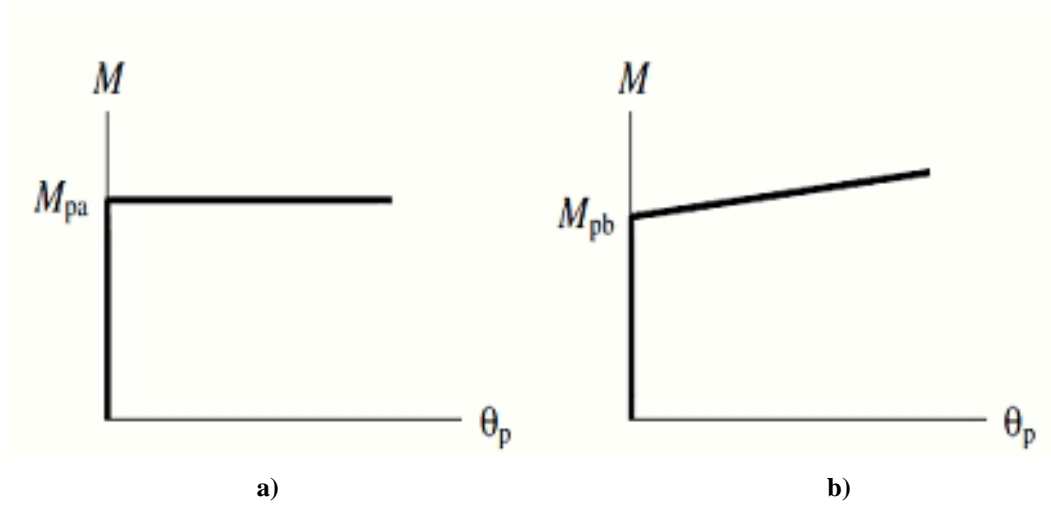
Bir veya iki eksenli eğilme ve eksenel kuvvet etkisinde plastikleşen betonarme kesitlerin akma yüzeylerinin (etkileşim diyagramlarının) tanımlanmasında, beton ve donatı çeliğinin bilgi düzeyi katsayısı ile çarpılan mevcut dayanımları esas alınır. Betonarme kesitlerin akma yüzeyleri uygun biçimde doğrusallaştırılarak,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

Eğilme etkisindeki betonarme elemanların akma öncesi doğrusal davranışları için çatlamış kesite ait eğilme rijitlikleri kullanılacaktır. İtme analizi modelinde kullanılacak plastik kesitlerin iç kuvvet plastik şekildeğiştirme 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.(Sekil 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 değıştirme vektörünün sağlaması gereken koşullar, ilgili literatürden alınan uygun bir pekleşme modeline göre tanımlanmalıdır[14].



Şekil 2.4. Eğilme momenti - Plastik dönme bağıntıları

2.5.3 Tanımlanan mafsalların atanması

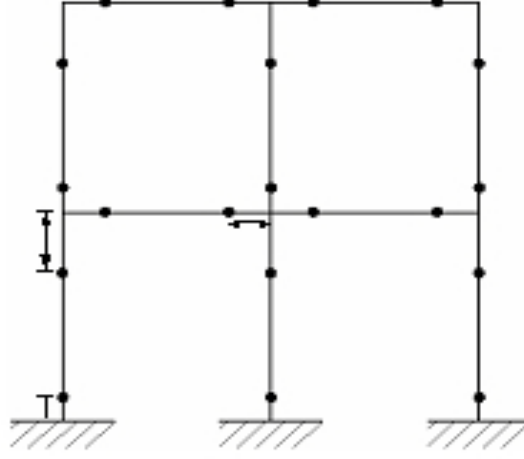
Bu çalışmada yığılı plastik bölge kabulü yapılmış, L_p uzunluğu boyunca oluşan mafsal plastikleşme bölgesinin ortasında tek bir nokta olarak modellenmiştir. Bu nedenle tanımlanan her bir mafsal elemanların mafsallaşması beklenen uç noktalarına aşağıdaki bağıntılarla tanımlanan uzaklığa yerleştirilmiştir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

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 değişirmesi 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 değişirmesi 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 değişirmesi 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

Görelî Kat Ötelemesi Oranı	Hasar Sınırı		
	MN	GV	G
δ_{ji} / h_{ji}	0.01	0.03	0.0

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 mafsalları oluşumlarının yani hasarın gözleneceği öngörülmekte, ancak can güvenliğinin sağlanması için yapının kısmen veya tamamen göçmemesi yaklaşımı benimsenmektedir [8].

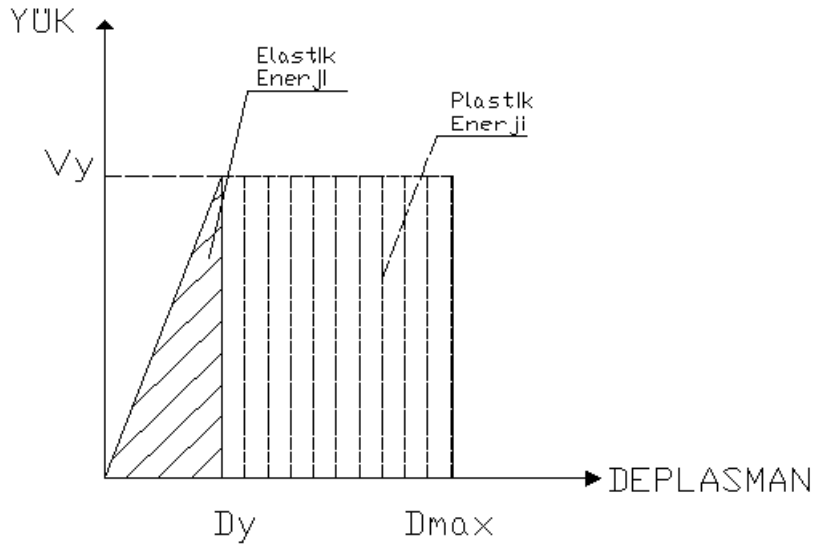
Yapı, tasarım için kullanılan depremlerde plastik deformasyon yapacak yani hasar görecektir. Bu sayede yapı deplasman yaparak enerji tüketebilecektir. Enerji tüketimini sağlayacak plastik mafsalları oluşumu ise istenen seviyelerde kalmalıdır. Yani enerji tüketim sürecinde yapıda göçme olmamalıdır. Düşük 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 mertebeli 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

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

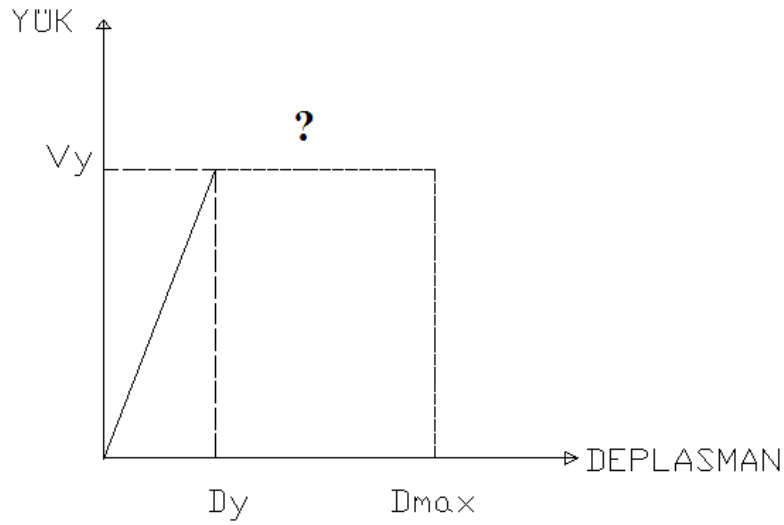
tüketen fakat yıkılmayan yapı anlaşılmaktadır. Süneklik ifadesi ise $\left(\mu = \frac{D_{\max}}{D_y} \right)$

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

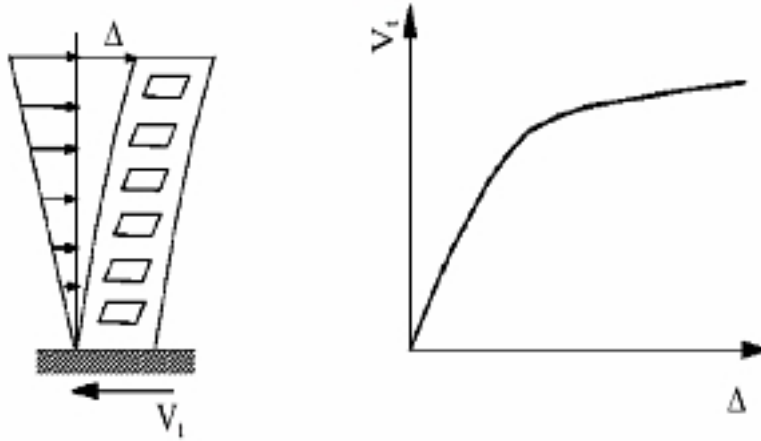
En temel doğrusal ötesi analiz yöntemi Zaman Tanım Aralığında Analiz Yöntemidir (Time History). Ancak bu yöntemin uygulanması zor ve zaman alıcı olduğundan pratikte uygun bir yöntem değildir. Genel olarak mühendislik pratiği doğrusal davranışa koşullandırılmış biçimde gelişmektedir.

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 arttırılması (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

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 ulaşılamadığı, 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 özelliklerle 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 etkilendiği 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 mafsallık özellikleri atanır.
- Yükler tanımlanır.
- Yük birleşimleri altında boyutlama yapılır. Boyutlama SAP2000 ile yapılarak gerekli donatı alanları belirlenir.
- Belirlenen donatı alanları esas alınarak mafsallık 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 mafsal özellikleri program tarafından belirlenir.
- Varsayılan (default) plastik mafsal 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 mafsal özellikleri yerine tanımlanan plastik mafsal 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 yapılmış mevcut betonarme yapılar dikkate alınarak; kat adedi, malzeme özellikleri, kapalı çıkma ve yumuşak kat gibi pratikte rastlanabilecek düzensizliklerin yapı performansına olan etkileri araştırılmıştır. Bu amaçla, statik açıdan tasarım olumsuzlukları bulunmayan 3 katlı genel bir 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.

Çalışmamızda incelenen olumsuzluklara göre 5 farklı yapı modelleri oluşturulmuş ve toplam 16 farklı bina modelinin analizleri yapılmıştır. Yapı modelleri A, B, C, D ve E olarak isimlendirilmişlerdir (Tablo 4.1).

A modelinde; 3 katlı yapının beton dayanımının, B modelinde donatı dayanımının, C modelinde kat adedi değişiminin, D modelinde kapalı çıkmanın ve E modelinde yumuşak katın yapı performansına olan etkisi SAP2000 yapı analiz programı kullanılarak incelenmiştir.

Tablo 4.1. Modellerin genel özellikleri

TÜM BİNA MODELLERİNİN GENEL ÖZELLİKLERİ							
BİNA TÜRÜ	MALZEME DAYANIMI		H (m)	H_T (m)	KAT ADEDİ	KAPALI ÇIKMA (m)	YUMUŞAK KAT $H_{ze min}$ (m)
	BETON	DONATI					
A							
A1	C14	S220	2.8	8.4	3	-	-
A2	C16	S220	2.8	8.4	3	-	-
A3	C20	S220	2.8	8.4	3	-	-
B							
B1	C20	S220	2.8	8.4	3	-	-
B2	C20	S420	2.8	8.4	3	-	-
C							
C1	C20	S220	2.8	8.4	3	-	-
C2	C20	S220	2.8	11.2	4	-	-
C3	C20	S220	2.8	14	5	-	-
C4	C20	S220	2.8	16.8	6	-	-
D							
D1	C20	S220	2.8	8.4	3	0.5	-
D2	C20	S220	2.8	8.4	3	1	-
D3	C20	S220	2.8	8.4	3	1.5	-
E							
E1	C20	S220	2.8	9.1	3	-	3.5
E2	C20	S220	2.8	9.6	3	-	4
E3	C20	S220	2.8	10.1	3	-	4.5
Referans Bina							
R	C20	S420	2.8	8.4	3	-	-
TÜM BİNA MODELLERİNDE KOLON BOYUTLARI 30X50 cm KİRİŞ BOYUTLARI 20X50 cm							

4.1. Binanın Tanıtılması

4.1.1. Bina bilgileri

Kat adedi: 3

Zemin kat yüksekliği: 2.80m

Normal Kat yüksekliği: 2.80m

Toplam bina yüksekliği, $[H]$: 8.40m

Bina oturma alanı: ~150 m²

Kullanım amacı: Konut

Uygulanan Deprem Yönetmeliği:1975 A.B.Y.Y.H.Y

4.1.2. Malzeme bilgileri

Beton sınıfı: C20

Donatı çeliği: S420

Beton elastisite modülü $[E_c]$: 28500 MPa

Donatı çeliği elastisite modülü $[E_s]$: 200000 MPa

4.1.3. Proje parametreleri

Deprem bölgesi: 1

Etkin yer ivme katsayısı, $[A_0]$:0,4

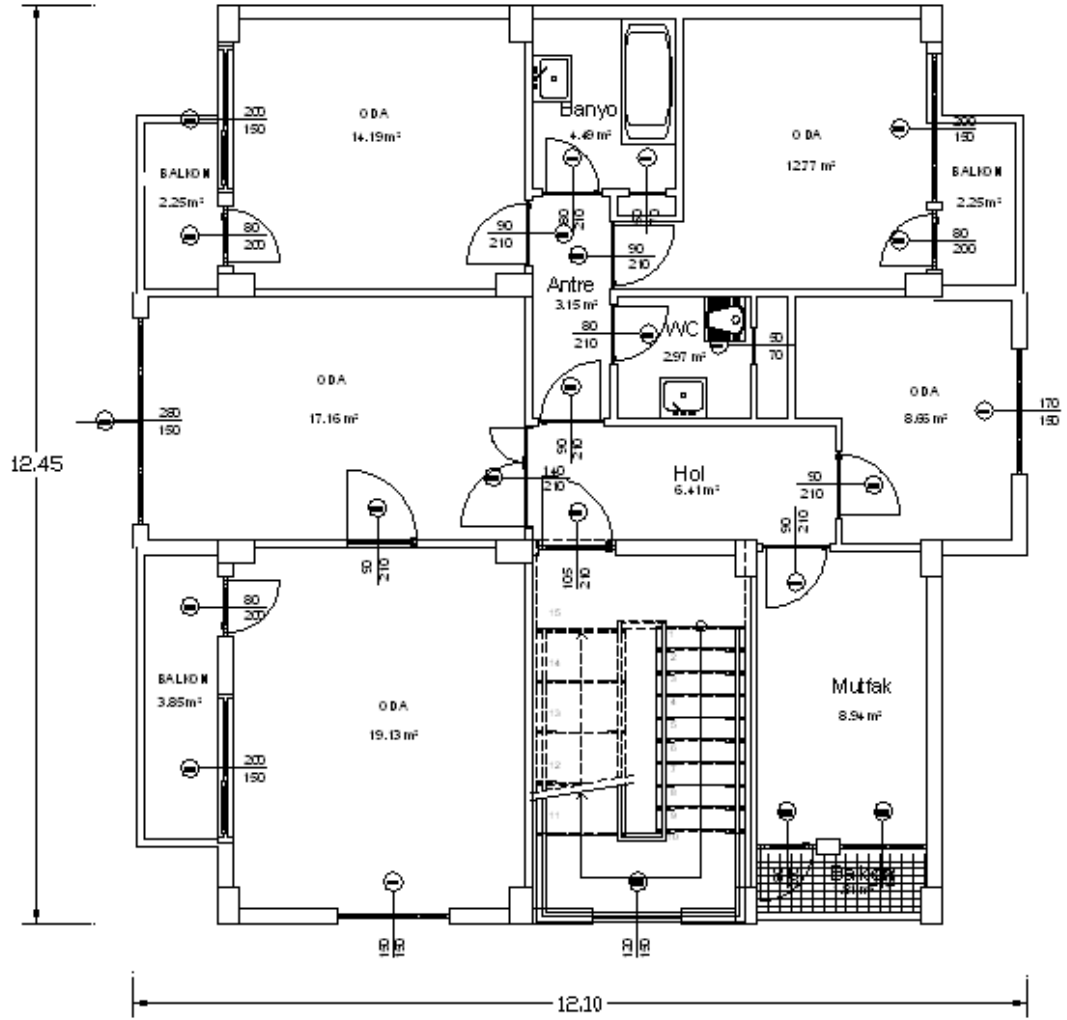
Bina önem katsayısı, $[I]$:1

Yerel zemin sınıfı: Z3

Spektrum karakteristik periyotları: $T_a=0.15sn/T_b=0.6sn$

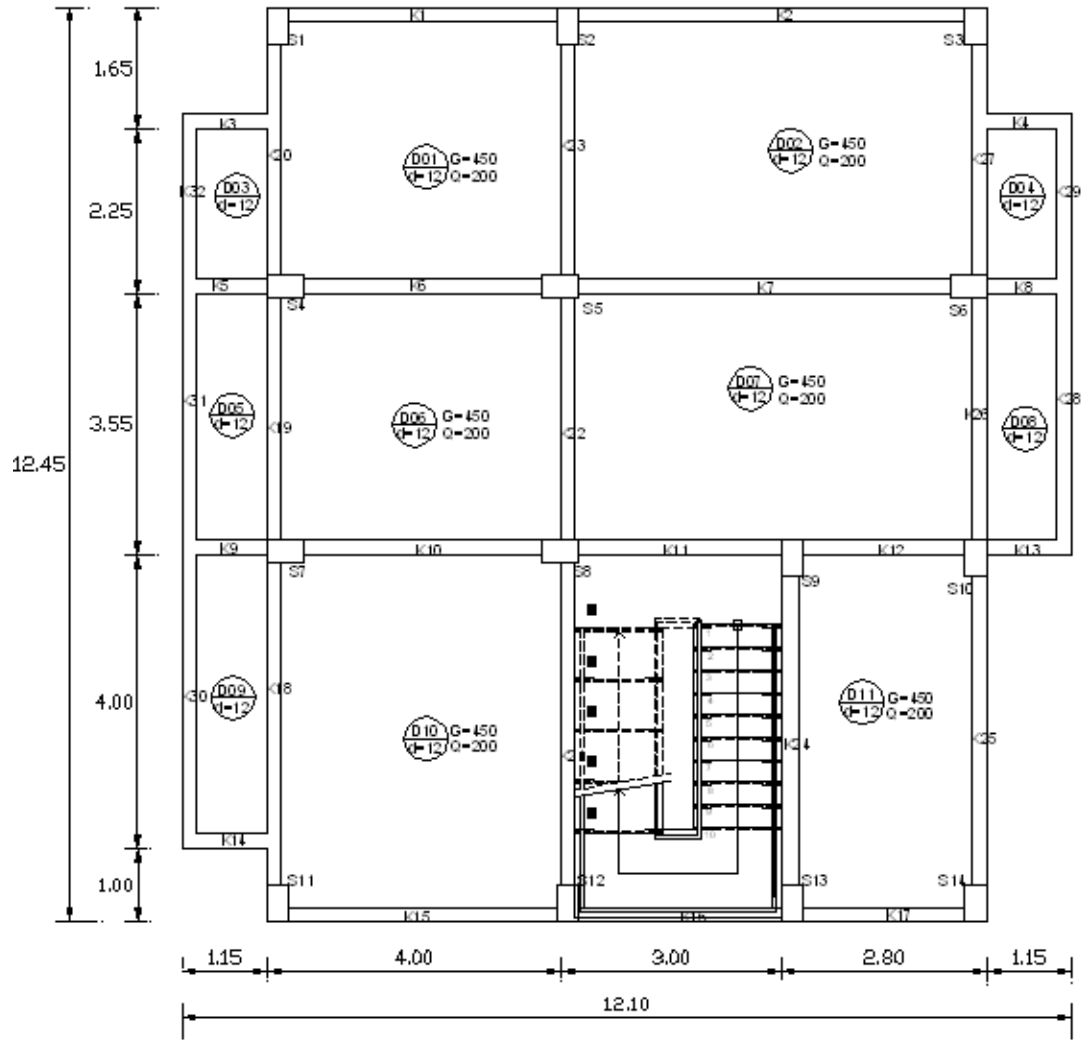
Hareketli yük katılım katsayısı: $n=0,3$

4.1.4. Mimari plan



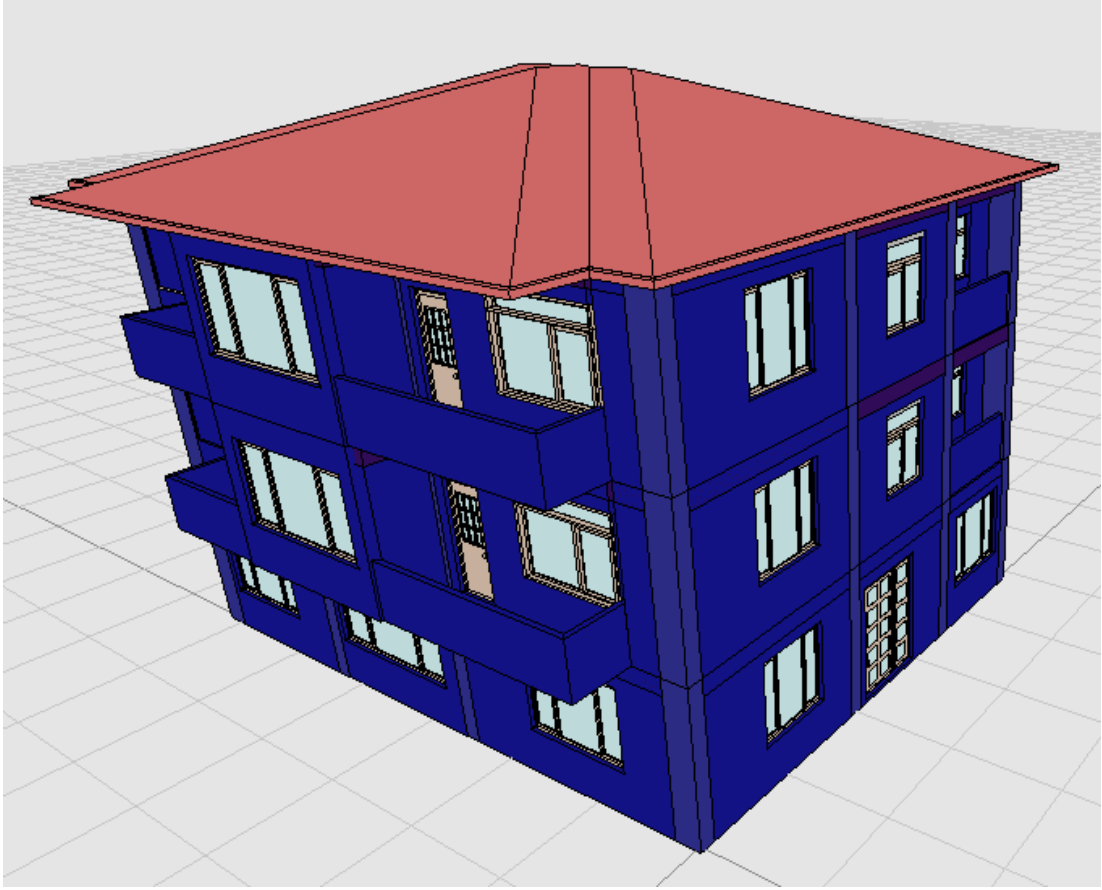
Şekil 4.1. Referans bina kat mimari planı

4.1.5. Kalıp planı



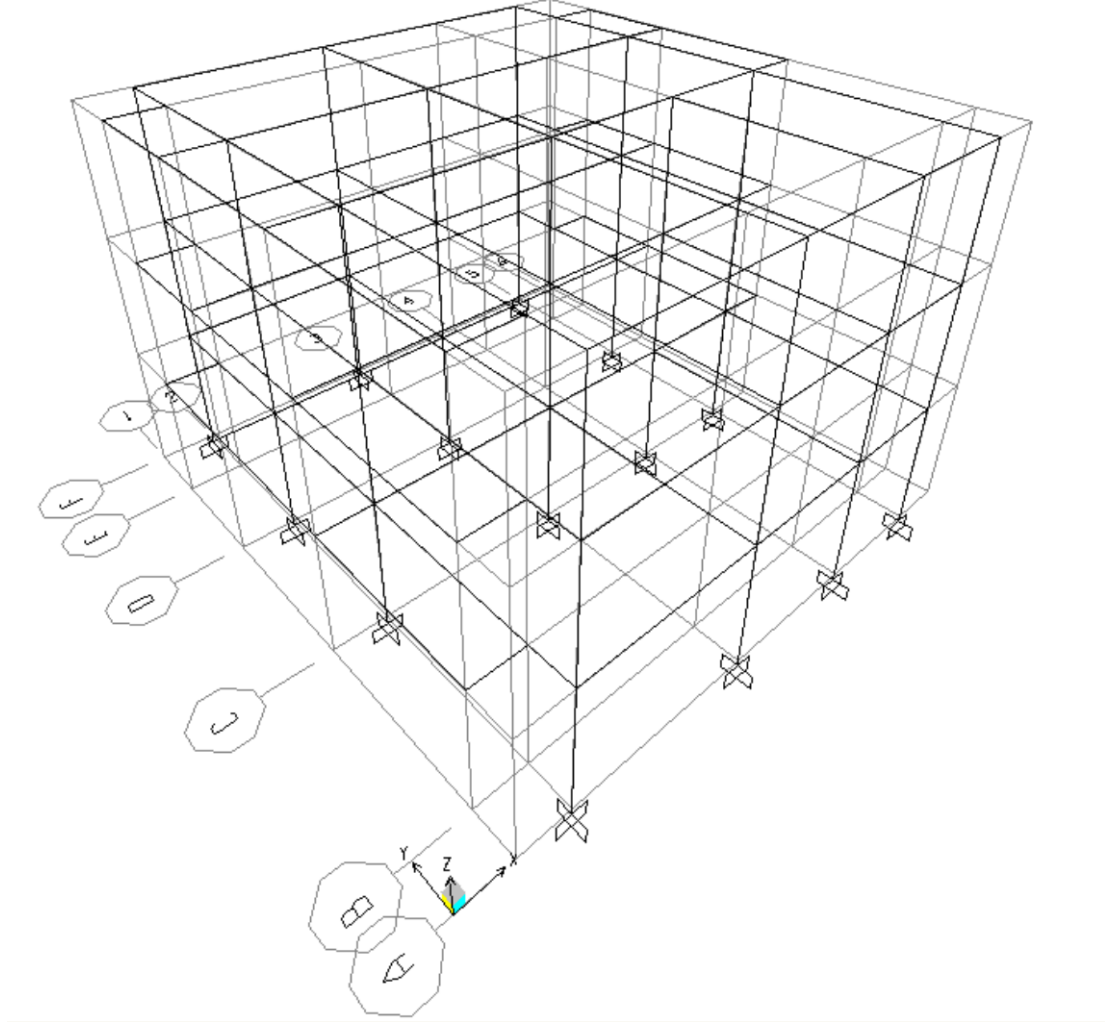
Şekil 4.2. Referans Bina Kat Kalıp Planı

4.1.6. Bina 3 boyutlu görünüşü



Şekil 4.3. Referans Bina 3 Boyutlu Görünüşü

4.1.7. Sap2000'de bina 3 boyutlu görünüşü



Şekil 4.4. Sap2000'de Referans Bina 3 Boyutlu Görünüşü

4.2. Referans Bina

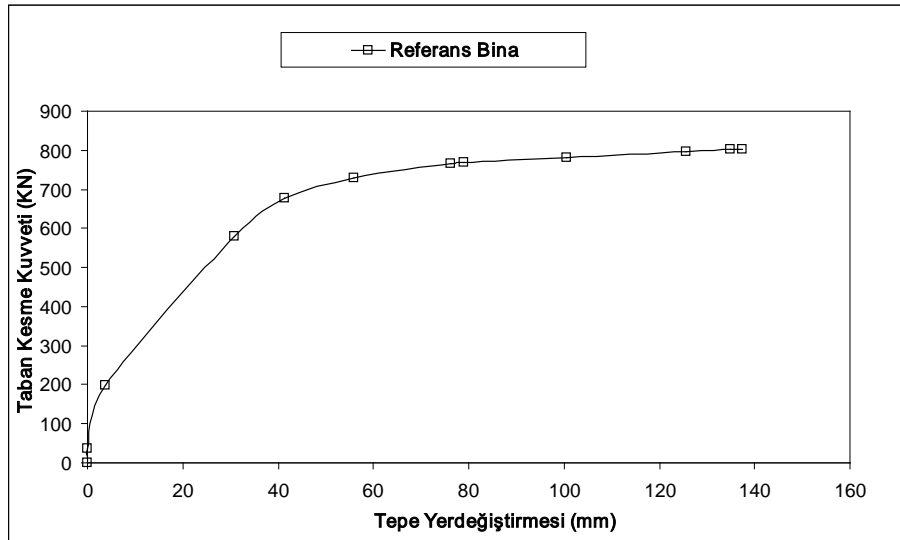
Tablo 4.2.Model Genel Özellikleri

Modeller	Beton Dayanımı	Donatı Dayanımı	Kat Adeti	H(mm)	H _T (mm)
R	C20	S420	3	2800	8400

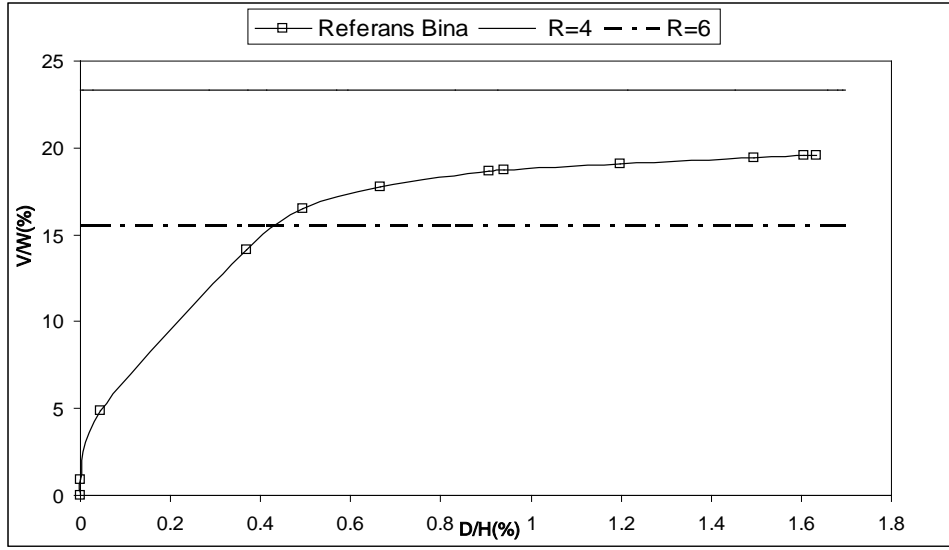
Referans bina modeli 3 katlı bir betonarme çerçeveden oluşup 1975 ABYYHY'e göre modellenmiş, taşıyıcı sistem kolon boyutları 30x50 ve kiriş boyutları 20x50'dir.

Tablo 4.3.Model Bilgileri

Modeller	W (kN)	T (sn)	S _T	V _T (kN)		V _T (%)	
				R = 4	R = 6	R = 4	R = 6
Referans	4123.7	0.582	2.50	1030.93	687.28	25.00	16.66



Şekil 4.5.Referans bina modeli kapasite eğrişi

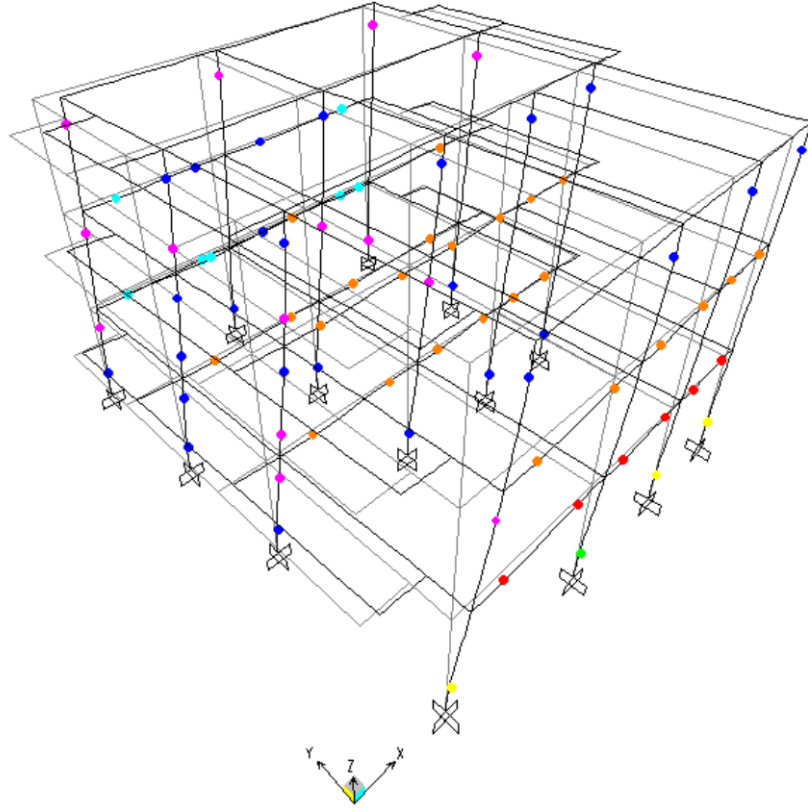


Şekil 4.6.Referans Bina Modeli Kapasite Eğrisi(%)

Şekil 4.5 ve Şekil 4.6, Tablo 4.3'den de açıkça görüldüğü gibi Referans binasının yatay yük taşıma kapasitesi %25 civarındadır. Referans bina modelinin sünekliği

$$R=4 \left(R = \frac{\delta_u}{\delta_y} \right) \text{ civarında olduğuna göre bu yapının tepe noktası yerdeğiştirmesi}$$

16 cm civarında olması beklenmektedir. Referans binası incelendiğinde bulunan tepe noktası yerdeğiştirme değeri 14 cm olduğu gözlenmektedir. Dolayısıyla 2007 deprem yönetmeliği $\frac{\Delta_{\max}}{H} \leq 0.02$ şartını sağlıyor olmasına rağmen, kirişlerde oluşan hasarlardan dolayı beklenen yerdeğiştirmeyi yapamamıştır.



Şekil 4.7 Referans Bina Modeli Plastik Mafsal Oluşumu

Tablo 4.4. X Yönünde itme analizi sonucunda kesitlerde oluşan plastik mafsal sayıları

KAT	Hasar Gören Eleman Sayısı		Plastik Mafsal Sayısı					
	Kolon	Kiriş	Kolon			Kiriş		
			MN	GV	GÇ	MN	GV	GÇ
1	-	4	12	4	-	1	10	6
2	1	2	8	-	-	2	12	2
3	-	-	16	-	-	-	-	-

Yukarıdaki Şekil 4.7 ve Tablo 4.4’de Referans binaya ait plastik mafsal oluşumu ve sayıları verilmiştir. Referans binadaki kirişlerin 4’ü(%12) belirgin hasar bölgesinde olup, kolonların ise % 7’si ileri hasar bölgesindedir. Dolayısıyla, 1975 ABYYHY’e göre modellenen referans binamız **göçme öncesi** performans seviyesindedir.

4.3. A Tipi Yapı Modelleri

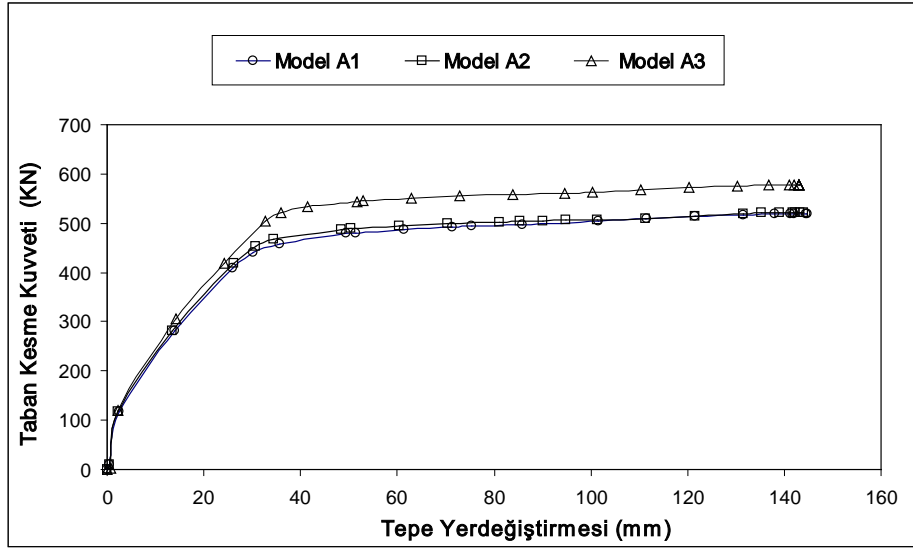
Tablo 4.5. Model Genel Özellikleri

Modeller	Beton Dayanımı	Donatı Dayanımı	Kat Adeti	H(mm)	H _T (mm)
Model A1	C14	S220	3	2800	8400
Model A2	C16	S220	3	2800	8400
Model A3	C20	S220	3	2800	8400

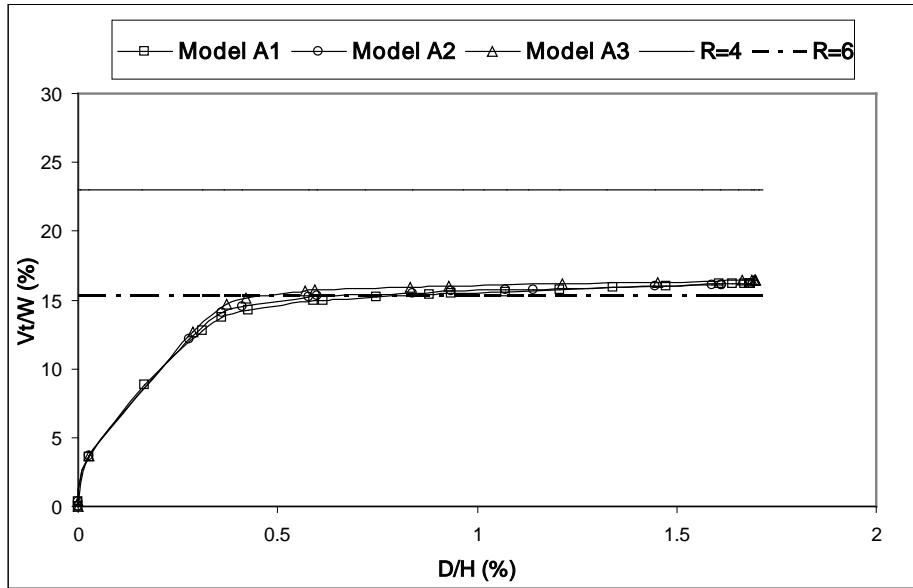
A tipi yapı modellerinde, 3 katlı bir betonarme çerçeveden oluşan taşıyıcı sistem modeli seçilmiş, bu sistemin düşey yükler ve öngörülen yatay deprem etkileri altında tasarım yapılarak mevcut binanın beton sınıfının C20'den C16,C14'ye düşmesi halinde yapının performansındaki değişim irdelenmektedir. Tüm modeller için kolon boyutları 30x50, kiriş boyutları 20x50'dir.

Tablo 4.6. Model Bilgileri

Modeller	W (kN)	T (sn)	S _T	V _T (kN)		V _T (%)	
				R = 4	R = 6	R = 4	R = 6
Model A1	4123.7	0.678	2.27	936.08	624.05	22.70	15.00
Model A2	4123.7	0.667	2.30	948.45	632.30	22.99	15.33
Model A3	4123.7	0.655	2.33	960.82	640.55	23.30	15.53



Şekil 4.8.A Modeli Kapasite Eğrileri

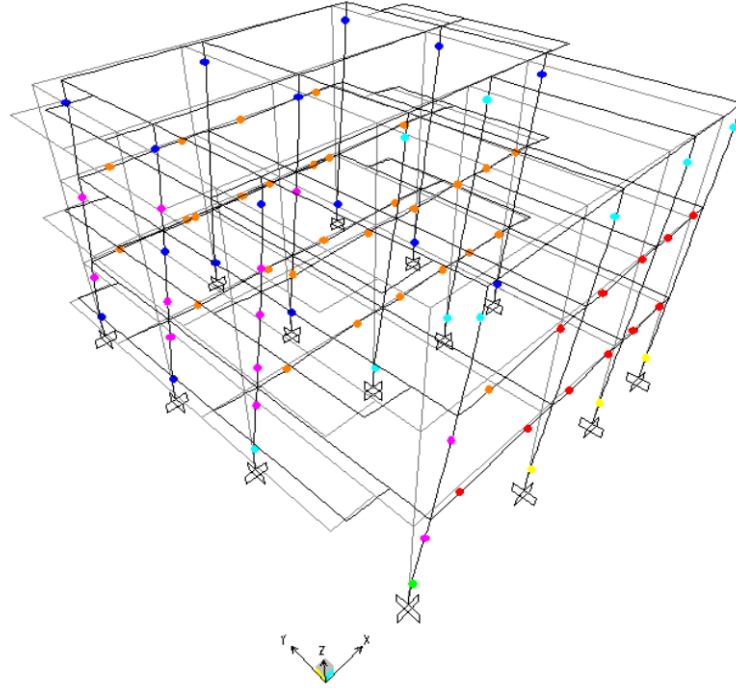


Şekil 4.9. A Modeli Kapasite Eğrileri(%)

Referans binasının yatay yük taşıma kapasitesi %25 civarında iken, Model A yapılarında beton dayanımı azaldıkça bu değerin hızla azaldığı ve % 15 civarına kadar düştüğü gözlenmektedir.

Şekil 4.9 ve Tablo 4.6'dan da açıkça görüldüğü gibi Model A yapılarında beton dayanımı yüksek olan (C20 Model A3 binası) en yüksek süneklik ve yatay yük taşıma kapasitesine, beton dayanımı düşük olan (C14 Model A1 binası) ise Model A yapı modelleri arasında en düşük yatay yük taşıma kapasitesi ve sünekliğe sahiptir.

Beton basınç dayanımının azalması, donatıda akma meydana gelmeden beton kırılmasına yol açarak birçok yapının depremde ağır hasar almasına neden olmaktadır. Beton dayanımının yapı performansına olan etkisinin önemi büyüktür. 2007 DBYBHY'e göre modele etkiyecek taban kesme kuvvetini karşılayamamaktadır.

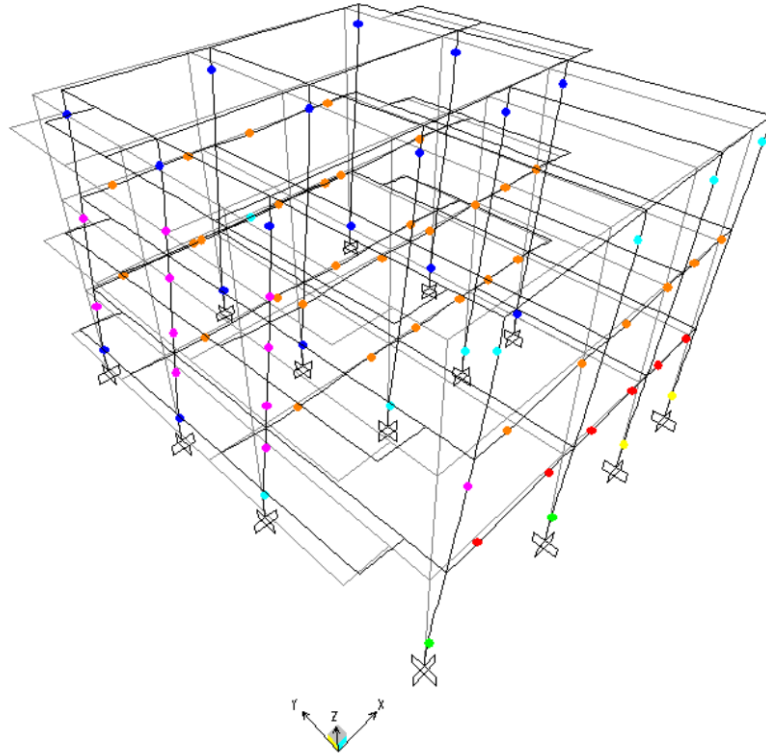


Şekil 4.10. Model A1 Plastik Mafsall Oluşumu

Tablo 4.7. X Yönü itme analizi sonucunda kesitlerde oluşan plastik mafsall sayıları

KAT	Hasar Gören Eleman Sayısı		PLASTİK MAFSAL SAYISI					
			Kolon			Kiriş		
	Kolon	Kiriş	MN	GV	GÇ	MN	GV	GÇ
1	6	7	11	11	-	-	12	8
2	1	7	7	1	-	-	14	6
3	-	-	10	6	-	-	-	-

Yukarıdaki Şekil 4.10 ve Tablo 4.7'de Model A1 binasına ait plastik mafsall oluşumu ve sayıları verilmiştir. Model A1 binasındaki kolonların ise % 7'si ileri hasar bölgesinde, kirişlerin %21'i ileri hasar bölgesinde olduğu için, Model A1 binamız **göçme öncesi** performans durumundadır.

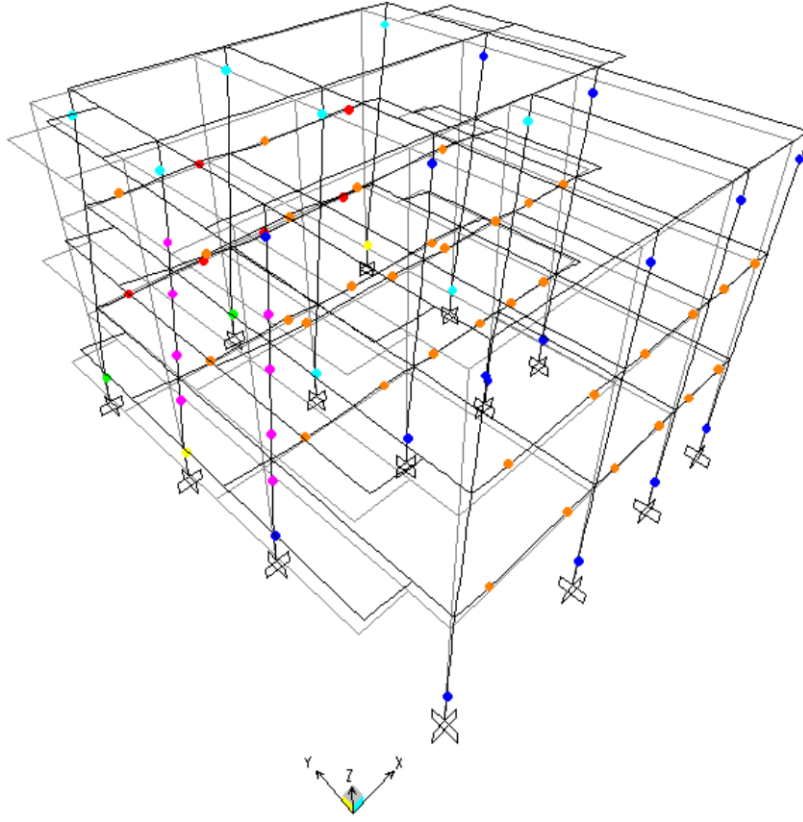


Şekil 4.11. Model A2 Plastik Mafsal Oluşumu

Tablo 4.8. X Yönünde itme analizi sonucunda kesitlerde oluşan plastik mafsal sayıları

KAT	Hasar Gören Eleman Sayısı		PLASTİK MAFSAL SAYISI					
			Kolon			Kiriş		
	Kolon	Kiriş	MN	GV	GÇ	MN	GV	GÇ
1	4	7	10	7	-	-	14	6
2	-	5	6	1	-	-	20	-
3	-	-	10	4	-	-	-	-

Yukarıdaki Şekil 4.11 ve Tablo 4.8’de Model A2 binasına ait plastik mafsal oluşumu ve sayıları verilmiştir. Model A2 binasında hiçbir düşey taşıyıcı eleman göçme bölgesine geçmemiş olmasına rağmen, kirişlerin %21’i ileri hasar bölgesinde olduğu için Model A2 binası **göçme öncesi** performans durumundadır.



Şekil 4.12. Model A3 Plastik Mafsal Oluşumu

Tablo 4.9. X Yönü itme analizi sonucunda kesitlerde oluşan plastik mafsal sayıları

KAT	Hasar Gören Eleman Sayısı		PLASTİK MAFSAL SAYISI					
			Kolon			Kiriş		
	Kolon	Kiriş	MN	GV	GÇ	MN	GV	GÇ
1	3	5	10	6	-	-	16	-
2	-	2	4	-	-	-	16	-
3	-	-	10	6	-	-	-	-

Yukarıdaki Şekil 4.12 ve Tablo 4.9’da Model A3 binasına ait plastik mafsal oluşumu ve sayıları verilmiştir. Model A3 binasında hiçbir düşey taşıyıcı eleman ve hiçbir kiriş göçme bölgesine geçmemiş olmasına rağmen, kirişlerin %24’ü ileri hasar bölgesinde olduğu için Model A3 binamız **göçme öncesi** performans seviyesindedir.

4.4. B Tipi Yapı Modelleri

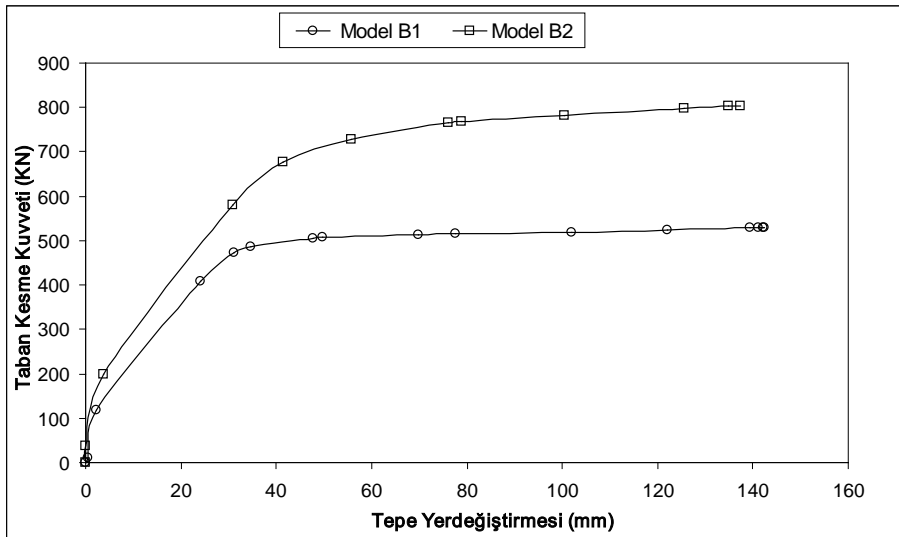
Tablo 4.10. Model Genel Özellikleri

Modeller	Beton Dayanımı	Donatı Dayanımı	Kat Adeti	H(mm)	H _T (mm)
Model B1	C20	S220	3	2800	8400
Model B2	C20	S420	3	2800	8400

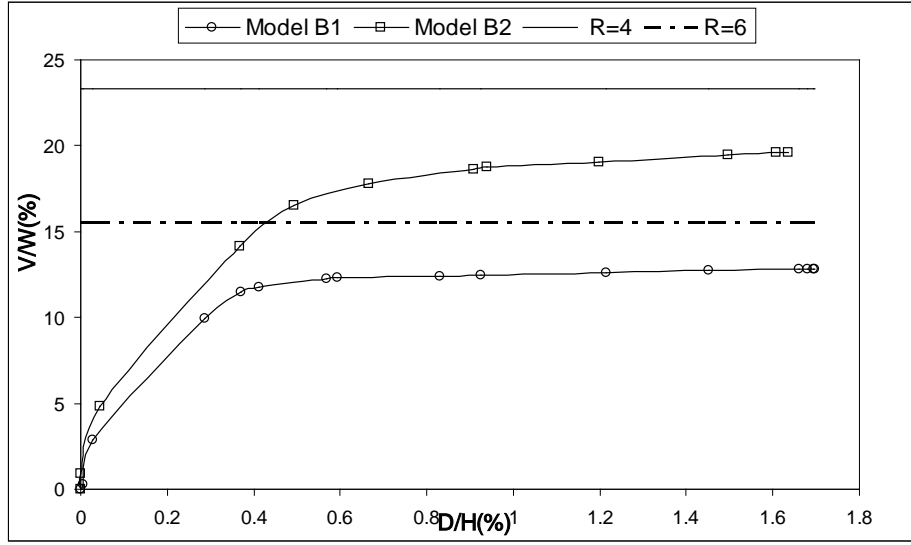
B tipi yapı modellerinde, 3 katlı bir betonarme çerçeveden oluşan taşıyıcı sistem modeli seçilmiş, bu sistemin düşey yükleri yönetmelikte öngörülen yatay deprem etkileri altında tasarım yapılarak mevcut binanın donatı dayanımının S420'den S220'ye düşmesi halinde yapının performansındaki değişim irdelenmektedir.

Tablo 4.11. Model Bilgileri

Modeller	W (kN)	T (sn)	S _T	V _T (kN)		V _T (%)	
				R = 4	R = 6	R = 4	R = 6
Model B1	4123.7	0.655	2.33	960.82	640.54	23.29	15.53
Model B2	4123.7	0.582	2.50	1030.93	687.28	25.00	16.66



Şekil 4.13. B Modeli Kapasite Eğrileri



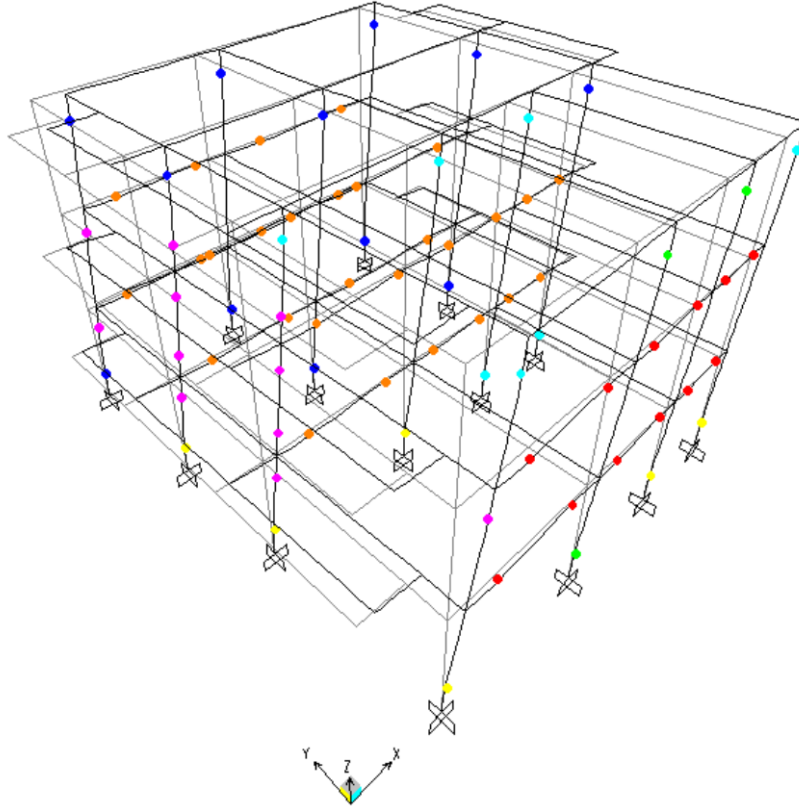
Şekil 4.14. B Modeli Kapasite Eğrileri(%)

Referans binasının yatay yük taşıma kapasitesi %25 civarında iken, Model B yapılarında donatı dayanımı azaldıkça bu değer hızla azaldığı ve % 12 civarına kadar azaldığı gözlenmektedir.

Şekil 4.14 ve Tablo 4.11'den de açıkça görüldüğü gibi Model B yapılarında donatı dayanımı yüksek olan (S420 Model B2 binası) en yüksek süneklığe ve yatay yük taşıma kapasitesine sahiptir. Yine 2007 deprem yönetmeliğinde $\frac{\Delta_{max}}{H} \leq 0.02$ şartına göre yapının tepe noktası yerdeğiştirmesi 16 cm civarında olması beklenmektedir.

Model B1 ve B2'nin süneklığı $R=4 \left(R = \frac{\delta_u}{\delta_y} \right)$ civarında olup, tepe noktası

yerdeğiştirmeleri değeri 14 cm olduğu gözlenmektedir. Dolayısıyla istenilen yerdeğiştirmeyi yapmamıştır. 2007 DBYBHY'e göre yalnızca Model B2 modele etkiyecek taban kesme kuvvetini karşılamıştır.

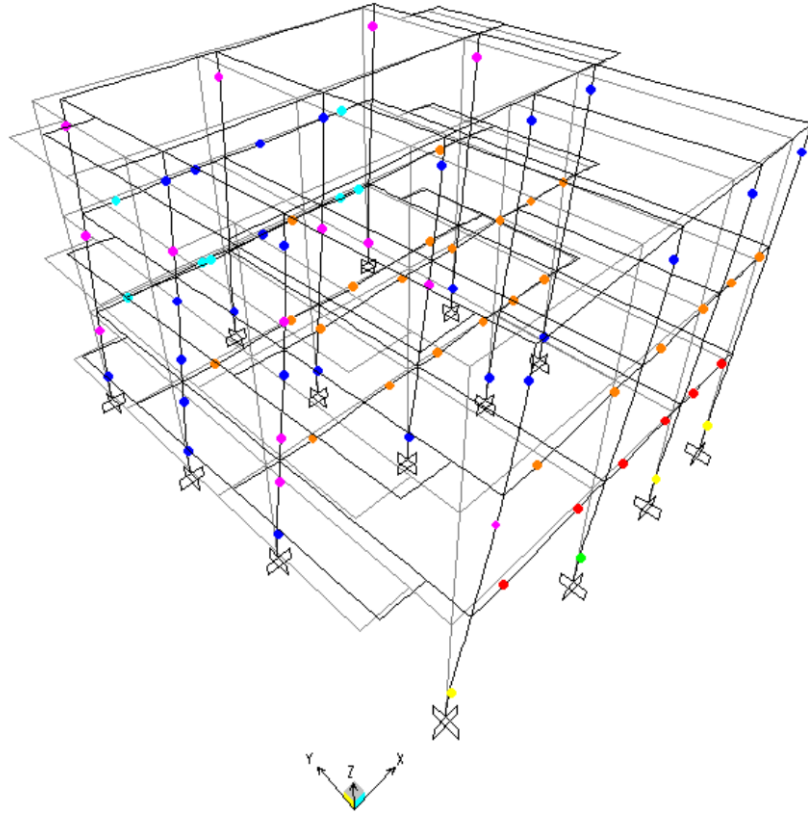


Şekil 4.15. Model B1 Plastik Mafsal Oluşumu

Tablo 4.12. X Yönünde itme analizi sonucunda kesitlerde oluşan plastik mafsal sayıları

KAT	Hasar Gören Eleman Sayısı		PLASTİK MAFSAL SAYISI					
			Kolon			Kiriş		
	Kolon	Kiriş	MN	GV	GÇ	MN	GV	GÇ
1	3	6	10	6	-	-	10	6
2	-	3	4	-	-	-	10	6
3	3	-	10	6	-	-	-	-

Yukarıdaki Şekil 4.15 ve Tablo 4.12’de Model B1 binasına ait plastik mafsal oluşumu ve sayıları verilmiştir. Model B1 binasında düşey taşıyıcı elemanların % 21’i belirgin hasar bölgesinde olmasına rağmen, göçme bölgesine geçmemiştir. Kirişlerin %24’ü ileri hasar bölgesinde olduğu için Model B1 binası **göçme öncesi** performans seviyesindedir.



Şekil 4.16. Model B2 Plastik Mafsal Oluşumu

Tablo 4.13. X Yönünde itme analizi sonucunda kesitlerde oluşan plastik mafsal sayıları

KAT	Hasar Gören Eleman Sayısı		PLASTİK MAFSAL SAYISI					
			Kolon			Kiriş		
	Kolon	Kiriş	MN	GV	GÇ	MN	GV	GÇ
1	-	4	12	4	-	1	10	6
2	1	2	8	-	-	2	12	2
3	-	-	16	-	-	-	-	-

Yukarıdaki Şekil 4.16 ve Tablo 4.13’de Model B2 binasına ait plastik mafsal oluşumu ve sayıları verilmiştir. Model B2 binasındaki kirişlerin 4’ü(%12) göçme bölgesinde, kolonların ise % 7’si ileri hasar bölgesindedir. Dolayısıyla, Model B2 binası **göçme öncesi** performans seviyesindedir.

4.5. C Tipi Yapı Modelleri

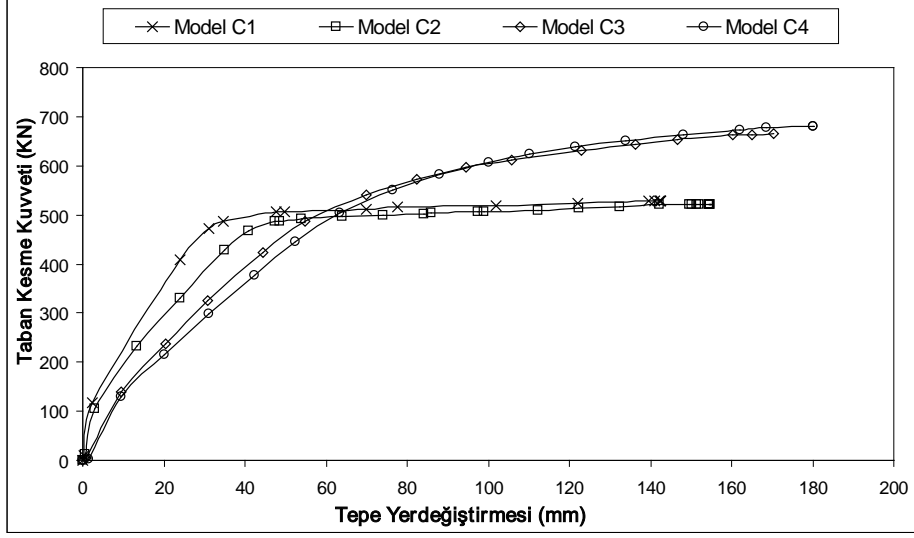
Tablo 4.14. Model Genel Özellikleri

Modeller	Beton Dayanımı	Donatı Dayanımı	Kat Adeti	H(mm)	H _T (mm)
Model C1	C20	S220	3	2800	8400
Model C2	C20	S220	4	2800	11200
Model C3	C20	S220	5	2800	14000
Model C4	C20	S220	6	2800	16800

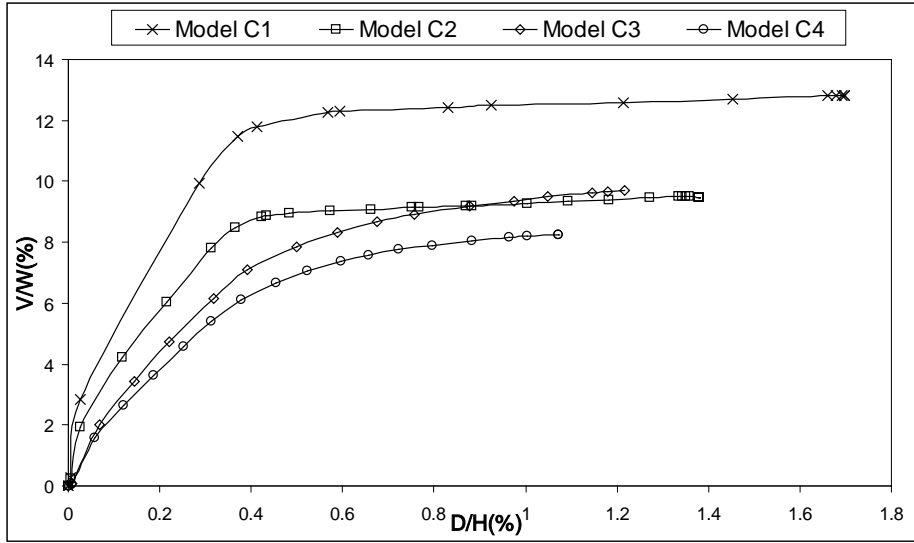
C tipi yapı modellerinde, betonarme bir çerçeveden oluşan taşıyıcı sistem modelinde düşey yükler öngörülen yatay deprem etkileri altında tasarım yapılarak mevcut binanın kat adedi değişiminin yapı performansı üzerindeki etkisi irdelenmiştir. Tüm modeller için kolon boyutları 30x50, kiriş boyutları 20x50'dir.

Tablo 4.15. Model Bilgileri

Modeller	W (kN)	T (sn)	S _T	V _T (kN)		V _T (%)	
				R = 4	R = 6	R = 4	R = 6
Model C1	4123.7	0.655	2.33	960.82	640.55	23.30	15.53
Model C2	5498.28	0.840	1.91	1050.17	700.11	19.24	12.82
Model C3	6872.84	1.092	1.55	1065.29	710.19	15.51	10.34
Model C4	8247.41	1.313	1.34	1105.15	736.80	13.40	8.94



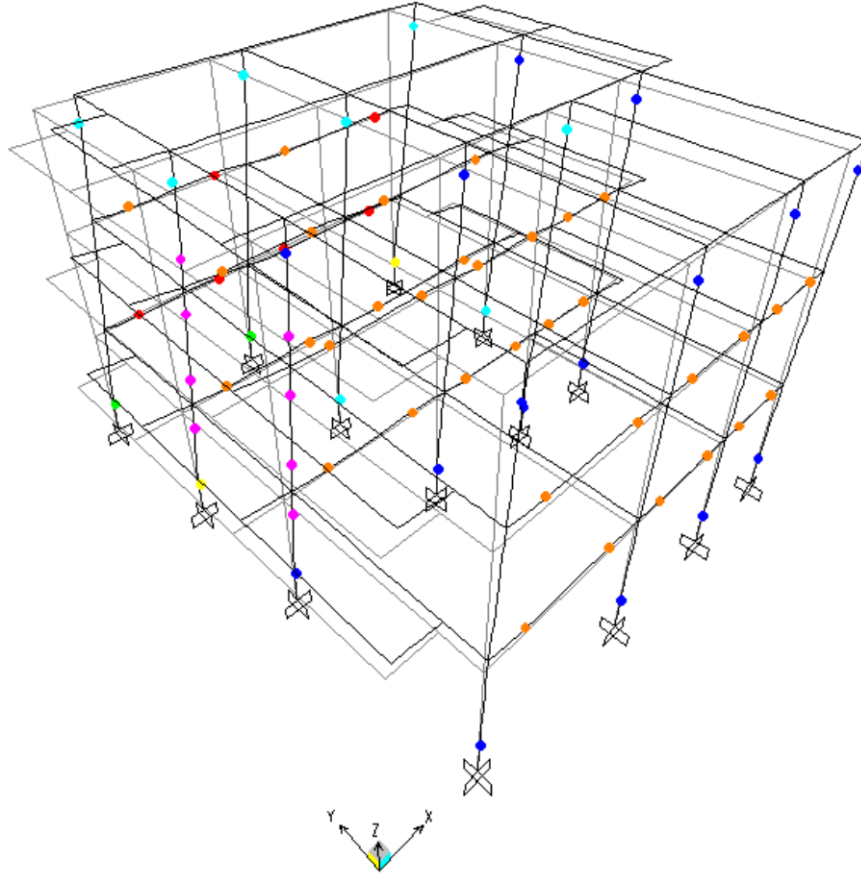
Şekil 4.17. C Modeli Kapasite Eğrileri



Şekil 4.18. C Modeli Kapasite Eğrileri(%)

Referans binasının yatay yük taşıma kapasitesi %25 civarında iken, Model C yapılarında kat adedi arttıkça bu değerin hızla azaldığı ve % 8 civarına kadar azaldığı gözlenmektedir.

Şekil 4.18 ve Tablo 4.15' den de açıkça görüldüğü gibi Model C yapılarında en az katlı yapı (3 katlı Model C1 binası) en yüksek sünekliğe sahiptir. Kat adedi arttıkça yapıların sünekliği de azalmakta ve yapılar daha gevrek davranış göstermektedir. Doğrusal olmayan statik itme analizi sonuçlarından da görüldüğü gibi Model C4 yapısının sünekliği 3 civarına kadar düşmektedir. 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.

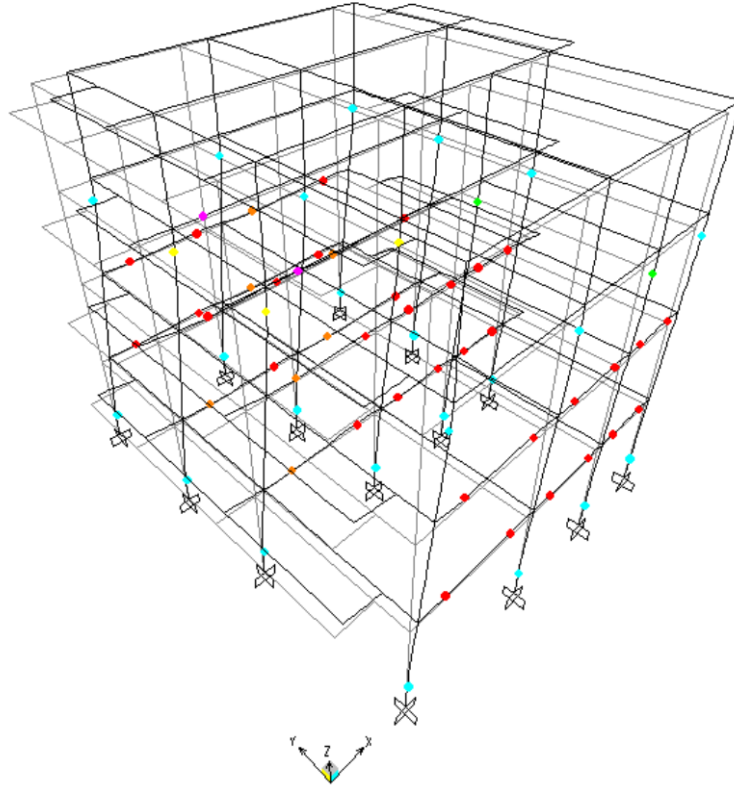


Şekil 4.19. Model C1 Plastik Mafsals Oluşumu

Tablo 4.16. X Yönünde itme analizi sonucunda kesitlerde oluşan plastik mafsals sayıları

KAT	Hasar Gören Eleman Sayısı		PLASTİK MAFSAL SAYISI					
			Kolon			Kiriş		
	Kolon	Kiriş	MN	GV	GÇ	MN	GV	GÇ
1	-	4	10	6	-	-	16	-
2	1	2	4	-	-	-	16	-
3	-	-	10	6	-	-	-	-

Şekil 4.19 ve Tablo 4.16’da Model C1 binasına ait plastik mafsals oluşumu ve sayıları verilmiştir. Model C1 binasında hiçbir düşey taşıyıcı eleman göçme bölgesine geçmemiş olmasına rağmen, kirişlerin %24’ ü ileri hasar bölgesinde olduğu için Model C1 binası **göçme öncesi** performans seviyesindedir.

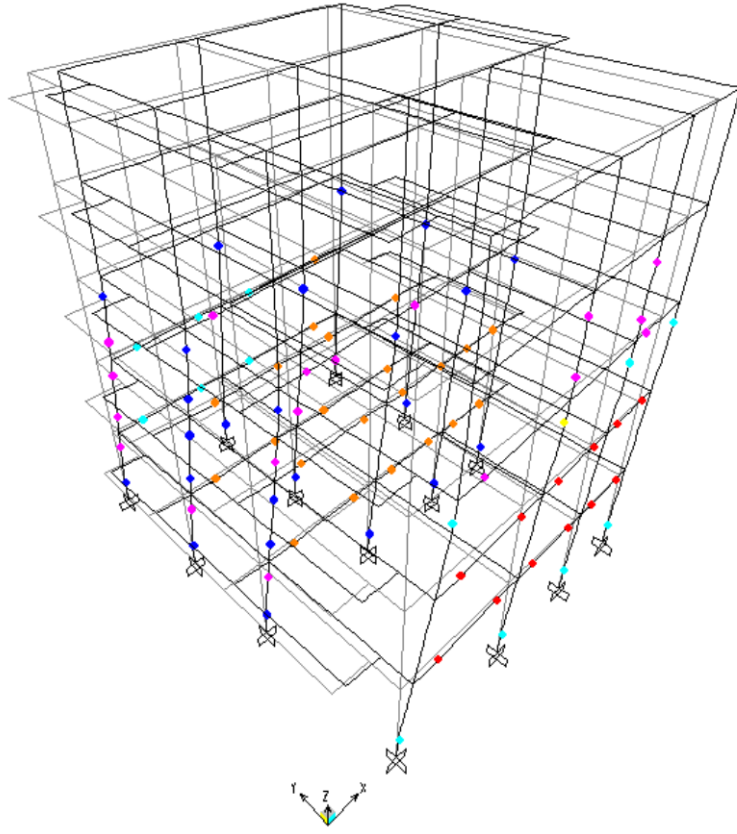


Şekil 4.20. Model C2 Plastik Mafsal Oluşumu

Tablo 4.17. X Yönünde itme analizi sonucunda kesitlerde oluşan plastik mafsal sayıları

KAT	Hasar Gören Eleman Sayısı		PLASTİK MAFSAL SAYISI					
			Kolon			Kiriş		
			MN	GV	GÇ	MN	GV	GÇ
1	3	6	-	14	-	1	16	4
2	-	3	-	2	-	1	16	4
3	-	-	-	14	-	5	-	-
4	-	-	-	-	-	-	-	-

Şekil 4.20 ve Tablo 4.17’de Model C2 binasına ait plastik mafsal oluşumu ve sayıları verilmiştir. Model C2 binasında hiçbir düşey taşıyıcı eleman göçme bölgesine geçmemiş olmasına rağmen, kirişlerin %24’ü ileri hasar hasar bölgesinde olduğu için Model C2 binası **göçme öncesi** performans seviyesindedir.

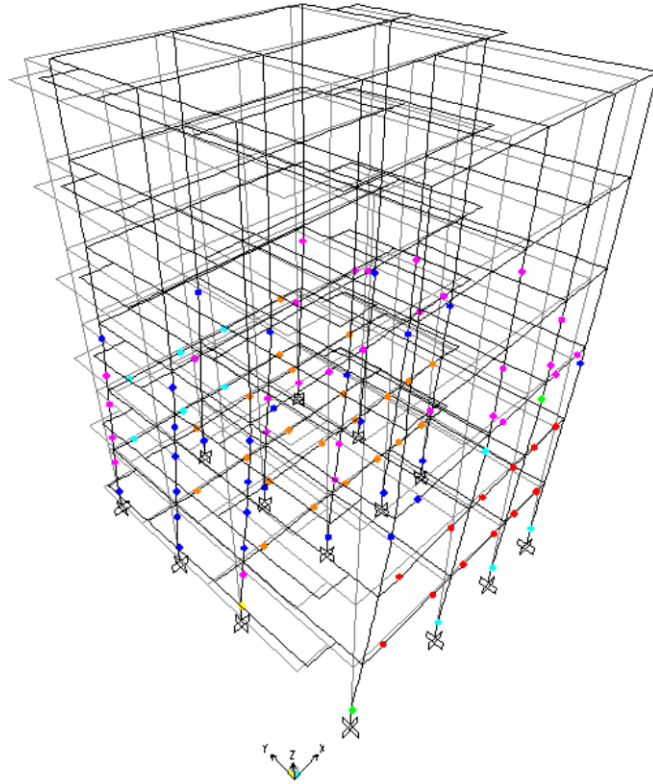


Şekil 4.21. Model C3 Plastik Mafsal Oluşumu

Tablo 4.18. X Yönünde itme analizi sonucunda kesitlerde oluşan plastik mafsal sayıları

KAT	Hasar Gören Eleman Sayısı		PLASTİK MAFSAL SAYISI					
			Kolon			Kiriş		
	Kolon	Kiriş	MN	GV	GÇ	MN	GV	GÇ
1	5	7	13	5	-	-	14	6
2	5	6	-	8	-	-	14	6
3	4	-	9	8	-	2	-	-
4	-	-	4	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-	-	-

Şekil 4.21 ve Tablo 4.18’de Model C3 binasına ait plastik mafsal oluşumu ve sayıları verilmiştir. Model C3 binasında kirişlerin %21’i ileri hasar bölgesinde olup, **göçme öncesi** performans seviyesindedir.



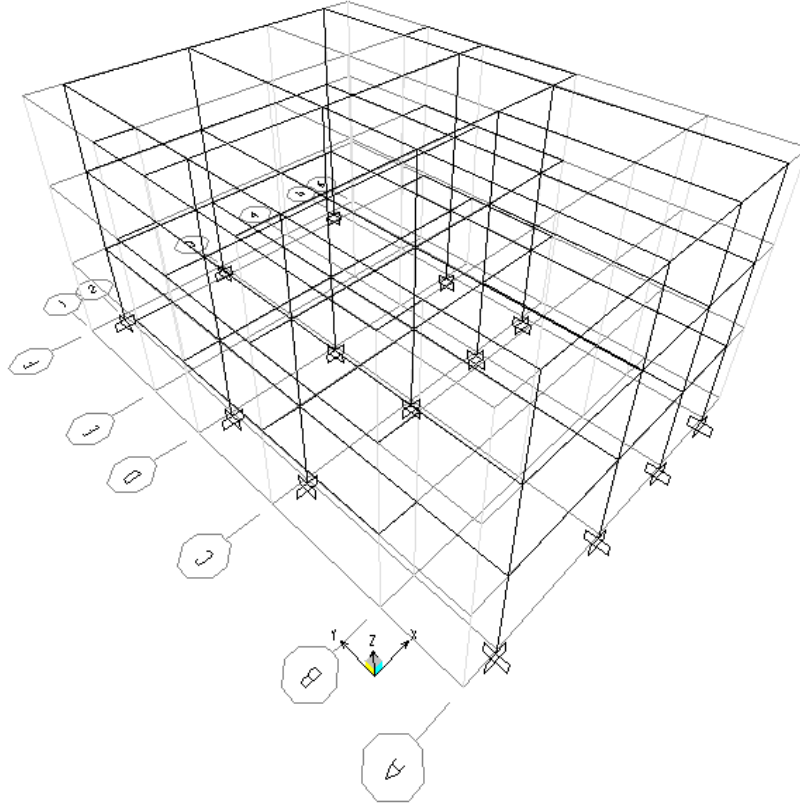
Şekil 4.22. Model C4 Plastik Mafsal Oluşumu

Tablo 4.19. X Yönünde itme analizi sonucunda kesitlerde oluşan plastik mafsal sayıları

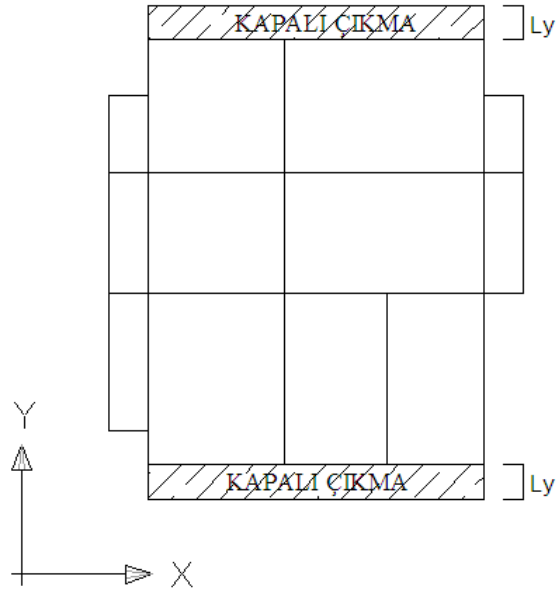
KAT	Hasar Gören Eleman Sayısı		PLASTİK MAFSAL SAYISI					
			Kolon			Kiriş		
	Kolon	Kiriş	MN	GV	GÇ	MN	GV	GÇ
1	7	12	3	12	-	5	10	10
2	3	10	7	-	-	-	10	10
3	4	6	9	8	-	6	8	-
4	-	-	4	-	-	2	-	-
5	-	-	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-	-	-

Şekil 4.22 ve Tablo 4.19’da Model C4 binasına ait plastik mafsal oluşumu ve sayıları verilmiştir. Model C4 binasında düşey taşıyıcı elemanların %21’i hasar bölgesinde olup, kirişlerin %21’i göçme durumundadır. Model C4 binası **göçmüştür**.

4.6. D Tipi Yapı Modelleri



Şekil 4.23. Model D Binası 3 Boyutlu Görünüş



Şekil 4.24. Model D Binası Üstten Görünüş

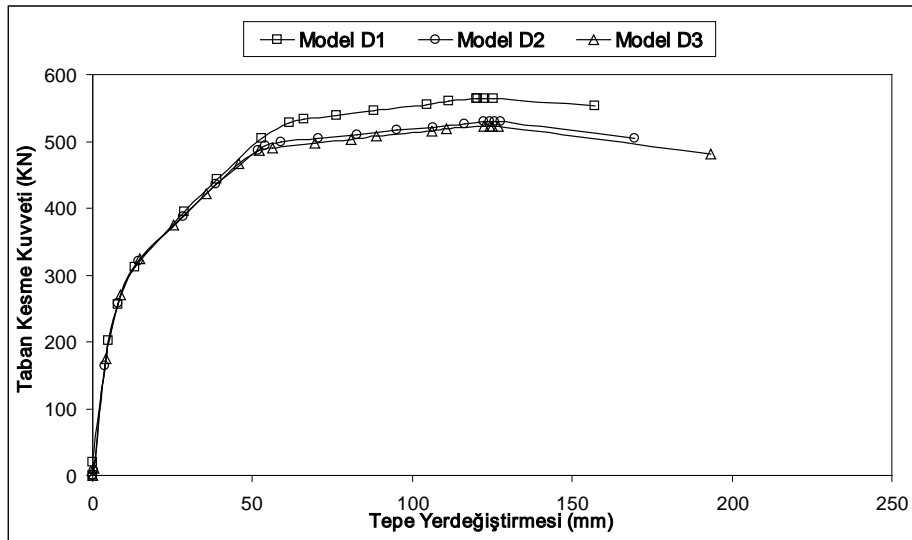
Tablo 4.20. Model Genel Özellikleri

Modeller	Beton Dayanımı	Donatı Dayanımı	Kat Adeti	H(mm)	Ly(mm)
Model D1	C20	S220	3	2800	500
Model D2	C20	S220	3	2800	1000
Model D3	C20	S220	3	2800	1500

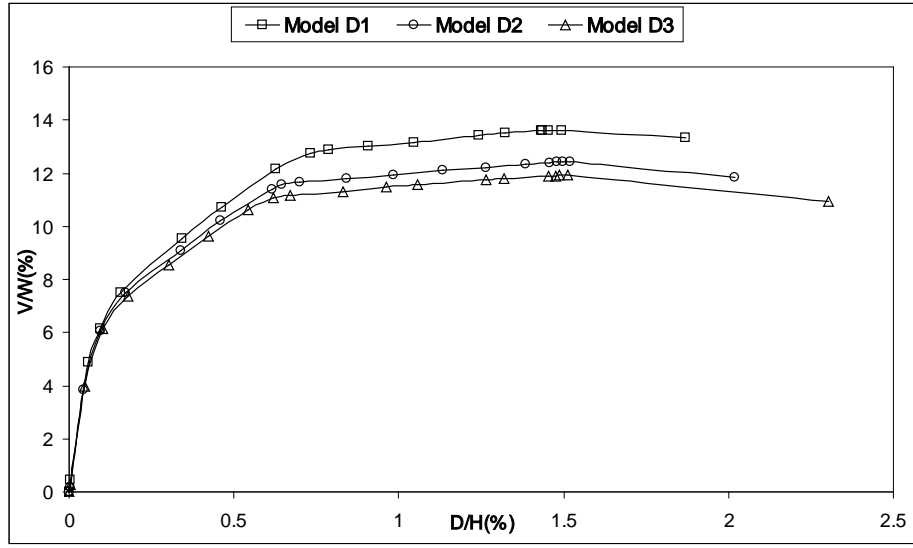
D tipi yapı modellerinde betonarme bir çerçeveden oluşan taşıyıcı sistem modelleri y ekseninin her iki doğrultusunda (Şekil 4.24) ve Tablo 4.20’de belirtilen uzunlukta kapalı çıkımlar ilave edilerek 3 adet bina modeli oluşturulmuştur. Oluşturulan bu modeller düşey yükler altında yönetmelikte öngörülen yatay deprem etkileri altında tasarımları yapılarak, kapalı çıkmanın yapı performansı üzerindeki etkisi irdelenmiştir.

Tablo 4.21. Model Bilgileri

Modeller	W (kN)	T (sn)	S _T	V _T (kN)		V _T (%)	
				R = 4	R = 6	R = 4	R = 6
Model D1	4250.00	0.658	2.32	986.00	657.33	23.20	15.47
Model D2	4376.41	0.683	2.25	984.69	656.46	22.50	15.00
Model D3	4622.80	0.663	2.31	1067.87	713.76	23.00	15.30



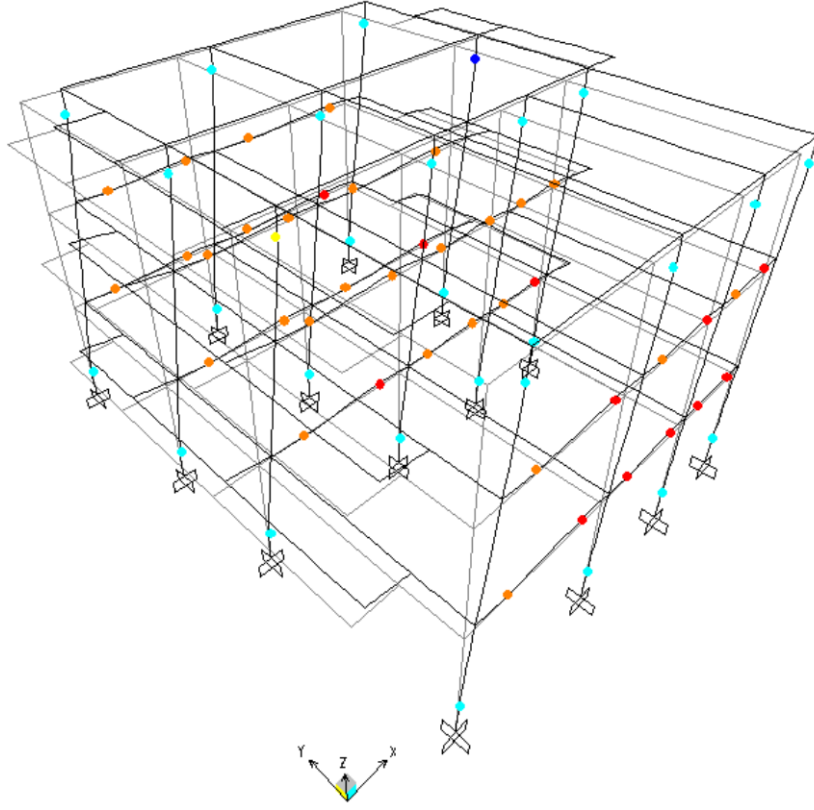
Şekil 4.25. D Modeli Kapasite Eğrileri



Şekil 4.26. D Modeli Kapasite Eğrileri(%)

Referans binasının yatay yük taşıma kapasitesi %25 civarında iken, Model D yapılarındaki kapalı çıkmalar nedeniyle bu değer % 11'e kadar düştüğü gözlenmektedir.

Şekil 4.26 ve Tablo 4.21'den de açıkça görüldüğü gibi Model D yapılarında yapıların sünekliği de azalmakta ve yapıda daha gevrek davranış göstermektedir. 2007 Deprem yönetmeliğinde $\frac{\Delta_{\max}}{H} \leq 0.02$ şartını Model D2 ve D3 sağlayamamaktadır. Model D yapıların tepe noktası yerdeğiştirmeleri 16 cm civarında olması beklenmektedir. Ama Şekil 4.24'den de görüldüğü gibi D3 yaklaşık 20 cm, D2 17cm ve D1 16cm yerdeğiştirme yapmıştır. Dolayısıyla kapalı çıkmaya sahip yapı modelleri aşırı yerdeğiştirme yapmıştır.

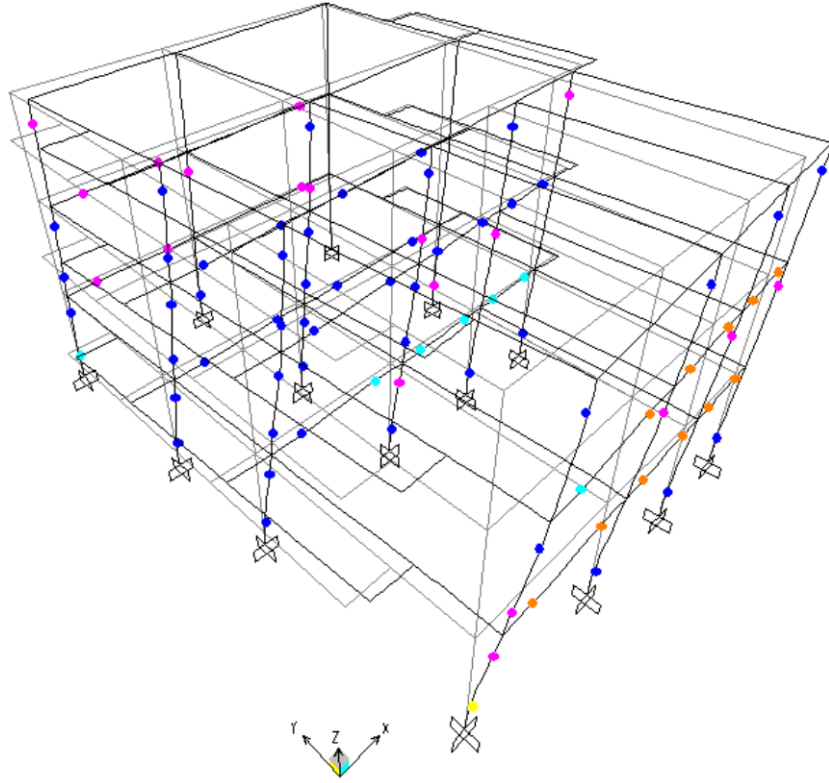


Şekil 4.27. Model D1 Plastik Mafsall Oluşumu

Tablo 4.22. X Yönünde itme analizi sonucunda kesitlerde oluşan plastik mafsall sayıları

KAT	Hasar Gören Eleman Sayısı		PLASTİK MAFSAL SAYISI					
			Kolon			Kiriş		
	Kolon	Kiriş	MN	GV	GÇ	MN	GV	GÇ
1	6	7	-	14	-	5	12	6
2	6	7	-	14	-	-	12	6
3	-	4	1	1	-	6	8	-

Şekil 4.27 ve Tablo 4.22’de Model D1 binasına ait plastik mafsall oluşumu ve sayıları verilmiştir. Model D1 binasında düşey taşıyıcı elemanlar ileri hasar bölgesindedir. Ancak kirişlerin %21’i ileri hasar bölgesinde olup, Model D1 binası **göçme öncesi** performans seviyesindedir.

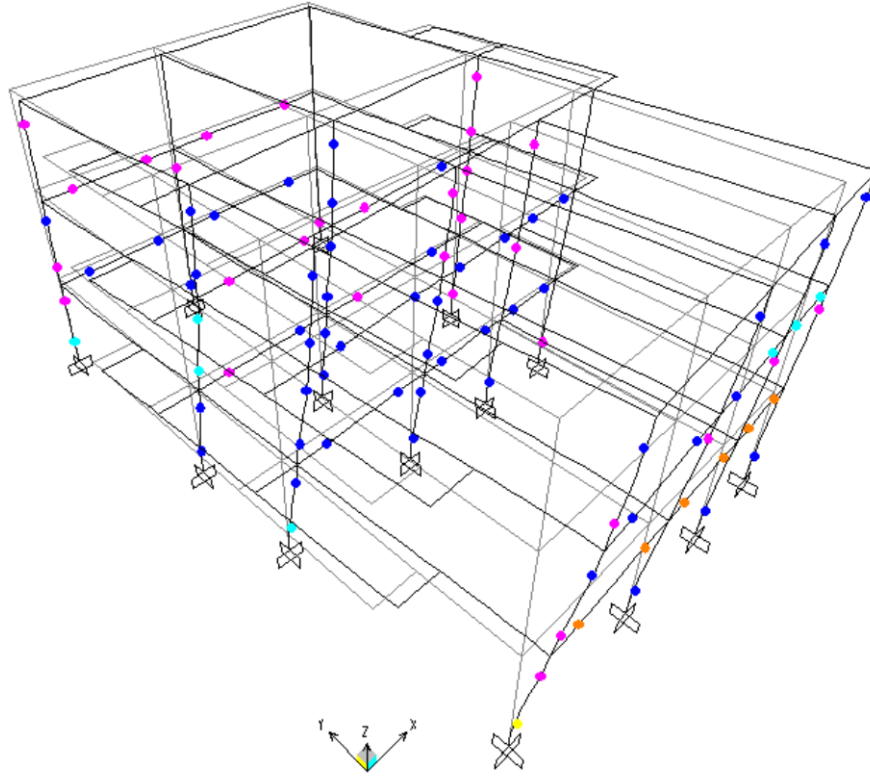


Şekil 4.28. Model D2 Plastik Mafsall Oluşumu

Tablo 4.23. X Yönünde itme analizi sonucunda kesitlerde oluşan plastik mafsall sayıları

KAT	Hasar Gören Eleman Sayısı		PLASTİK MAFSAL SAYISI					
			Kolon			Kiriş		
			MN	GV	GÇ	MN	GV	GÇ
1	1	5	2	16	-	8	6	6
2	4	6	-	14	-	13	1	5
3	1	-	6	8	-	-	-	-

Şekil 4.28 ve Tablo 4.23’de Model D2 binasına ait plastik mafsall oluşumu ve sayıları verilmiştir. Model D2 binasında düşey taşıyıcı elemanların %7’si ileri hasar bölgesindedir, kirişlerin %18’si göçme bölgesindedir. Ancak Model D2’de görel kat ötelemesi %4’ü aştığı için, bina **göçmüştür**.



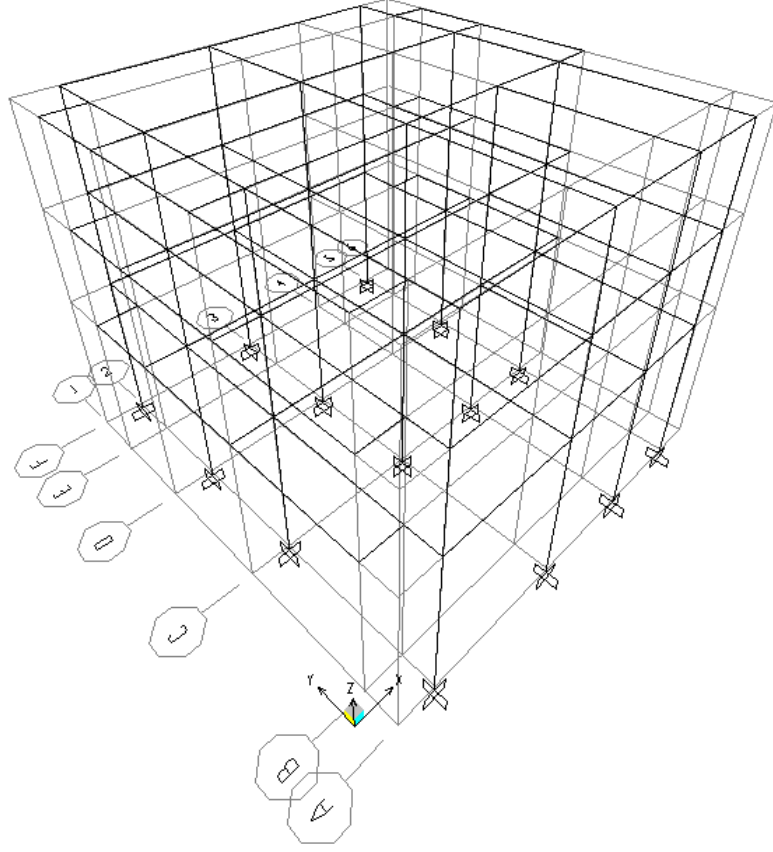
Şekil 4.29. Model D3 Plastik Mafsal Oluşumu

Tablo 4.24. X Yönünde itme analizi sonucunda kesitlerde oluşan plastik mafsal sayıları

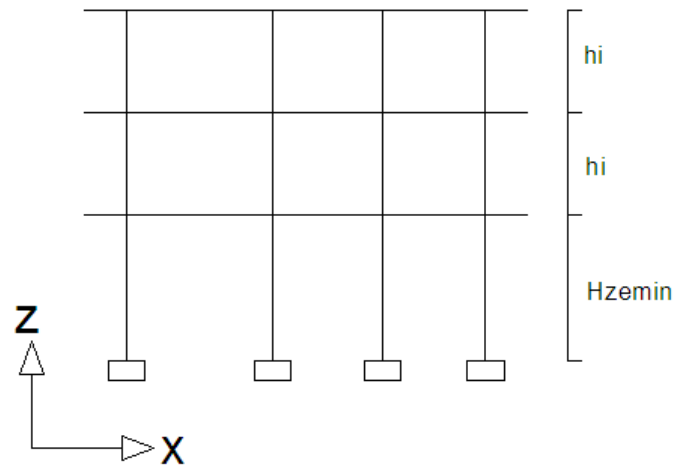
KAT	Hasar Gören Eleman Sayısı		PLASTİK MAFSAL SAYISI					
			Kolon			Kiriş		
			MN	GV	GÇ	MN	GV	GÇ
1	2	6	15	4	-	4	10	6
2	3	6	16	3	-	12	8	-
3	-	-	16	-	-	-	-	-

Şekil 4.29 ve Tablo 4.24’de Model D3 binasına ait plastik mafsal oluşumu ve sayıları verilmiştir. Model D3 binasında düşey taşıyıcı elemanların %9’u belirgin hasar bölgesindedir, kirişlerin %18’i göçme bölgesinde, fakat Model D3 binası görelî kat ötelemesi %4’ü aştığı için **göçmüştür**.

4.7. E Tipi Yapı Modelleri



Şekil 4.30. Model E Binası 3 Boyutlu Görünüş



Şekil 4.31. Model E Binası 3 Boyutlu Görünüş

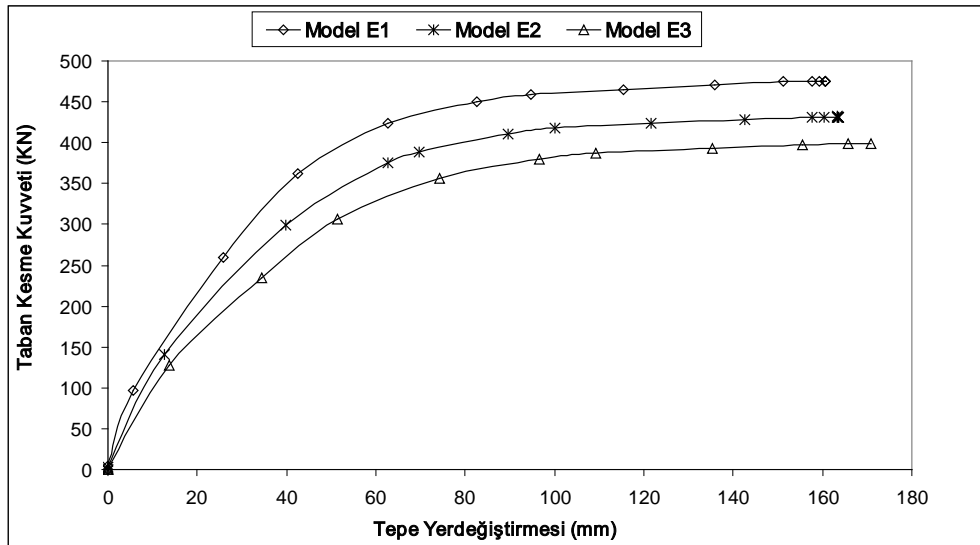
Tablo 4.25. Model Genel Özellikleri

Modeller	Beton Dayanımı	Donatı Dayanımı	Kat Adeti	H _{zemin} (mm)	H _T (mm)
Model E1	C20	S220	3	3500	9100
Model E2	C20	S220	3	4000	9600
Model E3	C20	S220	3	4500	10100

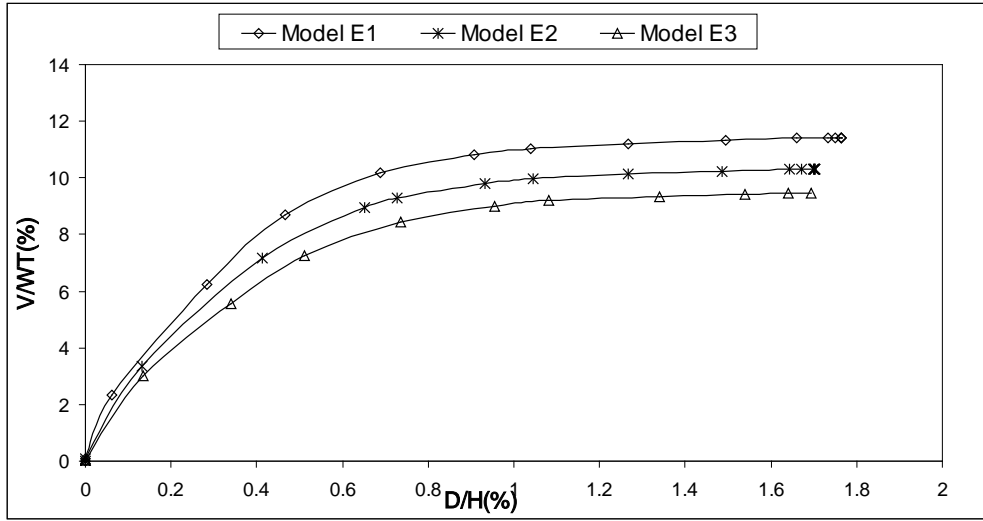
E tipi yapı modellerinde, betonarme bir çerçeveden oluşan taşıyıcı sistem modelinde yumuşak katın yapı performansı üzerindeki etkisi irdelenmiştir. Tablo 4.25’de tüm Model E binaları için zemin kat yükseklikleri verilmiştir.

Tablo 4.26. Model Bilgileri

Modeller	W (kN)	T (sn)	S _T	V _T (kN)		V _T (%)	
				R = 4	R = 6	R = 4	R = 6
Model E1	4160.46	0.759	2.07	861.797	574.53	20.71	13.81
Model E2	4186.71	0.849	1.89	792.962	528.64	18.94	12.63
Model E3	4212.96	0.978	1.69	712.410	474.941	16.91	11.27



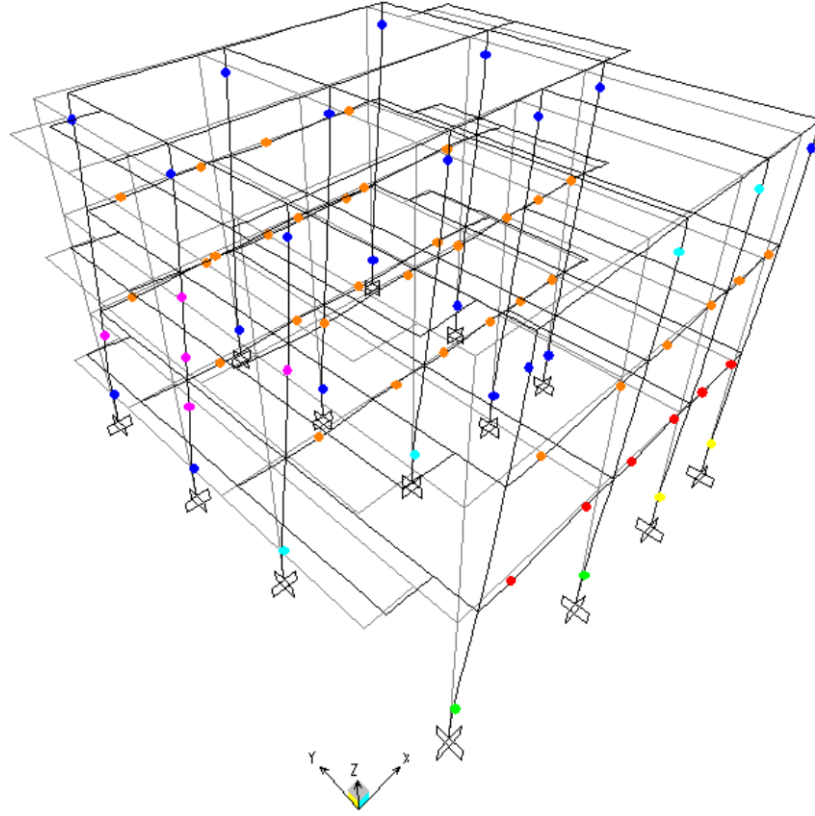
Şekil 4.32. E Modeli Kapasite Eğrileri



Şekil 4.33. E Modeli Kapasite Eğrileri(%)

Referans binasının yatay yük taşıma kapasitesi %25 civarında iken, Model E yapılarında yumuşak kat etkisi nedeniyle % 9 civarına kadar azaldığı gözlenmektedir.

Şekil 4.32, Şekil 4.33 ve Tablo 4.26'dan da açıkça görüldüğü gibi Model E yapılarında 2007 Deprem yönetmeliğindeki $\frac{\Delta_{max}}{H} \leq 0.02$ sağlanması istenen bu şartı sağlamaktadır. Model E yapılarının sünekliği 3 civarındadır, bu yapıların tepe noktası yerdeğiştirilmesi Model E1 için 18cm, E2 için 19cm ve E3 için 20cm civarında olması beklenmektedir. Model E1 binası incelendiğinde yaklaşık 16cm, Model E2 16cm ve Model E3 bulunan tepe noktası yerdeğiştirme değeri 17 cm olduğu gözlenmiştir. Dolayısıyla yumuşak kat tasarım olumsuzluğuna sahip E yapı modelleri beklenen yerdeğiştirmeyi yapamamıştır.

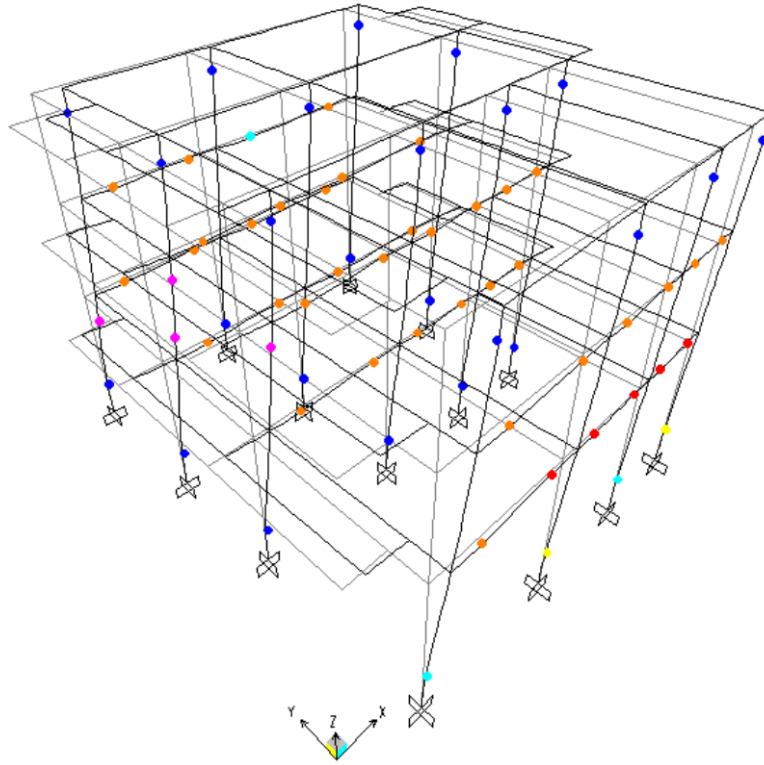


Şekil 4.34. Model E1 Plastik Mafsal Oluşumu

Tablo 4.27. X Yönünde itme analizi sonucunda kesitlerde oluşan plastik mafsal sayıları

KAT	Hasar Gören Eleman Sayısı		PLASTİK MAFSAL SAYISI					
			Kolon			Kiriş		
	Kolon	Kiriş	MN	GV	GÇ	MN	GV	GÇ
1	5	8	10	6	-	10	14	6
2	-	7	3	-	-	17	3	6
3	2		12	2	-	-	-	-

Şekil 4.34 ve Tablo 4.27’de Model E1 binasına ait plastik mafsal oluşumu ve sayıları verilmiştir. Model E1 binasında düşey taşıyıcı elemanların %10’u belirgin hasar bölgesindedir, ancak kirişlerin %21’i ileri hasar bölgesinde olduğu için Model E1 binası **göçme öncesi** performans seviyesindedir.

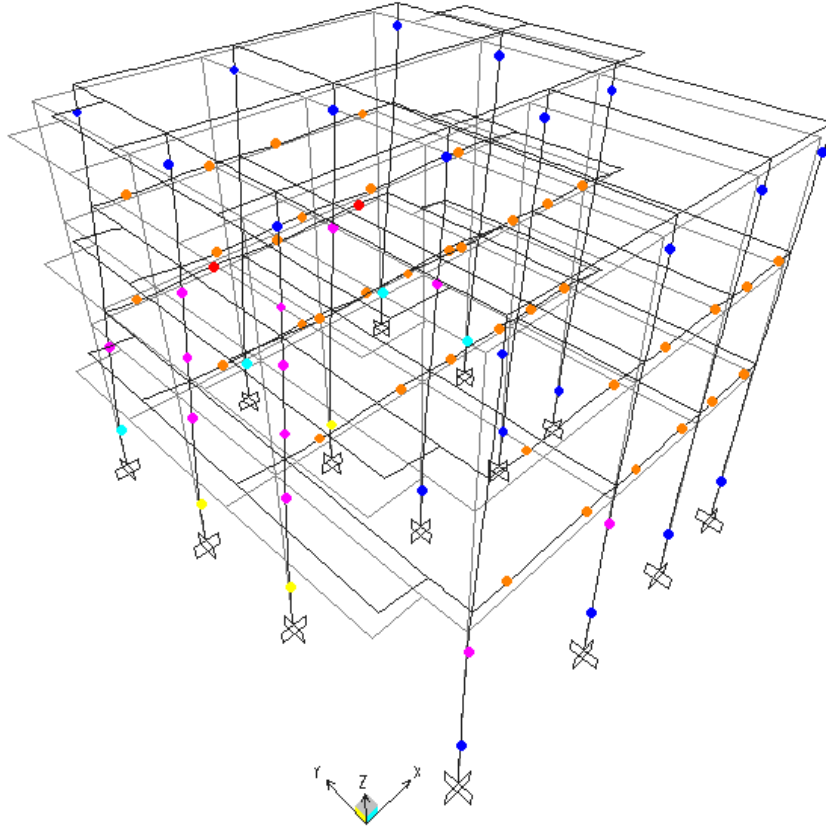


Şekil 4.35. Model E2 Plastik Mafsal Oluşumu

Tablo 4.28. X Yöntünde itme analizi sonucunda kesitlerde oluşan plastik mafsal sayıları

KAT	Hasar Gören Eleman Sayısı		PLASTİK MAFSAL SAYISI					
			Kolon			Kiriş		
	Kolon	Kiriş	MN	GV	GÇ	MN	GV	GÇ
1	4	10	11	4	-	-	12	8
2	-	8	3	-	-	-	12	8
3	-	-	14	-	-	-	-	-

Şekil 4.35 ve Tablo 4.28’de Model E2 binasına ait plastik mafsal oluşumu ve sayıları verilmiştir. Model E2 binasında düşey taşıyıcı elemanların %6’sı ileri hasar bölgesindedir, ancak kirişlerin %21’i ileri hasar bölgesinde olduğu için Model E2 binası **göçme öncesi** performans seviyesindedir.



Şekil 4.36. Model E3 Plastik Mafsal Oluşumu

Tablo 4.29. X Yönünde itme analizi sonucunda kesitlerde oluşan plastik mafsal sayıları

KAT	Hasar Gören Eleman Sayısı		PLASTİK MAFSAL SAYISI					
			Kolon			Kiriş		
			MN	GV	GÇ	MN	GV	GÇ
1	4	12	10	7	-	2	12	4
2	4	12	8	4	-	-	16	4
3	-	-	6	-	-	-	-	-

Şekil 4.32 ve Tablo 4.29’da Model E3 binasına ait plastik mafsal oluşumu ve sayıları verilmiştir. Model E3 binasında düşey taşıyıcı elemanların %21’i ileri hasar bölgesindedir, ancak kirişlerin %21’i göçme bölgesinde olduğu için Model E3 binası **göçme öncesi** performans seviyesindedir.

BÖLÜM 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında 1975 yönetmeliğine göre yapılmış mevcut betonarme yapılar dikkate alınarak statik açıdan tasarım olumsuzlukları bulunmayan 3 katlı genel bir yapı örneği referans bina olarak seçilmiş ve inceleme alanına giren tasarım olumsuzluklarını içeren yapı modelleri oluşturulmuştur. Yapı modelleri incelenen olumsuzluklara göre 5 farklı model tipi olarak hazırlanmış ve toplam 16 farklı bina modeli için Sap2000 programı kullanılarak statik itme analizleri yapılmıştır. Yapılan analizler sonucunda elde edilen bina modellerine ait kapasite eğrileri incelendiğinde, modellerde beton ve donatı dayanımının, yumuşak kat, kapalı çıkma ve kat adedi değişimi gibi parametrelerin yapı performansına olan etkileri incelenmiştir.

Analiz sonuçları değerlendirildiğinde aşağıdaki sonuç ve önerilere varılmıştır;

- Farklı beton dayanımlarına sahip (Model A) yapılarının kapasite eğrileri incelendiğinde, modellerin beton dayanımlarındaki değişimin, yatay yük taşıma kapasitelerini ve maksimum deplasmanlarını önemli ölçüde etkilediği anlaşılmıştır. Referans binasında % 25'lerde olan yatay yük taşıma kapasitesi beton dayanımı azaldıkça, %15'e kadar düşmüştür. Beton dayanımının azalmasıyla modellerin sünekliği de azaldığı için maksimum deplasmanları da azalmıştır. 1975 ABYYHY'e göre modellenen Model A yapılarının plastik mafsal oluşumları incelediğinde; mafsal oluşumları öncelikle kirişlerde oluşmuştur. Model A1 binasında kirişlerin % 21'i ileri hasar bölgesinde, %12'si göçme bölgesinde olduğu için göçme öncesi performans seviyesindedir. Model A2 binasında kirişlerin % 21'i ileri hasar bölgesinde, %10'u göçme bölgesinde olduğu için göçme öncesi performans seviyesindedir. Model A3 binasında kirişlerin % 24'ü ileri hasar bölgesinde olmasına rağmen, göçme durumunda kiriş bulunmamaktadır. Fakat kirişlerin % 24'ü ileri hasar bölgesinde olduğu için göçme öncesi performans seviyesindedir.

Sonuç olarak ülkemizde son yıllarda meydana gelen ve birçok can ve mal kaybına neden olan depremlerdeki yapı hasarlarında; malzeme kalitesindeki yetersizliğin önemli oranda rol oynadığı bu çalışmada da görülmüştür. Bunun önüne geçmek için beton ve donatıda yeterli kalitenin sağlanması gerekmektedir.

- Farklı donatı dayanımlarına sahip (Model B) binalarındaki kapasite eğrileri incelendiğinde; yatay kuvvet taşıma kapasiteleri S420 donatı dayanımına sahip Model B2'de %15 iken, S220 donatı dayanımına sahip Model B1 için %12'lere kadar azalmaktadır. Donatı dayanımının azalmasıyla modellerin sünekliğinde azaldığı gözlenmiştir. Model B1 yapılarının plastik mafsalları incelendiğinde, kirişlerde oluşan hasar nedeniyle göçme öncesi performans seviyesindedir. Model B2'de ise donatı dayanımı yüksek olmasına rağmen kirişlerin zayıf olması bu bölgelerde plastik mafsalları neden olmuş ve Model B1'e göre daha az hasar oluşmasına rağmen yine de göçme öncesi performans seviyesindedir.

Yapılarda malzeme kalitesindeki yetersizliğin rolü bu çalışmada da gösterilmiştir. Bunun önüne geçmek için beton ve donatıda yeterli kalitenin sağlanması gerektiği açıkça görülmüştür.

- Kat adedi değişiminin yapı performansına olan etkisini gözlemek için modellenen (Model C) yapılarında; kat adedi arttıkça yapıların sünekliği de azalmakta ve yapılar daha gevrek davranış göstermektedir. 1975 yönetmeliği dikkate alınarak tasarlanmış olan modellerde kat adedinin artması yapı performansını olumsuz yönde etkilediği gözlenmiştir. Referans binasında %25'lerde olan yatay yük taşıma kapasitesi 3 katlı Model C1 binasında %12, 4 katlı Model C2 binasında % 9, 5 katlı Model C3 binasında %8 ve 6 katlı Model C4 binasında %7'lere kadar azaldığı görülmüştür. Model C1,C2 ve C3 binalarında kirişlerde oluşan plastik mafsalları incelendiğinde ileri hasar seviyesindedirler. Model C4 binasında ise kirişlerde oluşan ağır hasardan dolayı göçmektedir.

Dolayısıyla mevcut betonarme yapılar incelenirken, gerekli görülenlerin güçlendirilmesi gerekmektedir.

- Kapalı çıkmaya sahip (Model D) yapılarına ait kapasite eğrileri incelendiğinde; modellerin yatay yük taşıma kapasiteleri ve süneklikleri azaldığı gibi yapılar aşırı yerdeğiştirmeler yapmıştır. Referans binasında % 25'lerde olan yatay yük taşıma kapasitesi Model D1 binasında %14, Model D2'de %12 ve Model D3'de %10 civarına kadar azalmaktadır.

Model D yapılarında plastik mafsalları oluşumları incelendiğinde; Model D1 binasında düşey taşıyıcı elemanların %7'si, kirişlerin ise %21'i ileri hasar bölgesinde olup, Model D1 binası **göçme öncesi** performans seviyesindedir. Model D2 ve D3 binalarında düşey taşıyıcı elemanların %7'si ileri hasar bölgesinde, kirişlerin ise %18'si göçme bölgesinde olmalarına rağmen görece kat ötelemeleri %4'ü aştığı için, binalar **göçmüştür**.

Model D yapılarında yaptığımız incelemede de görüldüğü gibi kapalı çıkmanın yapı performansına olan olumsuz etkisinden korunmak için; depreme uygun olmayan mimari tasarım ve depreme uygun olmayan veya zayıflıklar içeren taşıyıcı sistemler (yumuşak kat, kapalı çıkma v.b) seçilmemelidir.

- Yumuşak kat etkisinin yapı performansına etkisini gözlemlemek için modellenen (Model E) binalarında; zemin kat yüksekliklerinin artmasıyla yatay yük taşıma kapasiteleri ve süneklikleri azalmış, yapılar aşırı yerdeğıştirmeler yapmıştır. Referans binasında %25'lerde olan yatay yük taşıma kapasitesi Model E1'de %11, Model E2'de %9 ve Model E3'de %8 'lere kadar azalmaktadır. Model E yapılarına ait plastik mafsalları oluşumları incelendiğinde; Model E1 binasında düşey taşıyıcı elemanların %10'u belirgin hasar bölgesindedir. Kirişlerin ise %21'i ileri hasar bölgesinde olduğu için Model E1 binası **göçme öncesi** performans seviyesindedir. Model E2 binasında düşey taşıyıcı elemanların %6'sı ileri hasar bölgesindedir, ancak kirişlerin %21'i ileri hasar bölgesinde olduğu için Model E2 binası **göçme öncesi** performans seviyesindedir. Model E3'de ise görece kat ötelemesi %4'ü aştığı için **göçmüştür**.

Depremde hasar gören yapılarda rastlanan ve ülkemizde yaygın olarak bina zemin katlarını dükkan, mağaza v.b amaçlarda kullanmak için zemin kat yüksekliklerini normal kat yüksekliklerinden fazla yapılarak oluşturulan yumuşak kat faktörünün yapı performansına olan olumsuz etkisi yapılan çalışmada da gösterilmiştir. Bunun için depreme uygun olmayan mimari tasarım ve statik açıdan tasarım olumsuzlukları içeren taşıyıcı sistemlerden (yumuşak kat, kapalı çıkma v.b) kaçınılmalıdır.

KAYNAKLAR

- [1] 1998 DEPREM YÖNETMELİĞİ, Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara, (1998).
- [2] DBYBHY, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, Türk Enstitüsü, Ankara, (2007).
- [3] LAWSON, R.S., VANCE, V., KARWINKLER, H., A modal pushover analysis procedure for estimating seismic demands for buildings, (1994).
- [4] FAELLA, G. ve KILAR V., Asymmetric multistorey R/C frame structures: push-over versus nonlinear dynamic analysis. Proceedings of the Eleventh European Conference on Earthquake Engineering, computer file, (1998).
- [5] CHOPRA, A.K. ve GOEL R.K., A modal pushover analysis procedure for estimating seismic demands for buildings. Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 31, 561-582, (2001).
- [6] ÇELİK, U., 2007 Deprem yönetmeliğine göre mevcut bir betonarme yapının performansının değerlendirilmesi, (2007).
- [7] ORAK, E., Betonarme binaların deprem performanslarının deprem geçirmiş binalarla ilişkilendirilerek belirlenmesi, (2008).
- [8] AKYILDIZ, H., Betonarme binanın güçlendirme öncesi ve sonrası yapı performansının incelenmesi, (2007).
- [9] KOÇAK, I., Seçilen bir kamu binasının doğrusal ötesi davranışında beton dayanımı ve etriye aralığının etkisi, (2007).
- [10] ARAZ, O., Beton ve donatı dayanımının betonarme binaların deprem performansına olan etkisi.,(2009)
- [11] GÜNAY, M.S., ve SUCUOĞLU, H., Capacity control method for seismic assesment of low-to-medium rise reinforced concrete buildings. First European Conference on Earthquake Engineering and Seismology, Geneva, Switzerland (2006).
- [12] SUCUOĞLU, H., Mevcut Binaların Değerlendirilmesi ve Güçlendirilmesi, İnşaat Mühendisleri Odası Adana Şubesi, (2008).
- [13] TS-500,. Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, (2000).
- [14] KUTANIS, M., Statik Itme Analizi Yöntemlerinin Performanslarının Değerlendirilmesi, YOGS, Pamukkale-DENİZLİ, 7-8 Aralık, (2006).

- [15] CELEP, Z., ve KUMBASAR., N., Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, Beta Dağıtım, İstanbul, 596 s., (2000).
- [16] ATC 40 Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings, Applied Technology Council, Redwood City, California, 336-467, (1996).
- [17] FEMA 356 Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings, Federal Emergency Management Agency, Washington, D.C., 481 pages, (2000).

EKLER

Bu bölümde, modellemede kullanılmış olan, Tablo Ek.1'de kiriş elemanlarına ait, Tablo Ek.2'de kolon elemanlarına ait kesit ve donatı özellikleri verilmiştir.

Tablo Ek.1

TÜM KATLAR İÇİN KIRIŞ BİLGİLERİ					
KIRIŞ ADI	BOYUT		DONATI		
	bw	hk	MONTAJ	DÜZ	PİLYE GÖVDE
K1	20	50	2Ø12	2Ø12	1Ø12
K2	20	50	2Ø12	2Ø12	1Ø12
K3	20	50	2Ø12	2Ø14	
K4	20	50	2Ø12	2Ø14	
K5	20	50	2Ø12	2Ø14	
K6	20	50	2Ø12	2Ø14	
K7	20	50	2Ø12	2Ø12	1Ø12
K8	20	50	2Ø12	2Ø14	
K9	20	50	2Ø12	2Ø14	
K10	20	50	2Ø12	2Ø14	
K11	20	50	2Ø12	2Ø14	
K12	20	50	2Ø12	2Ø14	
K13	20	50	2Ø12	2Ø14	
K14	20	50	2Ø12	2Ø14	
K15	20	50	2Ø12	2Ø12	1Ø12
K16	20	50	2Ø12	2Ø14	
K17	20	50	2Ø12	2Ø14	
K18	20	50	2Ø12	2Ø12	1Ø12
K19	20	50	2Ø12	2Ø14	
K20	20	50	2Ø12	2Ø12	1Ø12
K21	20	50	2Ø12	2Ø12	1Ø12
K22	20	50	2Ø12	2Ø14	
K23	20	50	2Ø12	2Ø12	1Ø12
K24	20	50	2Ø12	2Ø12	1Ø12
K25	20	50	2Ø12	2Ø12	1Ø12
K26	20	50	2Ø12	2Ø12	1Ø12
K27	20	50	2Ø12	2Ø12	1Ø12
K28	20	50	2Ø12	2Ø12	1Ø12
K29	20	50	2Ø12	2Ø14	
K30	20	50	2Ø12	2Ø12	1Ø12
K31	20	50	2Ø12	2Ø14	
K32	20	50	2Ø12	2Ø14	

Tablo Ek.2

TÜM KATLAR İÇİN KOLON BİLGİLERİ			
KOLON ADI	BOYUT		DONATI
	b	h	
S1	30	50	6Ø16
S2	30	50	6Ø16
S3	30	50	6Ø16
S4	30	50	6Ø16
S5	30	50	6Ø16
S6	30	50	6Ø16
S7	30	50	6Ø16
S8	30	50	6Ø16
S9	30	50	6Ø16
S10	30	50	6Ø16
S11	30	50	6Ø16
S12	30	50	6Ø16
S13	30	50	6Ø16
S14	30	50	6Ø16
S15	30	50	6Ø16
S16	30	50	6Ø16
S17	30	50	6Ø16
S18	30	50	6Ø16
S19	30	50	6Ø16
S20	30	50	6Ø16
S21	30	50	6Ø16
S22	30	50	6Ø16
S23	30	50	6Ø16
S24	30	50	6Ø16
S25	30	50	6Ø16
S26	20	50	6Ø16
S27	30	50	6Ø16
S28	30	50	6Ø16
S29	30	50	6Ø16
S30	30	50	6Ø16
S31	30	50	6Ø16
S32	30	50	6Ø16
S33	30	50	6Ø16
S34	30	50	6Ø16
S35	30	50	6Ø16
S36	30	50	6Ø16
S37	30	50	6Ø16
S38	30	50	6Ø16
S39	30	50	6Ø16
S40	30	50	6Ø16
S41	30	50	6Ø16
S42	30	50	6Ø16

ÖZGEÇMİŞ

Hülya SARI 04.09.1984 yılında Karabük'te doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Karabük'te tamamladı. 2007 yılında Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği bölümünden mezun oldu. 2007 yılında İSKİ'de Ataköy İleri Biyolojik Atıksu Arıtma, 2008'de Paşaköy İleri Biyolojik Atıksu Arıtma Tesislerinde kontrol mühendisi olarak çalıştı, halen İSKİ Asya Yakası Kanal Proje Müdürlüğü'nde kontrol mühendisi olarak görevini sürdürmektedir.