

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

**ÇERÇEVELİ BİNALARDAKİ YATAY SÜREKSİZLİK
PROBLEMLERİNİN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnş.Müh. Dudu Kübra ERŞAN POLAT

Enstitü Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ
Enstitü Bilim Dalı : YAPI
Tez Danışmanı : Prof. Dr.Adil Altundal

Haziran 2010

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ÇERÇEVELİ BİNALARDAKİ YATAY SÜREKSİZLİK
PROBLEMLERİNİN İNCELENMESİ**

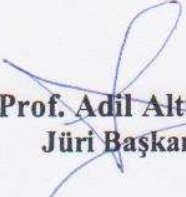
YÜKSEK LİSANS TEZİ

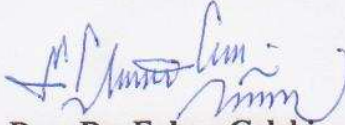
İnş.Müh. Dudu Kübra ERŞAN POLAT

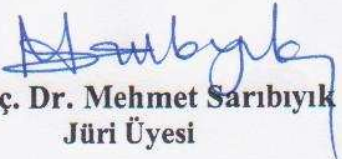
Enstitü Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ

Enstitü Bilim Dalı : YAPI

Bu tez 08 / 06 /2010 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.


Prof. Adil Altundal
Jüri Başkanı


Doç. Dr. Erkan Çelebi
Jüri Üyesi


Doç. Dr. Mehmet Sarıbiyik
Jüri Üyesi

ÖNSÖZ

Deprem zararlarının azaltılmasında, binaların yeterli düzeyde deprem güvenliği taşımasının önemi açıktır. Depremde yapıların yeterli bir davranış sergileyerek ağır hasar görmediği ve göçmediği durumlarda, depremin neden olacağı ekonomik zararın ve can kaybının en alt düzeyde olacağı herkes tarafından bilinmektedir.

Deprem güvenliği olan yapıların tasarımı gerçekte bir belirsizlikler dizisidir. Belirsizliklerin iki önemli kaynağı vardır. Birinci derecede önemli belirsizlik kaynağı, depremin neden olduğu yer hareketinin kendisidir. Hiçbir depremde bu hareketler birbirine benzemez. İkinci derecede önemli belirsizliğe gelince, bu da mevcut yapıların deprem etkileri altında gösterdiği gerçek dayanımdır. Analitik olarak hesapladığımız yapı dayanımıyla gerçek yapı dayanımı arasında önemli farklar bulunmasına yol açan pek çok belirsizlik vardır.

Depreme dayanıklı yapı tasarımıyla ilgili belirsizliklerin saptanmasından sonra karşımıza bir de teknik zorluklar ve yetersizlikler çıkar. Zorlukların temel nedeni, yapı sistemlerinin kuvvetli depremler altındaki özelliklerinin hesaplanabilmesi için üç boyutlu elastik ötesi dinamik analiz yapma gerekliliğidir. Elastik bir yapının dinamik analizi bile bir hayli karmaşıktır.

Uygulama mühendisleri için yapıların depreme karşı davranışını belirlemede, taşıyıcı sistem ve malzemenin lineer ötesi davranışını da göz önünde bulundurabilen basitleştirilmiş hesap yöntemlerine ihtiyaç vardır. Statik İtme (Pushover) Yöntemi ve Performansa Dayalı Yaklaşım bu amaçla geliştirilmiştir.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	ii
ŞİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	viii
ŞEKİLLER LİSTESİ	xi
TABLolar LİSTESİ	xiv
ÖZET	xvi
INVESTIGATION OF HORIZONTAL DISCONTINUITIES PROBLEMS IN FRAMED BUILDINGS.....	xvii
SUMMARY	xvii
BÖLÜM 1.	1
1.1. Giriş	1
1.2. Konu ile İlgili Yapılmış Çalışmalar.....	2
1.3. Çalışmanın Amacı	5
1.4. Performans Kavramına Dayalı Tasarım	5
1.4.1. ATC-40 (Applied Technology Council -40)	7
1.4.2. FEMA-356 (Federal Emergency Management Agency -356)	7
1.4.3. Performans seviyeleri	8
1.4.3.1. Yapısal performans seviyeleri ve aralıkları.....	10
1.4.3.2. Yapısal olmayan performans seviyeleri ve aralıkları.....	11
1.4.3.3. Bina performans seviyeleri	11
1.5. Deprem Etki Seviyeleri.....	14
1.5.1. Deprem performans amaçları	15

1.5.2. Temel güvenlik performans amacı	18
1.5.3. Diğer performans amaçları	18
1.6. Deprem Ana Kriterleri	20
1.6.1. Bölge jeolojisi ve zemin özellikleri	20
1.6.1.1. Ortalama zemin özellikleri	21
1.6.2. Deprem bölge özellikleri	23
1.6.2.1. Elastik ivme-periyot eğrisi	23
1.6.2.2. Deprem kaynağından uzaklık katsayısı	24
1.6.2.3. Deprem katsayıları	25
1.7. Statik İtme (Pushover) Analizi	26
1.7.1. Kapasiteyi belirlemek için yapılan işlemler	29
1.7.2. Talep spektrumunu belirlemek için yapılan işlemler	32
1.7.3. Elastik ivme-yerdeğiştirme spektrum eğrisi	33
1.7.4. Elastik ivme-yerdeğiştirme spektrumunun sönüm ile azaltılması ...	34
1.7.5. Kapasite spektrum eğrisi	38
1.7.6. Kapasite ve talep spektrumunun kesişmesi	41
1.8. Performans Noktasının Kabul Kriterleri	44
BÖLÜM 2	47
2.1. Giriş	47
2.2. Çevre Çerçeve Kirişleri Olmayan Yapının Davranışı	48
2.2.1. Matematik modelleme	49
BÖLÜM 3. MEVCUT BİNALARIN DEĞERLENDİRİLMESİ VE GÜÇLENDİRİLMESİ	52
3.1. Binalardan Bilgi Toplanması	52
3.2. Bilgi Düzeyleri ve Bilgi Düzeyi Katsayıları	53
3.3. Mevcut Bina Envanter Çalışmaları	54

3.4. Bina Yapı Elemanlarında Hasar Sınırları Ve Hasar Bölgeleri	55
3.4.1. Kırılma türleri	55
3.4.2. Kesit hasar sınırları	56
3.4.3. Kesit hasar bölgeleri	56
3.5. Deprem Hesabına İlişkin Genel İlke ve Kurallar	57
3.6. Depremde Bina Performansının Doğrusal Elastik Yöntemler ile Belirlenmesi	59
3.7. Yapı Elemanlarında Hasar Düzeylerinin Belirlenmesi.....	59
3.8. Bina Performans Düzeyleri (DBYBHY'07).....	62
3.8.1. Hemen kullanım performans düzeyi (DBYBHY'07).....	62
3.8.2. Can güvenliği performans düzeyi (DBYBHY'07).....	63
3.8.3. Göçme öncesi performans düzeyi (DBYBHY'07).....	63
3.8.4. Göçme durumu (DBYBHY'07)	64
3.9. Binaların Kullanım Amacına Göre Hedef Performans Düzeyleri	65
BÖLÜM 4. STA4 PROGRAMI.....	67
4.1. STA4 Sonlu Elemanlar Programı	67
4.2. Nonlineer analiz nedir.....	70
4.2.1. Neden nonlineer analiz	71
4.3. Hemen Kullanım (Immediate Occupancy).....	74
4.4. Can Güvenliği (Life Safety)	74
4.5. Stabilitenin Korunması (Collapse Prevention)	75
4.6. Kiriş Rijitlik Matrisinin Düzenlenmesi	75
4.7. Kolon Rijitlik Matrisinin Düzenlenmesi	77
BÖLÜM 5. YAPILAN PROJELER HAKKINDAKİ BİLGİLER	78
5.1. Binaların 3 Boyutlu Görünüşleri	78

5.2. Yapı Genel Bilgileri.....	81
5.3. Yapı Plan Bilgileri	83
5.3.1. Bina A 10 katlı basık kirişli	83
5.3.2. Bina A 10 katlı kirişli	84
5.3.3. Bina A 10 katlı kirişsiz	85
5.3.4. Bina A 5 katlı basık kirişli	86
5.3.5. Bina A 5 katlı kirişli	87
5.3.6. Bina A 5 katlı kirişsiz	88
5.3.7. Bina B 10 katlı basık kirişli	89
5.3.8. Bina B 10 katlı kirişli.....	90
5.3.9. Bina B 10 katlı kirişsiz	91
5.3.10. Bina B 5 katlı basık kirişli	92
5.3.11. Bina B 5 katlı kirişli.....	93
5.3.12. Bina B 5 katlı kirişsiz	94
5.4. Pushover Sonuçları	95
5.4.1. Bina A 10 katlı basık kirişli	96
5.4.2. Bina A 10 katlı kirişli	97
5.4.3. Bina A 10 katlı kirişsiz	98
5.4.4. Bina A 5 katlı basık kirişli	99
5.4.5. Bina A 5 katlı kirişli	100
5.4.6. Bina A 5 katlı kirişsiz	101
5.4.7. Bina B 10 katlı basık kirişli	103
5.4.8. Bina B 10 katlı kirişli.....	104
5.4.9. Bina B 10 katlı kirişsiz	105
5.4.10. Bina B 5 katlı basık kirişli	106
5.4.11. Bina B 5 katlı kirişli.....	107
5.4.12. Bina B 5 katlı kirişsiz	108

BÖLÜM 6.	110
6.1. STA4 CAD Sonuçlarının Karşılaştırılması	110
6.1.1. Bina A 10 katli basik kirişli bina performans sonucu	110
6.1.2. Bina A 10 katli kirişli bina performans sonucu	110
6.1.3. Bina A 10 katli kirişsiz bina performans sonucu.....	110
6.1.4. Bina A 5 katli basik kirişli bina performans sonucu	111
6.1.5. Bina A 5 katli kirişli bina performans sonucu	111
6.1.6. Bina A 5 katli kirişsiz bina performans sonucu.....	111
6.1.7. Bina B 10 katli basik kirişli bina performans sonucu.....	112
6.1.8. Bina B 10 katli kirişli bina performans sonucu	112
6.1.9. Bina B 10 katli kirişsiz bina performans sonucu	112
6.1.10. Bina B 5 katli basik kirişli bina performans sonucu.....	113
6.1.11. Bina B 5 katli kirişli bina performans sonucu	113
6.1.12. Bina B 5 katli kirişsiz bina performans sonucu.....	113
6.2. SAP 2000' de Döşemelerin Hesaba Katılması	114
BÖLÜM 7. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	115
7.1. Sonuçların Değerlendirilmesi	115
7.1.1. Bina A 10 katlı.....	115
7.1.2. Bina A 5 katlı.....	116
7.1.3. Bina B 10 katlı	117
7.1.4. Bina B 5 katlı	118
KAYNAKLAR	121
ÖZGEÇMİŞ	124

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

α	: Birinci doğal mod için modal kütle katsayısı
β_0	: Eşit viskoz sönümlenme olarak hazırlanan histerik sönüm
θ	: Plastik mafsal dönmesi
κ	: Sönüm modifikasyon faktörleri
\bar{N}	: Standart penetrasyon deneyi
Δ	: Yerdeğiştirme
A(T)	: Spektral ivme Katsayısı
a*, d*	: Herhangi bir ivme ve deplasman değeri
A, B, C	: Yapısal davranış tipleri
A _c	: Kolon veya perdenin brüt kesit alanı
A _o	: Etkin Yer ivmesi Katsayısı
A _{sw}	: Enine donatı alanı
b w	: Kirişin gövde genişliği
d	: Kirişin ve kolonun faydalı yüksekliği
E	: Sarsılma şiddeti, elastisite modülü
E _D	: Sönümle yutulan enerji
f _{ctd}	: Betonun tasarım çekme dayanımı
f _{yd}	: Boyuna donatının tasarım akma dayanımı
f _{ywd}	: Enine donatının tasarım akma dayanımı
f _{ck}	: Karakteristik beton dayanımı
f _{cm}	: Mevcut beton dayanımı
f _{ctm}	: Karakteristik beton çekme dayanımı
f _{yk}	: Boyuna donatının karakteristik akma dayanımı
f _{ywk}	: Enine donatının karakteristik akma dayanımı
g	: Yerçekimi ivmesi (9.81 m/s ²)
H	: Binanın i'inci katının temel üstünden itibaren ölçülen yüksekliği

h	: Çalışan doğrultudaki kesit boyutu
I	: Bina Önem Katsayısı
L	: Eleman uzunluğu
ln	: Kolonun kirişler arasında kalan serbest yüksekliği
lw	: Perdenin veya bağ kirişli perde parçasının plandaki uzunluğu
mi	: Binanın i' inci katının kütlesi ($m = w / g$)
n	: Hareketli Yük Katılım Katsayısı
Ø	: Donatı çapı
PF ₁	: Birinci doğal mod için modal katılma katsayısı
PI	: Plastisite indeksi
Q	: Yatay yük
r	: Etki/kapasite oranı
Ra(T)	: Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı
Rs	: Etki/kapasite oranının sınır değeri
s	: Enine donatı aralığı
S(T)	: Spektrum Katsayısı
T	: Periyod
TA ,TB	: Spektrum Karakteristik Periyotlar
Tx	: X yönü bina Periyodu
Ty	: Y yönü bina Periyodu
V _{cr}	: Beton eğik çatlama dayanımı
V _t	: Binaya etkileyen toplam deprem yükü (taban kesme kuvveti)
V _{tx}	: X deprem yönü toplam taban kesme kuvveti
V _{ty}	: Y deprem yönü toplam taban kesme kuvveti
V _w	: Etriyenin kesme dayanımına katkısı,
V	: Taban kesme kuvveti
V _c	: Betonun kesme dayanımına katkısı
V _{dy}	: Kirişin herhangi bir kesitinde düşey yüklerden meydana gelen basit kiriş kesme kuvveti
V _e	: Kolon, kiriş ve perdede esas alınan tasarım kesme kuvveti
V _r	: Kolon, kiriş veya perde kesitinin kesme dayanımı
W	: Zati yük + Hareketli yük

W	: Binanın, hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak bulunan toplam ağırlığı
Z	: Sismik bölge katsayısı
ΔFN	: Binanın N'inci katına (tepesine) etkileyen ek eşdeğer deprem yükü
Δ_i	: Binanın i'inci katındaki azaltılmış görelî kat ötelemesi
$\Delta_i (ort)$: Binanın i'inci katındaki ortalama azaltılmış görelî kat ötelemesi
η_{bi}	: i'inci katta tanımlanan Burulma Düzensizliği Katsayısı
λ	: Eşdeğer Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı
ρ'	: Kesitteki basınç donatısı oranı
ρ	: Kesitteki çekme donatısı oranı
ρ_b	: Mevcut malzeme dayanımlarını kullanarak hesaplanan kesit dengeli donatı oranı

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Yapı performans seviyeleri	13
Şekil 1.2. Yapı performans seviyelerinin hasar durumu	13
Şekil 1.3. Yapı performans seviyeleri yöntemleri.....	16
Şekil 1.4. %5 Sönümlü elastik deprem spektrumunun oluşturulması.....	23
Şekil 1.5. Taban kesme kuvveti-tepe yerdeğiştirmesi (Pushover eğrisi)	30
Şekil 1.6. Kapasite spektrumu ile talep spektrumunun üst üste çizilmiş şekli.....	34
Şekil 1.7. E_D ile sönümlenen enerji ifadesi	35
Şekil 1.8. İndirgenmiş talep spektrumu.....	37
Şekil 1.9. Yapısal davranış tipleri A, B, C için talep spektrumları	38
Şekil 1.10. Kapasite spektrumu A işlemi ikinci adımı.....	41
Şekil 1.11. Kapasite spektrumu A işlemi üçüncü adımı	42
Şekil 1.12. Kapasite spektrumu A işlemi dördüncü adımı.....	42
Şekil 1.13. Kapasite spektrumu A işlemi beşinci adımı.....	43
Şekil 1.14. Kapasite spektrumu A işlemi altıncı adımı.....	43
Şekil 1.15. Elemanlar için birincil hareketler.....	45
Şekil 1.16. Elemanlar için ikincil hareketler	46
Şekil 2.1. Çevre çerçeve kiriş eksikliğinin bina planında yaptığı değiş	48
Şekil 2.2. Gerçek binalardan zayıflatılmış çevre çerçeve örnekleri.....	48
Şekil 2.3.(a). Örnek binanın 1. kat kalıp planı, (b) Örnek binanın döşeme- kolon birleşiminde depremden kaynaklanan kayma gerilmesi yığılması, (c) gerçekleştirilen bir test sonucunda dengelenmemiş momentlerden (unbalanced moments) kaynaklanan hasar (Han ve diğ., 2005).....	49
Şekil 3.1. Yapı elemanlarında kesit hasar sınırları ve hasar bölgeleri	57
Şekil 4.1. Nonlineer analiz	70
Şekil 4.2. Minimum deprem performans hedefleri	72

Şekil 4.3. Gerilme-rijitlik grafiği	74
Şekil 4.4. Yatay yükler altında kirişle çalışan donatı.....	75
Şekil 4.5. Kirişte plastik mafsall oluşumu.....	76
Şekil 4.6. Kirişte momentlerin süperpozisi	76
Şekil 5.1. Bina A-10 katlı (kirişli) yapının 3 boyutlu matematik modeli	78
Şekil 5.2. Bina A-5 katlı (kirişli) yapının 3 boyutlu matematik modeli	79
Şekil 5.3. . Bina B-10 katlı (kirişli) yapının 3 boyutlu matematik modeli.....	80
Şekil 5.4. Bina B-5 katlı (kirişli) yapının 3 boyutlu matematik modeli.....	81
Şekil 5.5. Bina A 10 katlı basık kirişli plan bilgisi	83
Şekil 5.6. Bina A 10 katlı kirişli plan bilgisi.....	84
Şekil 5.7. Bina A 10 katlı kirişsiz plan bilgisi.....	85
Şekil 5.8. Bina A 5 katlı basık kirişli plan bilgisi	86
Şekil 5.9. Bina A 5 katlı kirişli plan bilgisi.....	87
Şekil 5.10. Bina A 5 katlı kirişsizplan bilgisi.....	88
Şekil 5.11. Bina B 10 katlı basık kirişli plan bilgisi.....	89
Şekil 5.12. Bina B 10 katlı kirişli plan bilgisi	90
Şekil 5.13. Bina B 10 katlı kirişsiz plan bilgisi.....	91
Şekil 5.14. Bina B 5 katlı basık kirişli plan bilgisi.....	92
Şekil 5.15. Bina B 5 katlı kirişli plan bilgisi	93
Şekil 5.16. Bina B 5 katlı kirişsiz plan bilgisi.....	94
Şekil 5.17. Bina A 10 katlı basık kirişli x yönü pushover analizi.....	96
Şekil 5.18. Bina A 10 katlı basık kirişli y yönü pushover analizi.....	96
Şekil 5.19. Bina A 10 katlı kirişli x yönü pushover analizi	97
Şekil 5.20. Bina A 10 katlı kirişli y yönü pushover analizi	97
Şekil 5.21. Bina A 10 katlı kirişsiz x yönü pushover analizi	98
Şekil 5.22. Bina A 10 katlı kirişsiz y yönü pushover analizi	98
Şekil 5.23. Bina A 5 katlı basık kirişli x yönü pushover analizi.....	99
Şekil 5.24. Bina A 5 katlı basık kirişli y yönü pushover analizi.....	100
Şekil 5.25. Bina A 5 katlı kirişli x yönü pushover analizi	100
Şekil 5.26. Bina A 5 katlı kirişli y yönü pushover analizi	101
Şekil 5.27. Bina A 5 katlı kirişsiz x yönü pushover analizi	101
Şekil 5.28. Bina A 5 katlı kirişsiz y yönü pushover analizi	102
Şekil 5.29. Bina B 10 katlı basık kirişli x yönü pushover analizi	103

Şekil 5.30. Bina B 10 katlı basık kirişli y yönü pushover analizi	103
Şekil 5.31. Bina B 10 katlı kirişli x yönü pushover analizi.....	104
Şekil 5.32. Bina B 10 katlı kirişli y yönü pushover analizi.....	104
Şekil 5.33. Bina B 10 katlı kirişsiz x yönü pushover analizi	105
Şekil 5.34. Bina B 10 katlı kirişsiz y yönü pushover analizi	105
Şekil 5.35. Bina B 5 katlı basık kirişli x yönü pushover analizi	106
Şekil 5.37. Bina B 5 katlı kirişli x yönü pushover analizi.....	107
Şekil 5.38. Bina B 5 katlı kirişli y yönü pushover analizi.....	108
Şekil 5.39. Bina B 5 katlı basık kirişsiz x yönü pushover analizi.....	108
Şekil 5.40. Bina B 5 katlı basık kirişsiz y yönü pushover analizi.....	109
Şekil 6.1. SAP 2000’de döşeme birleşim bölgesi hesabı	114
Şekil 7.1. Bina A 10 katlıının sonuçlarının grafik değerlendirmesi.....	116

TABLolar LİSTESİ

Tablo 1.1. Bina performans seviyeleri (Yapısal ve yapısal olmayan performans seviyeleri)	9
Tablo 1.2. Gözönüne alınabilecek deprem için parametreler	14
Tablo 1.3. Performans amacının saptanması.....	16
Tablo 1.4. Çok seviyeli performans amacının saptanması.....	17
Tablo 1.5. Çok seviyeli performans amacının saptanması.....	18
Tablo 1.6. Temel güvenlik performans amacı	18
Tablo 1.7. Normal binalar için örnek performans seviyeleri	19
Tablo 1.8. Performans amaçlarının ekonomik durumları	19
Tablo 1.9. Zemin profil çeşitleri	21
Tablo 1.10. Deprem bölge katsayısı.....	24
Tablo 1.11. Kaynağa mesafe katsayısı, N_A ve N_V	24
Tablo 1.12. Deprem fay tipi	25
Tablo 1.13. C_A , Deprem katsayısı.....	26
Tablo 1.14. C_V , Deprem katsayısı.....	26
Tablo 1.16. Maksimum yatay ötelenmeler.....	44
Tablo 3.1. Binalar için bilgi düzeyi katsayıları	54
Tablo.3.2. Betonarme Kirişler İçin Hasar Sınırlarını Tanımlayan Etki/Kapasite Oranları (r).....	60
Tablo.3.3. Betonarme Kolonlar İçin Hasar Sınırlarını Tanımlayan Etki/Kapasite Oranları (r).....	61
Tablo.3.4. Betonarme Perdeler İçin Hasar Sınırlarını Tanımlayan Etki/Kapasite Oranları (r).....	61
Tablo.3.5. Görelî Kat Ötelemesi Oranları	62
Tablo 3.6. DBYBHY'07 bina performans düzeyleri ve koşulları	65

Tablo.3.7. Farklı deprem düzeylerinde binalar için öngörülen minimum performans seviyeleri	66
Tablo 5.1. Bina A 10 katlının sonuçları	99
Tablo 5.2. Bina A 5 katlının sonuçları	102
Tablo 5.3. Bina B 10 katlının sonuçları	106
Tablo 5.4. Bina B 5 katlının sonuçları	109
Tablo 7.1. Bina A 10 katlının sonuçlarının değerlendirilmesi	115
Tablo 7.2. Bina A 5 katlının sonuçlarının değerlendirilmesi	117
Tablo 7.3. Bina B 10 katlının sonuçlarının değerlendirilmesi	118
Tablo 7.4. Bina B 5 katlının sonuçlarının değerlendirilmesi	119

ÖZET

Anahtar kelimeler: çıkma, çerçeve kirişleri, çevre çerçeveler, çerçeve süreksizliği, deprem davranışı

Mimari çıkmalar Türkiye'deki binalarda en çok karşılaşılan özelliklerden biridir. Bu özellik binaların gerek kütle dağılımını etkileyerek ve gerekse bina üzerinde düzensizlik meydana getirerek binanın yük altındaki davranışını etkiler. Ancak üst katlardaki bu dışa doğru çıkma bilhassa yatay kirişlerle birlikte döşeme parçasının dışarı doğru çıkması şeklinde olduğundan ve çevre kolonları kapsamadığından, çevre kolonlar arasında kirişsiz bir döşeme parçası kalmaktadır. Bu durum kısmen veya tamamen dış cephe çerçeve veya çerçevelerinin aslında bir yönde kirişsiz döşeme olarak çalışmasına neden olmaktadır. Bu tezde, mimari çıkmalar nedeni ile oluşturulan çerçeve kirişi süreksizliği 12 örnek bina üzerinde incelenerek sonuçlar değerlendirilmiştir. Örnek binalar gerek doğrusal ve gerekse doğrusal olmayan analiz yöntemleri kullanılarak incelenmiş, son olarak da çeşitli yönetmeliklere ait düzenlemeler ışığında çerçeve kiriş süreksizliği irdelenmiş ve tasarım mühendisleri için faydalı olabilecek sonuçlara ulaşılmıştır.

INVESTIGATION OF HORIZONTAL DISCONTINUITIES PROBLEMS IN FRAMED BUILDINGS

SUMMARY

Key words: cantilever, frame beams, enclosure frames, discontinuity beam, discontinuity beam, earthquake behaviour

Architectural cantilevers in buildings in Turkey is one of the most common features. These properties affect the mass distribution of the buildings and both buildings have formed on the disorder affects the behavior under load of the building. At the same time, this cantilevers cause flat floors between the columns. This situation partly or totally outside the front of the frame or a frame in one direction actually leads to work as flat floor. In this thesis, the beams of the discontinuity examined and the results were evaluated over 12 sample buildings. Examples of buildings examined using linear and nonlinear analysis methods. Finally according to the regulations in TDY 2007, have been discussed beams discontinuities and have been obtained the results that may be useful for design engineers.

BÖLÜM 1.

1.1.Giriş

Deprem zararlarının azaltılmasında, binaların yeterli düzeyde deprem güvenliği taşımasının önemi açıktır. Depremde yapıların yeterli bir davranış sergileyerek ağır hasar görmediği ve göçmediği durumlarda, depremin neden olacağı ekonomik zararın ve can kaybının en alt düzeyde olacağı bilinmektedir.

Deprem güvenliği olan yapıların tasarımı gerçekte bir belirsizlikler dizisidir. Belirsizliklerin iki önemli kaynağı vardır. Birinci derecede önemli belirsizlik kaynağı, depremin neden olduğu yer hareketinin kendisidir. Hiçbir depremde bu hareketler birbirine benzemez. İkinci derecede önemli belirsizliğe gelince, bu da mevcut yapıların deprem etkileri altında gösterdiği gerçek dayanımdır. Analitik olarak hesapladığımız yapı dayanımıyla gerçek yapı dayanımı arasında önemli farklar bulunmasına yol açan pek çok belirsizlik vardır.

Depreme dayanıklı yapı tasarımıyla ilgili belirsizliklerin saptanmasından sonra karşımıza bir de hesap zorlukları ve yetersizlikler çıkar. Zorlukların temel nedeni, yapı sistemlerinin kuvvetli depremler altındaki özelliklerinin hesaplanabilmesi için üç boyutlu elastik ötesi dinamik analiz yapma gerekliliğidir. Elastik bir yapının dinamik analizi bile bir hayli karmaşıktır.

Uygulama mühendisleri için yapıların depreme karşı davranışını belirlemede, taşıyıcı sistem ve malzemenin lineer ötesi davranışını da göz önünde bulundurabilen basitleştirilmiş hesap yöntemlerine ihtiyaç vardır. Statik İtme (Pushover) Yöntemi ve Performansa Dayalı Yaklaşım bu amaçla geliştirilmiştir. Aşağıda bu konu ile ilgili yapılmış çalışmalar verilmektedir.

1.2.Konu ile İlgili Yapılmış Çalışmalar

Habibullah ve Pyle (1998), çalışmasında FEMA ve ATC-40'taki yapı performans seviyeleri kullanılarak yapıların üç boyutlu lineer olmayan statik itme analizinin SAP2000 programı ile nasıl yapıldığını açıklamışlardır.

Krawinkler ve Seneviratna (1998), dört katlı bir binanın deprem performansının belirlenmesinde statik itme analizini kullanmışlardır.

Qian ve Zhou (1999), statik itme analizini en temel halde formüllerle açıklamaya çalışmışlardır. İki katlı bir binanın kapasite eğrileri analitik ve sayısal yöntemler kullanılarak elde edilmiştir.

Ballard ve Sedarat (1999), Washington gölü üzerinde açılabilen dört ayaklı bir köprüyü modellemiştir. Çalışmada ADINA programı kullanılmıştır. Kolon yorulma diyagramları, kapasite diyagramları ve plastik mafsalları grafikler ve şekillerle sunulmuştur.

Moghadam ve Tso (2000), statik itme analizini deprem talebinin asimetrik binalarda oluşturduğu zararın değerlendirilmesinde kullanmaktadır. Çalışmada eksantrik ve simetrik binaların üç boyutlu statik itme analizi örnekler yardımı ile verilmektedir. Modal analizler, kapasite diyagramları, momentler ve grafikler tablolar halinde verilmekte ve sonuçlar karşılaştırmaktadır.

Ganzerli vd., (2000), yapısal optimizasyonu kullanarak performans seviyelerine göre binaların tasarımını incelemişlerdir.

Coleman ve Spacone (2001), tarafından yapılan çalışmada üzerine uygulanan yük sonucu bir yapı elemanın nasıl bir kapasite eğrisi çizdiği anlatılmaktadır. Plastik mafsalların nerelerde meydana geldiği kolon ve kiriş örnekleri üzerinde gösterilmiştir.

Chandler ve Lam (2001), çalışmalarında farklı uygulama alanları için deprem mühendisliğinde performansa dayalı yaklaşım üzerinde durmuşlardır.

Chopra ve Goel (2002), çalışmasında binaların deprem davranışını belirlemek için modal statik itme analiz formülasyonunu sunmaktadır. Çalışmada dokuz katlı bir binanın analizi yapıp, bazı katların plastik mafsallık noktaları belirlenmektedir.

Susantha vd., (2002), beton, çelik ve beton-çelik kolon örneklerinin kapasitelerini Sonlu Elemanlar Yönteminden yararlanarak belirlemiştir.

Lee ve Woo (2002), çalışmada duvarların, depremin etkisini nasıl azalttığını üç katlı bir bina modeli üzerinde çeşitli ivme kayıtlarıyla yaptıkları laboratuvar deneyleriyle belirlenmiştir. Ayrıca, plastik mafsallık noktalarının hangi bölgelerde oluştuğu, duvardaki çatlakların nasıl ve nerede oluştuğunda gösterilmektedir.

Filiatrault vd., (2002), iki katlı ahşap bir deney binası oluşturup, bu bina üzerinde laboratuvar ortamında çeşitli deneyler yapmışlardır. Binanın çeşitli büyüklüklerdeki depremler karşısında nasıl bir davranış sergilediği grafikler ve kapasite eğrileri ile gösterilmektedir. Bu deneylerde çeşitli kalitede ağaçlar kullanılıp yapı dayanımında malzeme özelliklerinin ne kadar önemli rol oynadığı grafiklerle gösterilmektedir.

El-Tawil vd., (2002), tarafından yapılan çalışmalarda betonarme binalarda statik itme analizinin nasıl uygulanacağı hakkında bilgiler verilmektedir. Örnek olarak 12 katlı betonarme binanın performans davranışı belirlenmiştir.

Chou ve Uang (2003), çerçeve yapıların enerji dağılımını incelemiştir. 5, 7 ve 9 katlı üç değişik çerçevenin statik itme analizi karşılaştırılmıştır. Çalışmada DRAIN-2DX programını kullanılmıştır. Kapasite diyagramları ve bu üç bina elemanlarının kat boyunca yükseklığe bağlı olarak enerji dağıtımını gösterilmektedir.

Aydinoğlu (2003), çalışmasında çok modlu deprem performans değerlendirmeleri için elastik olmayan spektral yerdeğiştirmelere dayalı bir artımsal davranış spektrum işlemi sunmaktadır.

Li vd., (2003), bir bina üzerinde yaptıkları deneyden yararlanarak ATC-40'daki A, B, C, D ve E değerlerini değişik kolonlar için gösterip, bu binadaki plastik mafsallık noktalarının nasıl ve nerede oluştuğunu grafikler yardımıyla sunmuşlardır.

Salonikios vd., (2003), tarihi değeri bulunan binaların yıkılmasını önlemek için nasıl bir yöntem izlemek gerektiğini araştırmıştır. Çalışmada, tuğladan yapılmış yığma binalar incelenmiştir. SAP2000 ve CAST3M programları yardımıyla binayı modelleyip, sonuçları karşılaştırmışlardır. Binanın plastik mafsallık noktalarının nasıl bir yol izlediği üç boyutlu şekiller yardımıyla sunulmuştur.

Wong ve Wang (2003), tarafından hazırlanan çalışmada, deprem yükleri altındaki binaların davranışı verilmektedir. Depremde oluşan enerjinin bina tarafından nasıl karşıladığı anlatılmakta ve şekiller yardımı ile plastik mafsallık noktaları ve tuttıkları enerji gösterilmektedir. Örnek olarak altı katlı bina üzerinde çeşitli depremlerin ivme kayıtlarından oluşan (El Centro 1940, Loma Priate 1989, Northridge 1994, Kobe 1995) her kata ait yerdeğiştirmeler ve enerjileri tablolar halinde sunulmaktadır.

Chintanapakdee ve Chopra (2003), tarafından yapılan çalışmada küçük katlardan yüksek katlara göre yerdeğiştirmelerin nasıl değiştiği vurgulanmaktadır. Örnek olarak 3, 6, 9, 12, 15 ve 18 katlı binaların statik itme yöntemine göre analizleri yapıp kapasite eğrileri elde edilmiştir.

Mele vd., (2003), tarihi öneme sahip bir binayı Sonlu Elemanlar Yönteminden de faydalanarak modellemektedir. Binanın depremde göstermiş olduğu davranışları görüntüler yardımıyla açıklamakta ve kapasite eğrileri verilmektedir.

Liu vd., (2003), tarafından yapılan çalışmada yapı performansı ve maliyeti arasındaki ilişki tablolar halinde sunulmuştur. Beş katlı bir yapı modeli üzerinde değişik spektrumlar kullanılarak performans diyagramları çizilmektedir.

Maheri vd., (2003), değişik elemanlarla güçlendirilmiş çelik ve betonarme çerçevelerin statik itme davranışlarını laboratuvar ortamında belirlemişlerdir.

Zheng vd., (2003), çalışmasında çok açıklıklı çelik köprülerin deprem davranışlarının tahmininde statik itme yöntemini kullanmıştır.

Jan vd., (2004), yüksek katlı binaların deprem davranışını belirlemek için bir üst - sınır statik itme analiz yöntemi geliştirmişlerdir. Değişik kolon ve kiriş elemanlar için 30 katlı bir binanın performans analizini ayrıntılı olarak incelemiştir.

Ganbat (2008) köprülerin deprem performansının itme analizi yöntemi ile belirlenmiştir ve Bayrampaşa köprüsünün güçlendirmesi incelenmiştir.

1.3.Çalışmanın Amacı

Bu çalışmanın amacı, statik itme yöntemi kullanılarak çerçevesiz binaların çerçevelerinin normal kirişlerle ve basık kirişlerle bağlanması ile kirişsiz durumunun performans seviyelerinin belirlenmesidir. Böylelikle süreksiz çerçevelerin deprem hesabına etkileri belirlenmiş olacaktır. Bu amaçla, 10 katlı ve 5 katlı 12 farklı model üzerinde analizler gerçekleştirilmiştir.

1.4.Performans Kavramına Dayalı Tasarım

Performans kavramına dayalı tasarım başlığı altında burada verilen bilgilerin bir çoğu Celep ve Kumbasar (2004), kaynağından alınmıştır.

Performans kavramı, deprem mühendisliğinde yeni gelişen bir kavram olup, önce mevcut yapıların deprem güvenliğinin belirlenmesi için geliştirilmiştir. Ancak, daha sonra bu yöntemin yeni yapıların tasarımında da kullanılabileceği söz konusu olmuştur. Geleceğin deprem yönetmeliklerinde, klasik kuralların yanında daha ayrıntılı incelemeyi gerektiren performans kavramına dayalı boyutlama ilkelerinin bulunacağı tahmin edilmektedir. Performansa dayalı tasarım, klasik tasarım kavramının genişletilmiş olarak görülebilir. Bu bölümde sadece deprem yükleri etkisindeki yapılarda performans kavramı söz konusu edilecektir.

Gerçekte bütün mühendislik boyutlandırmalarının performansa dayalı olduğu söylenebilir. Bilindiği gibi, betonarme taşıyıcı sistem boyutlamasında iki performans seviyesi esas alınır: Kullanma sınır durumu ve taşıma gücü sınır durumu. Birinci performans seviyesinde kullanma durumundaki yükler altında taşıyıcı sistemin hasarın kullanıcıları rahatsız etmeyecek seviyede kalması ve aşırı yerdeğiştirmelerin meydana gelmemesi istenir. İkinci performans seviyesinde de taşıyıcı sistemin beklenen yüklerin arttırılmış değerleri altında güç tükenmesine gelmeden kabul edilebilir bir güvenliğinin mevcut olması beklenir.

Deprem mühendisliğinde performansa dayalı tasarım, deprem etkisi altında yapıdan beklenen performans seviyesinin ortaya çıkması için kullanılacak yöntemleri verir. Performans seviyesi, depremden sonra yapıda meydana gelecek hasar seviyesi ile ölçülür.

Gerçekte deprem yönetmeliklerinde tanımlanan deprem etkisi ve sınır durumlar ile bir performans seviyesi tanımlanmıştır. Performansa dayalı tasarımda belirli bir deprem etkisinde yapıda birden fazla performans (hasar) seviyesinin ortaya çıkması öngörülür. Deprem mühendisliği, diğer mühendislik dallarına göre daha yeni bir bilim dalıdır. Performansa dayalı tasarım ise bu bilim dalında oldukça yeni oluşturulan bir kavramdır. Mevcut binaların deprem güvenliğinin belirlenmesi ve gerekenlerin güçlendirilmesi konusunda yayınlanan NEHRP Guidelines for Seismic Rehabilitation of Buildings (ATC-40, 1996) raporunun hazırlanması sırasında konu hakkında ilk gelişmeler ortaya çıkmıştır.

Diğer bir açıdan deprem yönetmeliklerinin oluşumu incelenirse, 20 yıldan daha öncelerinde bile birden fazla performans seviyesinin tanımlandığı görülebilir: Yapının küçük depremleri hasarsız atlatması, büyük depremleri can güvenli tehlikesi sağlayan sınırlı hasarla atlatması ve çok büyük depremleri de toplan göçme olmaksızın atlatması. Performansa dayalı tasarımda da bu amaçlar daha belirgin şekilde tanımlanarak kabul edilmiştir. Alışıla gelen depreme dayanıklı yapı tasarımında, "can güvenliği" olarak tanımlanan performans seviyesine karşı geldiği kabul edilen, durum için tasarım yapılır. Performansa dayalı tasarımda ise ek performans seviyeleri öngörülür ve bunların sağlanması için tasarım yöntemleri veya sınır durumları tanımlanır.

Yapılarda deprem etkisinin belirlenmesinde çok büyük belirsizlikler olduğu bilinmektedir. Bunun gibi yapıların deprem etkisindeki davranışında da benzer belirsizliklerin olduğu kabul edilir. Taşıyıcı sistemler; kapasiteleri, karşılımları beklenen deprem etkilerinden daha büyük olacak şekilde düzenlenirler. Bir taşıyıcı sistemin yatay yük taşıma kapasitesi, malzeme dayanımlarının, taşıyıcı sistemin düzeni ve rijitlik dağılımının oldukça karmaşık bir fonksiyonudur. Bu nedenle bir yapı için ayrıntılı yapılacak her türlü değerlendirme ve çözümler de bu belirsizliklerden kaynaklanan yaklaşıkları içereceği gözden uzak tutulmamalıdır. Günümüzde performansa dayalı tasarımda ATC-40 ve FEMA-356 (FEMA-273/274) olmak üzere birbirine yakın iki yaklaşım mevcuttur.

1.4.1. ATC-40 (Applied Technology Council -40)

Hazırlanan bu belge sadece betonarme binaların incelenmesi, değerlendirilmesi ve güçlendirilmesi için olmasına karşılık, diğer tür binalar için de kullanılabilir. Bunun gibi, verilen kurallar mevcut binalar için hazırlanmasına karşılık, verilen işlemler yeni binaların projelendirilmesi için de uygulanabilir. Performansa dayalı deprem mühendisliğinde bir binanın deprem performansı amacı iki soruya cevap verilerek tanımlanır. Binada depremden sonra nasıl bir hasar seviyesi ve bununla ilgili olarak nasıl bir performans seviyesi kabul edilecektir? Bunların belirlenmesinde hangi deprem esas alınacaktır? Bu iki sorunun cevabının birleştirilmesi ile Bina Deprem Performans Amacı tanımlanır.

1.4.2. FEMA-356 (Federal Emergency Management Agency -356)

FEMA-356 önce FEMA-273 ve FEMA-274 olarak binaların deprem güçlendirmesinde kullanılmak üzere geliştirilmiştir. Ancak, verilen performans kavramına dayalı kavramların yeni proje oluşturulmasında da kullanılması mümkündür. ATC-40'daki kayıtların ilerisine giderek FEMA-356 bütün binaları kapsamak üzere hazırlanmış olup, kabul kriterleri doğrusal olan ve olmayan

Çözümleme sonuçları için de verilmiştir. Bu belgede açıklanan ana kavram ATC-40'da verilenin benzeridir.

1.4.3.Performans seviyeleri

Bir yapının performans seviyesi; depremden sonra ortaya çıkması beklenen hasara ve bina içinde bulunanların can güvenliği ile depremden sonra binanın hizmet verebilmesine bağlı olarak tanımlanır.

Hedeflenen performans seviyeleri yapısal ve yapısal olmayan performans seviyelerinin kombinasyonları şeklinde Tablo 1.1'deki gibi ifade edilebilir (FEMA-273, 1996). Bu tabloda kullanılması önerilmeyen bina performans seviyesi; NR ile gösterilmiştir.

Tablo 1.1. Bina performans seviyeleri (Yapısal ve yapısal olmayan performans seviyeleri)

Yapı Performans Seviyeleri						
Yapısal Olmayan Performans Seviyeleri	Yapısal Performans Seviyeleri					
	SP-1 Hemen Kullanım	SP-2 Kontrollü Hasar Aralığı	SP-3 Can Güvenliği	SP-4 Sınırlı Güvenlik Aralığı	SP-5 Toptan göçmenin önlenmesi (Yapısal Stabilitate)	SP-6 Hasarın Göz Önüne Alınmadığı ¹
NP-A Kullanıma Devam	1-A Kullanıma Devam (B)	2-A	NR	NR	NR	NR
NP-B Hemen Kullanım	1-B Hemen Kullanım (IO)	2-B	3-B	NR	NR	NR
NP-C Can Güvenliği	1-C	2-C	3-C Can Güvenliği (LS)	4-C	5-C	6-C
NP-D Azaltılmış Hasar	NR	2-D	3-D	4-D	5-D	6-D
NP-E Hasarın Göz Önüne Alınmadığı	NR	NR	3-E	4-E	5-E Yapısal Stabilitate (CP)	UYGULA NAMAZ

1.4.3.1. Yapısal performans seviyeleri ve aralıkları

Taşıyıcı sistem elemanlarında deprem etkisinde meydana gelecek muhtemel hasara ve bu hasarla ilgili olarak binanın kullanıma bağlı olarak yapısal performans seviyeleri ve aralıkları aşağıdaki gibidir.

SP-1: Hemen kullanım: Depremden sonra çok sınırlı hasar meydana gelmiştir. Binanın taşıyıcı sisteminin depremden önceki bütün taşıyıcılık özelliği ve kapasitesi hemen hemen devam etmektedir. Yapısal hasardan oluşan bir yaralanma sözkonusu değildir. Bina depremden sonra sınırsız olarak kullanıma açıktır.

SP-2: Hasar kontrolü: Bu durum SP-1 ve SP-3 seviyeleri arasındaki bir aralığa karşı gelmektedir. Can güvenliğinin sağlanması yanında, hasarın da belirli ölçüde sınırlandırılmasına karşı gelir. Deprem yönetmeliklerinde yeni binalar için 50 yıllık bir süre içinde aşılma olasılığı %10 olarak tanımlanan (50 yıl/%10 olasılık) deprem etkisinde öngörülen performans seviyesi bu aralığa düşer.

SP-3: Can güvenliği: Deprem sonrası taşıyıcı sistemde önemli sayılabilecek hasar olmasına karşılık, binanın yerel veya toptan göçmesi sözkonusu değildir. Binada bu duruma ulaşmayı önleyecek bir ek kapasite kalmıştır. Yaralanmaların muhtemel olmasına rağmen, can güvenliği tehlikesi bulunmamaktadır.

SP-4: Sınırlı güvenlik: Bu durum SP-3 ve SP-5 seviyeleri arasındaki bir aralıktır. Bir binanın güçlendirilmesinde can güvenliğinin tam olarak sağlanamaması durumunda gözönüne alınabilir.

SP-5: Toptan göçmenin önlenmesi: Bu seviye taşıyıcı sistemin güç tükenmesi sınırında bulunması durumuna karşı gelir. Yatay kuvveti karşılayan sistemde önemli hasarlar oluşmuş olup, yanal rijitlik ve dayanımda azalmalar başlamıştır. Buna rağmen düşey yük karşılamaya devam edilmektedir. Binanın tümünde stabilite mevcut olmasına karşılık, düşen parçalardan dolayı binanın içinde ve dışında önemli yaralanma tehlikesi bulunmaktadır. Devam eden artçı depremler binanın yıkılmasına sebep olabilir. Önemli bir güçlendirme müdahalesigereken bu tür binalarda

genellikle güçlendirme teknik ve ekonomik olarak kabul edilebilir değildir. Bu tür seviyenin yeni binaların tasarımında maksimum deprem etkisi altında sağlanması tavsiye edilir. Daha düşük bir deprem etkisinde bu seviyenin gözönüne alınması, daha yüksek bir deprem etkisinde güç tükenmesinin yüksek olasılıkla bulunmasına karşı gelir ki, bunun kabul edilmesi uygun değildir.

1.4.3.2. Yapısal olmayan performans seviyeleri ve aralıkları

Binanın taşıyıcı olmayan elemanlarında deprem etkisinde meydana gelecek muhtemel hasara ve kullanımına bağlı olarak performans seviyeleri aşağıdaki gibi tanımlanır.

NP-A: Kullanıma devam: Depremden sonra yapısal olmayan elemanlarda kullanımı önleyen bir durum sözkonusu değildir. Bütün makine ve teçhizat çalışmaktadır.

NP-B: Hemen kullanım performans seviyesi: Yapısal olmayan elemanlarda bir hasar sözkonusu değildir. Kullanımı engelleyen, ancak kolayca giderilebilen küçük bazı hasarlar beklenebilir.

NP-C: Can güvenliği: Deprem sonrası taşıyıcı sistemde önemli sayılabilecek hasar olmasına karşılık, binanın yerel veya toplan göçmesi sözkonusu değildir. Binada bu duruma ulaşmayı önleyecek bir ek kapasite kalmıştır. Yaralanmaların muhtemel olmasına rağmen, can güvenliğine sebep olacak yaralanmalar azdır. Yapısal olmayan sistemler, makine ve teçhizat onarım ve yenileme olmadan çalışmayabilir.

NP-D: Azaltılmış hasar: Bu seviyede yaygın bir yapısal olmayan hasar beklenmektedir. Ancak, parapet, dış yığma duvar, cephe kaplaması veya ağır tavan gibi büyük parça düşmesi sonucu bir yaralanma sözkonusu değildir.

1.4.3.3. Bina performans seviyeleri

Binanın deprem etkisi altında beklenen performansı, ortaya çıkacak hasar, ekonomik kayıp ve faaliyete ara vermenin sakıncasının toplamı olarak görülür. Buna bağlı olarak binanın performans seviyesi, taşıyıcı sistemin durumunu gösteren yapısal

performans seviyesi ile taşıyıcı olmayan elemanların durumunu gösteren yapısal olmayan performans seviyesi tanımlarının birleştirilmesiyle Bina Performans Seviyesi tanımlanır. Mümkün kombinasyonlar Tablo 1. 1'de gösterilmiştir. Çok genel kullanılan 1-A, 1-B, 3-C, 5-E performans seviyesi öncelikli olarak açıklanacaktır.

1-A: Kullanıma devam performans seviyesi (B): Binanın yapısal olan ve olmayan elemanlarının hasarları, kullanıma devamı etkilemeyecek seviyededir. Binanın yedek sistemlerinin devreye girmesi ile kullanıma devam edilir (Şekil 1.1 ve 1.2).

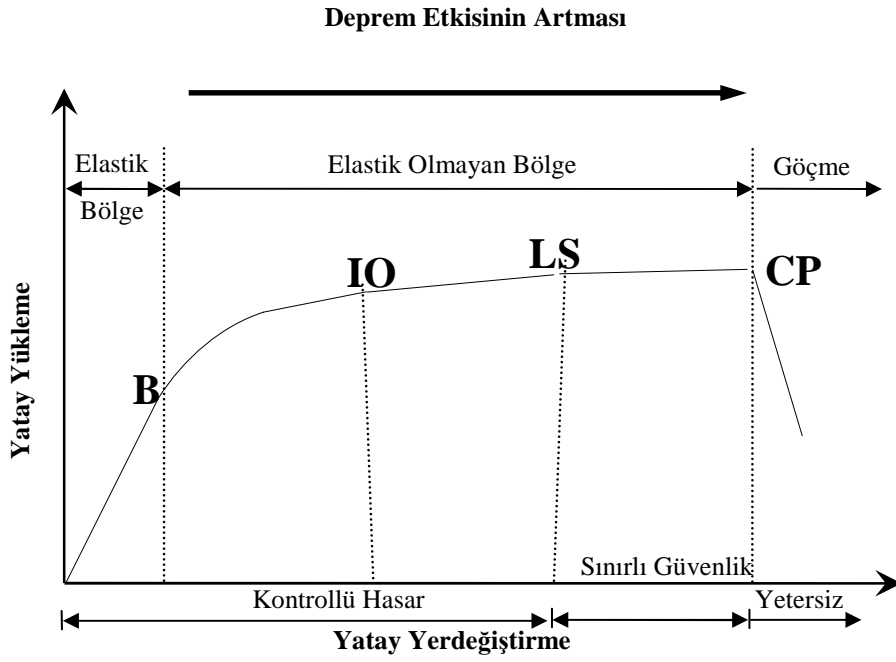
1-B: Hemen kullanım performans seviyesi (IO): Bu seviye önemli yapılar için öngörülen seviyedir. Binanın hacimleri ve sistemleri kullanılabilir durumdadır. Binada bulunan eşyalarda hasar olabilir (Şekil 1.1 ve 1.2).

3-C: Can güvenliği performans seviyesi (LS): Yapısal olan ve olmayan hasar mevcuttur. Ancak, bu hasardan can güvenliğinin tehlikeye girmesi çok düşük bir olasılıktır. Bu seviye günümüzde yönetmeliklerin yeni binalar için öngördüğü performans seviyesinden biraz daha düşük olarak tanımlanmıştır (Şekil 1.1 ve 1.2).

5-E: Yapısal stabilite performans seviyesi (CP): Binanın düşey yük taşıyan sistemi ancak ayakta. Artçı depremler için herhangi bir kapasite kalmamıştır. Kaplamadaki, taşıyıcı olmayan elemanlardaki ve hatta taşıyıcı elemanlardaki hasardan kaynaklanan can güvenliği tehlikesi mevcuttur. Taşıyıcı olmayan elemanların hasarı ve kat relatif yerdeğiştirmeleri gibi hususlar kontrol edilmez (Şekil 1.1 ve 1.2).

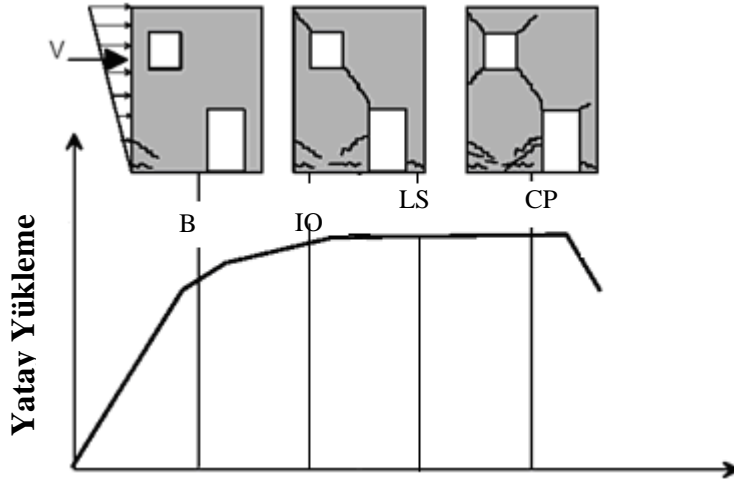
3-D: Bina performans seviyesi: Taşıyıcı elemanlarda can güvenliği ve taşıyıcı olmayan elemanlarda azaltılmış hasar seviyelerinin birleşimidir. Yönetmeliklerde bulunan 50yıl/%10 olasılık deprem tanımı için verilen deprem kuvvetlerinin %75'ini alarak yapılan güçlendirme müdahalesinin böyle bir performans seviyesi sağladığı kabul edilebilir.

3-B: Bina performans seviyesi: Bu seviyede taşıyıcı elemanlardaki hasar binanın kullanımına engel olmamaktadır. Bu tür performans seviyesinin bütün bir bina için öngörülmesi yerine, binanın kontrol merkezi ve bilgisayar merkezi gibi belirli hacimleri için kabul edilmesi uygun olabilir.



B : Kullanıma devam **IO** : Hemen kullanım **LS** : Can güvenliği **CP** : Yapısal Stabilité

Şekil 1.1. Yapı performans seviyeleri



Şekil 1.2. Yapı performans seviyelerinin hasar durumu

1.5. Deprem Etki Seviyeleri

Performansa dayalı tasarımda, seçilen belirli bir bina performans seviyesinin hangi deprem etkisi altında elde edilmesi öngörüldüğünün belirlenmesi gerekir. Deprem etkisinin seviyesinin belirlenmesi spektrum eğrisinin tanımlanması ile yapılır. Tanımda depremin 50 yıl içindeki aşılma olasılığı tanımından veya benzer büyüklükteki depremler arasındaki ortalama zaman aralığı (dönüş periyodu) tanımından hareket edilir. Bu iki tanım arasındaki ilişki Tablo 1.2'e verilmiştir. Çeşitli deprem etkileri seçilebilirse de, yaygın olarak aşağıdaki üç deprem etkisi gözönüne alınır:

Kullanım Deprem (SE): 50 yıllık periyotta meydana gelme olasılığı %50 olan yer hareketidir. Bu deprem seviyesi Tasarım depremi seviyesinin yaklaşık yarısıdır. SE, yapı ömrü boyunca olma ihtimali çok yüksek, fakat büyüklüğü az olan bir depremi ifade eder. Bu depremin periyodu 75 yıldır.

Tasarım Depremi (DE): 50 yıllık periyotta meydana gelme olasılığı %10 olan yer hareketidir. Bu depremin oluş periyodu 500 yıldır. Bu seviye ülkemiz ve Amerikanın standartlarında uygulanan risk seviyesidir.

Maksimum Deprem (ME): 50 yıllık periyotta meydana gelme olasılığı %2 olan yer hareketi veya daha önce olmuş, bilinen maksimum yer hareketidir. Tahmini olarak Maksimum Depremin dönüş periyodu 2500 yıl kadardır.

Tablo 1.2. Gözönüne alınabilecek deprem için parametreler

Aşılma olasılığı	Esas alınan zaman aralığı	Ortalama dönüş periyodu
%50	50 yıl	72 yıl
%20	50 yıl	225 yıl
%10	50 yıl	474 yıl
%2	50 yıl	2475 yıl

Güçlendirme işleminde bir bina için gözönüne alınacak amaç, deprem etki seviyesine ve bina performans seviyesine bağlı olarak Tablo 1.3'te verilmiştir. Burada Temel Güvenlik Depremi 1 (TGD-1) ve Temel Güvenlik Depremi 2 (TGD-2) olarak iki deprem etkisi tanımlanmıştır. Tablo 1.3'te verilen performans amaçlarından birinin seçiminde; seçilecek güvenlik seviyesinin ve kabul edilecek deprem etkisi seviyesinin belirlenmesi yanında binanın güçlendirme maliyeti ve binanın depremden kısa bir müddet sonra kullanılabilmesi durumu da etkili olacaktır. Şekil 1.3'de performans seviyelerinin maliyetle ilişkileri gösterilmiştir. Bir bina için tek performans seviyesi seçilebileceği gibi, birden fazla da seçilebilir. Örneğin, TGD-1 depreminde can güvenliği performans seviyesi ve TGD-2 depreminde yapısal stabilite performans seviyesi seçimi yapılabilir. Tablo 1.3'te verilen performans amaçlarından ana köşegende bulunan a-f-k-p amaçları ana binalar için, alt köşegenlerde bulunan e-j-o önemli binalar için ve i-n güvenliği çok özel olan binalar için önerilir.

1.5.1. Deprem performans amaçları

Deprem performans amacı, büyüklüğü verilen deprem yer hareketi için tahmin edilen bina performansının seçilmesi ile saptanır. Performans amaçları Tablo 1.3'de verilmektedir.

Tablo 1.3. Performans amacının saptanması

Deprem Risk Seviyeleri	Yapı Performans Seviyesi			
	Kullanıma Devam 1-A (B)	Hemen Kullanım 1-B (IO)	Can Güvenliği 3-C (LS)	Yapısal Stabilite 5-E (CP)
%50-50 yıl Kullanım Depremi	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>
%20-50 yıl	<i>e</i>	<i>f</i>	<i>g</i>	<i>h</i>
TGD-1 %10-50 yıl Tasarım Depremi	<i>i</i>	<i>j</i>	<i>k</i>	<i>l</i>
TGD-2 %2-50 yıl Maksimum Deprem	<i>m</i>	<i>n</i>	<i>o</i>	<i>p</i>

<p><u>Kapasite</u> Basitleştirilmiş Lineer olmayan yöntemin genelde odaklandığı nokta "Pushover" kapasite eğrisinin değişik jenerasyonlarıdır.</p>	<p><u>Diğer lineer olmayan işlemler</u></p> <ul style="list-style-type: none"> •Secant Metodu •Time metodu 	<p><u>Basitleştirilmiş lineer olmayan analiz</u></p>	<p><u>Elastik</u></p> <ul style="list-style-type: none"> •Yönetmelik işlemleri •Karşılık kapasite oranları
<p><u>Performans</u> Performans noktasını veya hedef deplasmanını kullanarak yapının genel cevabının ve eleman deformasyonlarının binanın özel performans amaçlarının doğrultusunda sınır durumlar için karşılaştırılmasını sağlar.</p>	<p><u>Talep Spektrumu</u> Bir yapının belirli bir deprem etkisi altında depreme göstermiş olduğu karşılığı gösteren spektrumdur. Performans noktasının belirlenmesi için gerekli olan ikinci parametredir.</p>		

Şekil 1.3. Yapı performans seviyeleri yöntemleri

Görülebileceği gibi bir yapının birden fazla performans amacı olabilir ki buna Çoklu Performans Amacı denmektedir. Örneğin, can güvenliği performans seviyesi ve %10-50 yıl deprem seçimi (**k**) yanında, yapısal stabilite performans seviyesi ve %2-50 yıl deprem seçimi (**p**) yapılabilir.

Çok seviyeli performans amacı, iki veya daha fazla beklenen performans ve yer hareketi seçimi ile mühendis ve mal sahibi açısından belirlenir. Örnek olarak Tablo 1.4'deki gibi kullanım depreminde hemen kullanım performans amacı, tasarım depreminde can güvenliği performans amaçları seçilmiştir. Tablo 1.5'de ise kullanım depreminde kullanıma devam performans amacı, tasarım depreminde ise can güvenliği performans amaçları seçilmiştir.

Tablo 1.4. Çok seviyeli performans amacının saptanması

Performans Amacının Saptanması				
Deprem yer hareketi	Yapı Performans Seviyesi			
	Kullanıma Devam (B)	Hemen Kullanım (IO)	Can Güvenliği (LS)	Yapısal Stabilite (CP)
Kullanım Depremi		√		
Tasarım Depremi			√	
Maksimum Depremi				

Tablo 1.5. Çok seviyeli performans amacının saptanması

Performans Amacının Saptanması				
Deprem yer hareketi	Yapı Performans Seviyesi			
	Kullanıma Devam (B)	Hemen Kullanım (IO)	Can Güvenliği (LS)	Yapısal Stabilitate (CP)
Kullanım Depremi	√			
Tasarım Depremi			√	
Maksimum Depremi				

1.5.2. Temel güvenlik performans amacı

Bina türü yapıların temel güvenlik performans amacı Tablo 1.6'da verilmektedir.

Tablo 1.6. Temel güvenlik performans amacı

Performans Amacının Saptanması				
Deprem yer hareketi	Yapı Performans Seviyesi			
	Kullanıma Devam (B)	Hemen Kullanım (IO)	Can Güvenliği (LS)	Yapısal Stabilitate (CP)
Kullanım Depremi				
Tasarım Depremi			√	
Maksimum Depremi				√

1.5.3. Diğer performans amaçları

Tablo 1.1'de gösterilen yapı performans seviyeleri, deprem çeşitleri ile eşleştirilerek farklı performans amacı elde etmek mümkün olabilir. Tablo 1.7 ve 1.8'de örnekler verilmektedir.

Tablo 1.7. Normal binalar için örnek performans seviyeleri

Ana Örnek				
Deprem Tehlikesi	Yeni Binalar	Güncel Geçerli Güçlendirmeler ile.	Yüksek Kullanım Amacı	Minimum Tasarım Süresi
Birleştirilmiş Performans Seviyesi				
Kullanım Depremi				
Tasarım Depremi	2C	3D	3C	1C
Maksimum Deprem	5E		3D	

Tablo 1.8. Performans amaçlarının ekonomik durumları

Ana Örnek			
Deprem Tehlikesi	Kısa Ömürlü Yapılar ÖrnekA	Orta Ömürlü Yapılar Örnek B	Uzun Ömürlü Yapılar ÖrnekC
Birleştirilmiş Performans Seviyesi			
Kullanım Depremi	3D		
Tasarım Depremi			5E
Maksimum Depremi		5E	

1.6. Deprem Ana Kriterleri

Bu bölümde binaların değerlendirilmesinde kullanılan deprem ana kriterlerinin belirlenmesinden bahsedilecektir. Bu kriterler tüm bina projelerinde kullanılır. Bunlar:

Bölge jeolojisi ve zemin özellikleri

Deprem bölge özellikleri

Bölge talep spektrumu (Elastik Deprem Spektumu)

1.6.1. Bölge jeolojisi ve zemin özellikleri

Bölge jeolojisi ve zemin özelliklerinin belirlenmesinde zemin profil tipleri kullanılmalıdır. Zemin profil tipleri S_A , S_B , S_C , S_D , S_E Tablo 1.9 'da verilmektedir. Zemin profil tipi S_F ise, özel değerlendirmesi gerektiren bir zemin tipidir (ICBO, 1996).

Tablo 1.9. Zemin profil çeşitleri

Zemin Profil Tipi	Zemin Profil Adımı	Üst 30m'deki ortalama zemin özellikleri		
		Kayma Dalgası Hızı \bar{V}_s , (m/s)	Standart Penetrasyon Deneyi \bar{N} (vuruş/m)	Drenajsız Kayma Mukavemeti \bar{S}_U (kN/m ²)
S_A	Sert Kaya	$\bar{V}_s > 1500$	Kabul edilmez	
S_B	Kaya	$750 < \bar{V}_s \leq 1500$	Kabul edilmez	
S_C	Çok yoğun toprak ve yumuşak kaya	$350 < \bar{V}_s \leq 750$	$\bar{N} > 165$	$\bar{S}_U > 100$
S_D	Sert toprak	$180 < \bar{V}_s \leq 350$	$50 \leq \bar{N} \leq 165$	$50 \leq \bar{S}_U \leq 100$
S_E	Yumuşak toprak	$\bar{V}_s \leq 180$	$\bar{N} < 50$	$\bar{S}_U < 50$
S_F	Bu zeminlerin özel değerlendirilmesi gerekmektedir.			

1.6.1.1. Ortalama zemin özellikleri

30m derinlik için ortalama zemin özellikleri aşağıda sunulmaktadır.

Ortalama kayma dalgası hızı \bar{V}_s , aşağıdaki formülle hesaplanmaktadır.

$$\bar{V}_s = \frac{d_s}{\sum_{i=1}^n \frac{d_i}{V_{s_i}}} \quad (1.1)$$

d_i : Tabaka kalınlığı, m

d_s : Toplam zemin profili kalınlığı, 30m

V_{s_i} : i'nci tabakanın kayma dalga hızı, m/s

Ortalama standart penetrasyon, \bar{N} ve \bar{N}_{CH} aşağıdaki formüllerle belirlenir.

$$\bar{N} = \frac{ds}{\sum_{i=1}^n \frac{d_i}{N_i}} \quad (1.2)$$

$$\bar{N}_{CH} = \frac{d_{CH}}{\sum_{i=1}^n \frac{d_{CH,i}}{N_{CH,i}}} \quad (1.3)$$

d_s : Toplam zemin profil kalınlığı, 30m

d_i : Tabaka kalınlığı, m

N_i : Standart penetrasyon sayısı

N_{CH} : Kohezyonsuz zeminler için standart penetrasyon

d_{CH} : Tüm kohezyonsuz zemin tabakalarının toplam kalınlığı, m

$d_{CH,i}$: i'nci tabakanın standart penetrasyona direnci, direk olarak sahada doğrulanmadan ölçülür.

30m' deki ortalama drenajsız kayma mukavemeti \bar{S}_U , aşağıdaki formülle belirlenir.

$$\bar{S}_U = \frac{d_c}{\sum_{i=1}^n \frac{d_i}{S_{U,i}}} \quad (1.4)$$

d_i : Tabaka kalınlığı, m

d_c : Toplam kohezyonlu zemin tabaka kalınlığı

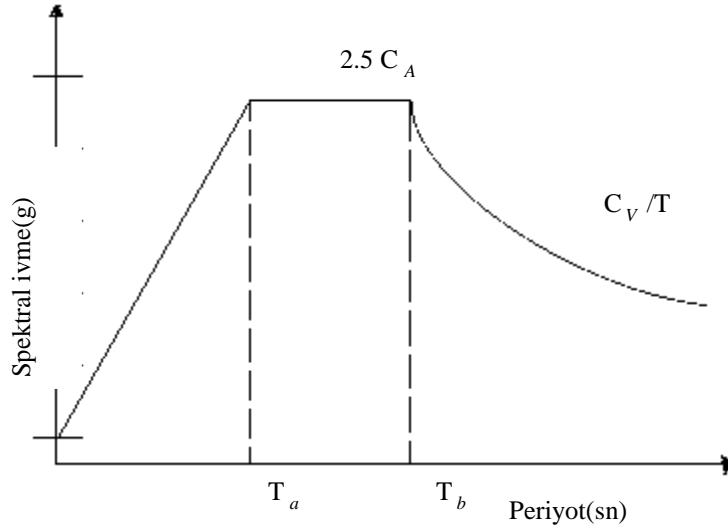
$S_{U,i}$: Drenajsız kayma mukavemeti, kN/m^2

1.6.2. Deprem bölge özellikleri

1.6.2.1. Elastik ivme-periyot eğrisi

Deprem etkisini temsil eden elastik spektrumun eğrisi C_A ve C_V parametrelerine bağlı olarak tanımlanır. Bu parametreler, binanın bulunduğu deprem bölgesine, bilinen bir deprem kaynağına olan uzaklığına bağlı olarak Tablo 1.10 alınacaktır. Buna göre deprem bölge katsayısı Z , deprem etkisi türü katsayısı E ve bilinen deprem kaynağından uzaklığı katsayısı N çarpımından oluşan ZEN parametresine ve zemin sınıfına bağlı olarak C_A ve C_V parametreleri belirlenecektir. Elastik spektrum eğrisinin oluşturulması Şekil 1.4’de verilmiştir.

Burada C_A zeminin etkili maksimum ivme katsayısını temsil eder. $2.5C_A$ ’da %5 lik sönümlü kısa periyotlu sistemin maksimum ortalama ivme katsayısına karşı gelmektedir. C_V ise periyodu 1s olan %5 sönümlü sistemin spektrum değerini verir.



Şekil 1.4. %5 Sönümlü elastik deprem spektrumunun oluşturulması

Tablo 1.10. Deprem bölge katsayısı

Bölge	1	2A	2B	3	4
Z	0.0075	0.15	0.20	0.30	0.40

1.6.2.2. Deprem kaynağından uzaklık katsayısı

Her bölgenin Tablo 1.11'deki gibi bir uzaklık katsayısı vardır. Bu tablodaki A, B ve C değerleri Tablo 1.12'de verilmektedir (FEMA-273, 1996). Deprem fay tipine bağlı olarak, deprem bölge katsayısı ile Tablo 1.10'deki değerlerle çarpılır.

Tablo 1.11. Kaynağa mesafe katsayısı, N_A ve N_V

Deprem Fay Tipi	Deprem kaynağına mesafe							
	≤ 2 km		5 km		10 km		≥ 15 km	
	N_A	N_V	N_A	N_V	N_A	N_V	N_A	N_V
A	1,5	2,0	1,2	1,6	1,0	1,2	1,0	1,0
B	1,3	1,6	1,0	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0
C	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

N_A ve N_V : Kaynaktan uzaklık katsayıları

Tablo 1.12. Deprem fay tipi

Deprem Fay Tipi	Deprem Fay Tanımlaması	Deprem Fay Tanımlaması	
		Maksimum Moment Mayütüdü, M_w	Kayma oranı, SR (mm/yıl)
A	Yüksek deprem aktivitesi bulunan,büyük manyitüdü depremler meydana getirebilecek faylar	$M_w \geq 7,0$	$SR \geq 5$
B	A ve C dışındaki tüm faylar	Uygulanamaz	Uygulanamaz
C	Düşük deprem aktivitesi bulunan,büyük manyitüdü depremler meydana getiremeyecek faylar	$M_w < 6,5$	$SR < 2$

1.6.2.3. Deprem katsayıları

Yapılara çeşitli deprem risk seviyeleri için Tablo 1.13 ve 1.14'deki gibi C_A ve C_V iki deprem katsayıları atanır. Bölge için özel deprem risk değerlendirmesi yapılırken C_A yerine özel ivme değerleri alınabilir. E; değeri sarsılma şiddetini belirlemek için kullanılır. İşlevsel deprem için 0.5, Tasarım depremi için 1 ve Maksimum deprem için (4. bölge için) 1.25 ve (3. bölge için) 1.5 alınır. ZEN; değeri bölge katsayısı (Z), sarsılma şiddeti (E) ve kaynaktan uzaklık katsayısı (N) çarpımı ile bulunur.

Tablo 1.13. C_A , Deprem katsayısı

Zemin sınıfı	Deprem katsayısı ZEN					
	0,075	0,15	0,20	0,30	0,40	> 0,40
S_B	0,08	0,15	0,20	0,30	0,40	1,0*(ZEN)
S_C	0,09	0,18	0,24	0,33	0,40	1,0*(ZEN)
S_D	0,12	0,22	0,28	0,36	0,44	1,1*(ZEN)
S_E	0,19	0,30	0,34	0,36	0,36	0,9*(ZEN)
S_F	C_A 'nın belirlenmesi için zemin özel geoteknik incelemesi gerekir.					

Tablo 1.14. C_V , Deprem katsayısı

Zemin sınıfı	Deprem katsayısı ZEN					
	0,075	0,15	0,20	0,30	0,40	> 0,40
S_B	0,08	0,15	0,20	0,30	0,40	1,0*(ZEN)
S_C	0,13	0,25	0,32	0,45	0,56	1,4*(ZEN)
S_D	0,18	0,32	0,40	0,54	0,64	1,6*(ZEN)
S_E	0,26	0,50	0,64	0,84	0,96	2,4*(ZEN)
S_F	C_V 'nin belirlenmesi için zemin özel geoteknik incelemesi gerekir.					

1.7. Statik İtme (Pushover) Analizi

Deprem karşısında önlenmesi gereken en önemli unsur yapının çökmesi veya ekonomik olarak tamir edilemez düzeyde hasar görmesidir. Ancak şartnameler gereği ve ekonomik açıdan, binalar bir defa tasarım depremi geçirecek şekilde projelendirilir. Bu durum, deprem sonrası yaşanacaklar hakkında net bir fikir vermemektedir. Ayrıca defalarca depreme maruz kalan yapılar için ne tür bir sonuç alınabileceği, mevcut lineer analiz yöntemleri ile doğru olarak çözülememektedir. Bu

bağlamda, binalardaki deformasyonların kontrol edilerek, yüklemelerin uygulanması temel alınarak geliştirilmiş olan pushover yöntemi, elastik hesaplamaların yetersizlikleri karşısında ortaya atılan, daha detaylı ve daha karmaşık algoritmalarla, daha doğru neticelere ulaşabilen analizlerin yapılmasına olanak sağlayan bir yöntemdir.

Pushover yönteminde binanın tüm elemanlarının deformasyon davranışları tanımlanır. Normal hesaplamalarda elastik sınırlar için tanımlanan elastisite modülü, bu davranış şekillerinin belirlenmesinde yetersiz kalmaktadır. Bu noktadan hareketle oluşturulan model, ufak adımlar ile ötelenmeye, yani deformasyona maruz bırakılır. Her adım, yapıyı oluşturan elemanlardan biri veya bir kaçının davranış şeklinde değişimlerin gözlemlendiği mesafe kadardır. Yapı belirlenen yatay ötelenme mesafesine ulaşmaya kadar veya yapıyı teşkil eden elemanların, daha önceden tanımlanan göçme deformasyonlarına ulaşması ile analiz durdurularak, gelinen deformasyon seviyesi itibari ile binanın deprem neticesinde oluşacak hasar seviyesi belirlenmektedir.

Özellikle üzerinden birkaç deprem geçmiş veya henüz deprem yaşamasa da yapıldığı tarih itibari ile yeni düzenlemeleri karşılamayan yapıların hangi bölgelerinde fazla hasar oluştuğunu görmek açısından bu yöntem çok kullanışlı olmaktadır. Eski yapıların malzeme kalitelerinin de son derece zayıf olması, zaman içinde özelliklerini yitirebilmesi, bu yapılarda daha dikkatli çalışmaların yürütülmesi gereklerinden olarak düşünülmesi gereken unsurdur. Bu çerçevede yapılacak analiz neticesinde binaya uygulanacak güçlendirme yöntemleri ile bunu sağlamak son derece zor olacaktır.

Netice itibariyle daha güvenli yapılar inşa etme hedefiyle geliştirilen her yeni analiz yöntemi bunu kolaylaştıran bilgisayar desteği ile birlikte depremin sadece sınırlı hasar meydana getiren bir doğa olayı olarak yaşanılması, can ve mal kayıplarının kaydedilmemesi için atılacak bir adımdır.

Lineer olmayan dinamik analizlerde, işlemlerin çok uzun ve yorucu olması, uygulama mühendislerini basitleştirilmiş yöntemlere yöneltmiştir. Bir lineer analiz

yapının elastik kapasitesini ve ilk akmanın nerede olacağını iyi bir şekilde göstermesine karşın, mekanizma durumlarını ve akma sırasında kuvvet dağılımını tahmin edemez. Lineer olmayan analiz, binaların göçme anına kadar davranışının ve yıkılma durumundaki şeklinin gerçekten nasıl olacağını çok büyük bir yaklaşıklıkla gösterir. Yönetmeliklerde yapı sistemlerinin boyutlandırılmasında zayıf kiriş-güçlü kolon prensibi esas alınmaktadır. Kolon taşıma kapasitelerinin kiriş taşıma kapasitelerinden daha fazla olmasıyla artan yatay yükler altında yapıda oluşabilecek plastik mafsalların ilk önce kirişlerde ortaya çıkması sağlanmaya çalışılmaktadır. Böylece kat mekanizmalarının oluşumu engellenerek katın tümünün göçmesi önlenmeye çalışılmaktadır. Lineer olmayan işlemlerin kullanımı tasarım için mühendise, depreme maruz kalan bir binanın nasıl davranacağı hakkında fikir verir.

Lineer olmayan bir işlem olan kapasite spektrumu yöntemi, binanın global kuvvet-yerdeğiştirme kapasite eğrisi ile talep spektrumunun karşılaştırılmasını grafik bir ortamda mühendise sunar ki, bu mevcut binaların değerlendirilmesi ve güçlendirilmesi için son derece kullanışlı bir yöntemdir. Bina güçlendirilirse nasıl davranacağı, şimdi nasıl davrandığı açık ve net bir şekilde bu yöntemle görülebilir.

Performans tabanlı tasarım işlemlerinin üç anahtar elemanı Talep, Kapasite ve Performans'dır. Aşağıda kısaca bunlardan bahsedilmektedir.

Kapasite: Yapının tüm kapasitesi gücüne ve yapı bileşenlerinin deformasyon yapabilme özelliğine bağlıdır. Elastik sınırın ötesindeki deformasyon yapabilme kapasitesini belirlemek için static itme gibi lineer olmayan analizlerden birini kullanmak gerekir. Yatay yük, yapı bileşenleri akmaya ulaşıncaya kadar artırılır. Bu işleme yapı oynak hale gelene veya önceden belirlenen bir sınıra ulaşana kadar devam edilir. İki ve üç boyutlu modeller için lineer olmayan davranış ve kuvvet-yerdeğiştirme eğrisi bilgisayar programları tarafından direk olarak belirlenebilmektedir.

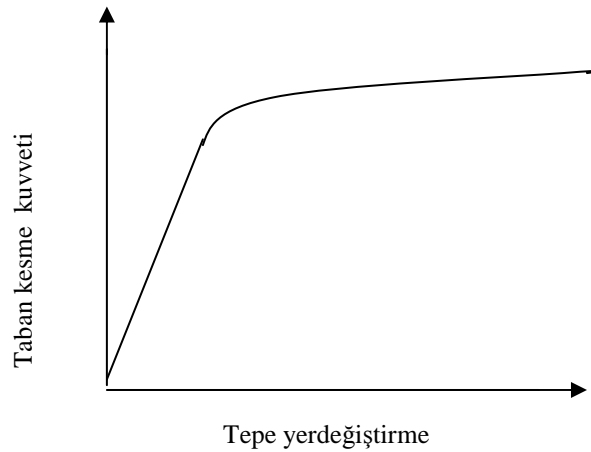
Talep: Deprem sırasında oluşan zemin hareketleri binanın, karmaşık ve zamana göre sürekli değişen yer değiştirmeler yapmasına yol açarlar. Lineer analiz yöntemleri yatay yükleri tasarım değeri olarak kullanmaktadır. Lineer olmayan yöntemlerde ise

yatay yer değiştirmeler tasarım kriterleridir. Bina analizinde beklenen en büyük depreme ait yer değiştirme değerleri girilerek talep grafiği elde edilmiş olur. Beklenen depreme ilişkin talep grafiklerini teşkil etmek için zemin koşullarının yanı sıra binanın sönümlenme yüzdesi de bilinmelidir. Normal hesaplamalarda %5 olarak kabul edilen bu değer, güçlendirme analizlerinde gerçek oranında alınmalıdır.

Performans: Kapasite ve talep grafikleri elde edildikten sonra performans kontrolü yapılabilir. Performansın tespiti, yapısal ve yapısal olmayan elemanlarda meydana gelen hasarın kabul edilen sınırların içinde kalıp kalmayacağını sağlamaktadır. Genel anlamı ile performans, analizi yapılan yapının verilen deprem karşısında iki grafiğin kesişim noktasındaki yer değiştirme değeridir.

1.7.1. Kapasiteyi belirlemek için yapılan işlemler

Bina kapasitesi, kuvvet-yerdeğiştirme eğrisi (pushover eğrisi) ile gösterilir. Kuvvet-yerdeğiştirme eğrisini çizmenin en uygun yolu, taban kesme kuvveti ile tepe yerdeğiştirmesini bir grafikte işaretlemektir (şekil 1.5).



Şekil 1.5. Taban kesme kuvveti-tepe yerdeğiştirmesi (Pushover eğrisi)

Kuvvet-yerdeğiştirme eğrisini oluşturmak için ETABS, SAP2000, DRAIN-2DX, RISA, CAPP gibi programlar kullanılabilir. Kuvvet-yerdeğiştirme eğrisi, çoğunlukla yapının birinci (fundamental) moduna karşılık gösterdiği şekil ve taban kesme kuvvetinden yararlanılarak oluşturulur. Bu genellikle doğal titreşim periyodu bir saniyeye kadar olan yapılar için geçerlidir. Çok esnek yapılarda 1. modun periyodu bir saniyeden fazladır. Dolayısıyla, mühendis daha yüksek modların etkisini de göz önüne almalıdır.

Bina kapasitesini belirlemek için yapılan işlemler aşağıda adım adım verilmiştir:

1. Kat yatay yükleri kat kütlelerinin toplandığı kütle merkezlerine birinci mod şekliyle etkililir. Bu analiz aynı zamanda ağırlık yükünü de içermelidir. Aşağıdaki beş değişik yapılar için beş örnek verilmiştir.

I. Uygulaması kolay tek katlı bir bina. Yatay yük bina üstüne uygulanır.

II. Yatay yükün her bir kata deprem yönetmeliğindeki eşdeğer statik yatay yük gibi ağırlıkları oranında uygulandığı yapılar.

III. Bina modelinin birinci mod şekline ve kat kütlelerinin toplandığı kütle merkezlerine uygulandığı yapılar. Kapasite eğrisi genellikle binaların birinci mod

şekillerine uygulanır ve bu durum doğal titreşim periyodu 1 saniyeye kadar olan binalar için geçerlidir. Bu tez çalışmasında kullanılan modeldir.

IV. Bu seviye ilk mafsallara kadar aynı 3. seviyedeki binalar gibidir. İlk mafsaldan sonraki her artış deforme olmuş şekle göre yük artımının uygun ayarlanmasını gerektirir. Zayıf kat bulunan binaya örnektir.

V. 3. ve 4. seviyeye benzer fakat daha yüksek mod şekillerinin de göz önünde bulundurulmasını gerektirir. Yüksek modların etkileri "Yüksek modlu statik itme analiz" ile belirlenir. Yüksek veya düzensiz binalara örnektir.

2. Yatay ve düşey yükün gerekli kombinasyonları için eleman kuvvetleri hesaplanır.

3. Bazı eleman veya eleman grupları için yatay yük, eleman dayanımının %10'u kadar bir kuvvet olarak ayarlanır. Çoğu binalar için 1. ve 2. madde yeterlidir.

4. Taban kesme kuvveti ve tepe yerdeğiştirmesi kaydedilir. Eleman kuvvetlerini ve verileri kaydetmek te faydalıdır. Çünkü, bunlar performans kontrolünde gerekli olacaktır.

5. Mafsallaşan elemanlar için rijitlik sıfır alınıp, model tekrar kontrol edilir.

6. Başka bir eleman (veya eleman grubu) akmaya ulaşana (mafsallaşana) kadar yatay yük artırılmaya devam edilir.

7. Taban kesme kuvvetine karşılık tepe yerdeğiştirmesi oldukça sabit olsa da yatay yükün artışına devam edilir.

8. Yük ve yerdeğiştirme etkileri birbirinden çok fazla farklılık gösteren düzenli olmayan bir duruma geldiğinde bina elemanları veya eleman grupları tamamıyla yıkılmaya başlıyor ve düşey yük taşıma kapasitesini de kaybediyor demektir. Bu nokta statik itmenin son noktasıdır.

1.7.2. Talep spektrumunu belirlemek için yapılan işlemler

Güçlendirme için kullanılacak performans amaçlarının tespit edilmesi ne kadar önemli ise, belirli bir deprem için muhtemel maksimum yerdeğiştirmenin saptanması da o kadar önemlidir. Bu çalışmada, Kapasite Spektrumu Yöntemine odaklanılacaktır; çünkü bu yöntem güçlendirme stratejileri için süreklilik ve kolaylık gerektirir ve kapasite eğrisinin etkili bir şekilde kullanılabilmesini sağlar.

Kapasite Spektrumu Yöntemindeki deprem talep - yerdeğiştirme kapasite spektrumu üzerinde "Performans Noktası" diye adlandırılan bir noktada oluşur. Bu performans noktası, yapının deprem kapasitesini; yani belirli bir depremle zorlanan binanın davranışını gösterir. Performans noktasının yeri şu iki koşul ile doğrulanmalıdır;

Performans noktası, kapasite spektrumu eğrisinin üzerinde olmalı,

Performans noktası, %5 sönümlü elastik deprem spektrumundan azaltılmış talep spektrumunun üzerinde olmalı.

Genel olarak performans noktasının belirlenmesi yukarıdaki iki kriterin sağlanması ile ortaya çıkar. Aşağıda bu iteratif işlemi kolaylaştırmak için üç ayrı işlem ve yöntemin kavramsal ifadesi bulunmaktadır. Temel itibarıyla üç işlem de aynıdır ama matematik ifadeleri farklılıklar gösterir (ATC-40, 1996).

İşlem A: Bu işlem kavramın en direk uygulamasıdır. İşlem tamamıyla iteratif bir yöntemdir; fakat formüllendirilmiş esaslar kolaylıkla bilgisayar programlarına adapte edilebilir. Grafikselden çok analitik bir yöntemdir. Yeni başlayanlar için en uygun ve anlaşılır işlemdir.

İşlem B: Kapasite eğrisinin iki doğrultuda modellenmesi imkanını sunan basit bir yöntemdir. Performans noktasının gerçek değerini küçük iterasyonlarla bulur. İşlem B grafikten çok analitik bir yöntemdir; dolayısıyla bilgisayar programlarına adapte edilmesi de en uygun olanıdır. İşlem B'nin metodolojisini uygulamak İşlem A'dan daha zordur.

İşlem C: İşlem C, performans noktasını bulmak için kullanılan zayıf bir grafik yöntemidir. El ile analiz için en uygun yöntemdir, anlaşılması zordur ve bilgisayara adaptesi tam değildir.

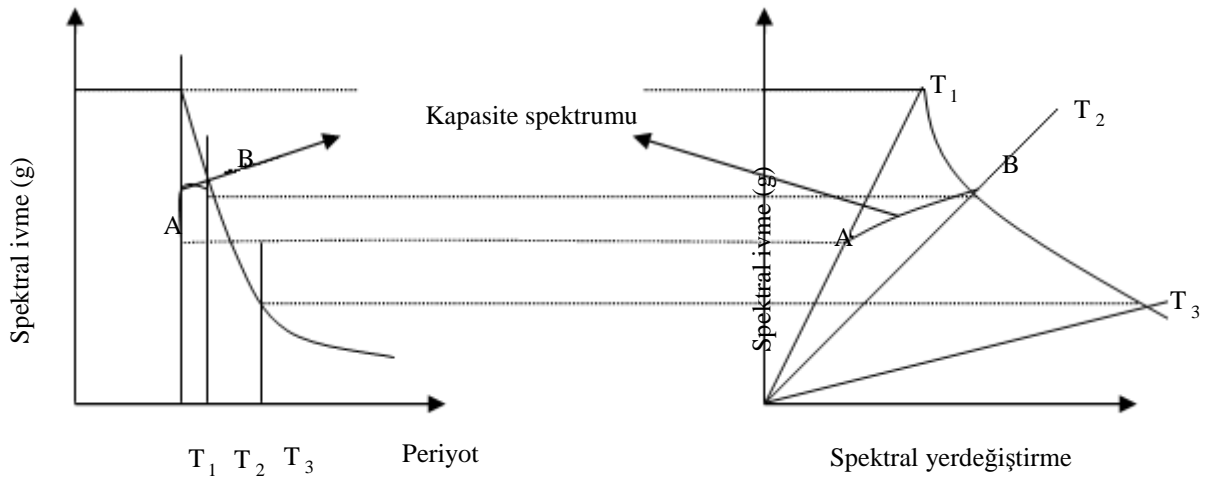
1.7.3.Elastik ivme-yerdeğiştirme spektrum eğrisi

Genel $S_a(T)$ ivme spektrumu eğrilerinin oluşturulmasında yatay eksen tek serbestlik dereceli sistemin periyodu, düşey ekseninde sistemde meydana geldiği kabul edilen mutlak ivmenin maksimum değeri bulunur. Bilindiği gibi yerdeğiştirme spektrumu ile ivme spektrumu arasında

$$S_d(T) = \frac{1}{\omega^2} g S_a(T) = \frac{T^2}{4\pi^2} g S_a(T) \quad (1.5)$$

Yaklaşık bağıntısı bulunmaktadır. Burada $S_a(T)$ spektral değerinin yönetmeliklerde olduğu gibi g yerçekimi ivme ile boyutsuzlaştırıldığı kabul edilerek ifadelere g ilave edilmiştir. Bu ifadenin incelenmesinden S_d-S_a eksen takımında başlangıçtan geçen doğruların $T = \text{sabit}$ tanımına karşılık geldiği anlaşılır. Şekil 1.6'da S_a-T spektrum eğrisi ve bu eğriden (1.5) ifadesi ile elde edilecek S_d-S_a spektrum eğrileri gösterilmiştir.

Bu eğriler bir depremi karakterize etmesi veya yönetmelikte öngörülmesi bakımından Talep Spektrumu olarak isimlendirilir.



Şekil 1.6. Kapasite spektrumu ile talep spektrumunun üst üste çizilmiş şekli

1.7.4. Elastik ivme-yerdeğiştirme spektrumunun sönüm ile azaltılması

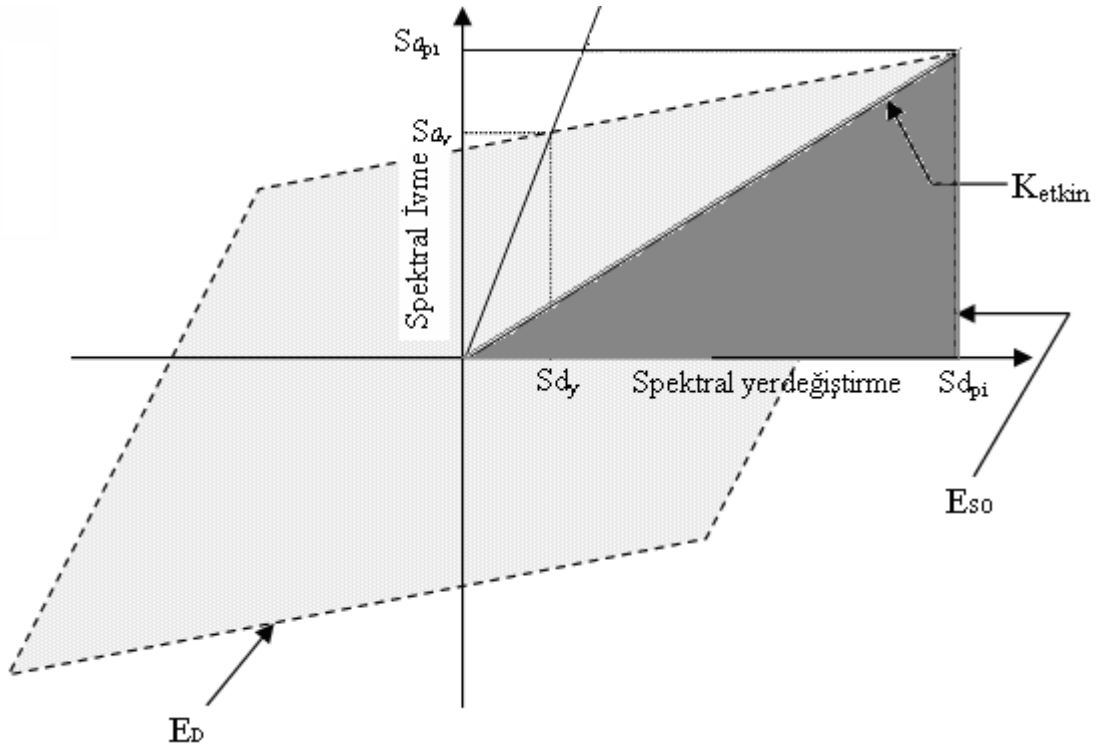
Yönetmeliklerde verilen ve bu yöntemde öngörülen elastik ivme-yerdeğiştirme spektrum eğrisi %5 lik bir viskoz sönümü içerir, ancak depremin etkisinde yapıda elastik olmayan ve çevrimsel oluşan şekil değiştirmeler sonucu enerjinin tüketilmesi söz konusudur. Deprem etkisi altında yerdeğiştirme ile yük arasındaki veya benzer olan spektral yerdeğiştirme-spektral ivme arasındaki bağıntı Şekil 1.7’de görüldüğü gibi elastik sınır aşıldığında bir çevrimsel değişim gösterir. Bu eğrinin içinde kalan alan çevrimsel sönüm ile orantılıdır. Bu sönüm β_0 olarak eşdeğer viskoz sönüme yaklaşık olarak dönüştürülebilir. Sonuç olarak etkili toplam sönüm oranı β_{ef} ;

$$\beta_{ef} = 0,05 + \kappa * \beta_0 \quad (1.6)$$

$$\beta_0 = \frac{1}{4\pi} \frac{E_D}{E_{SO}} \quad (1.7)$$

κ : düzeltme katsayısı

Burada E_D bir çevrimde tüketilen enerji olup çevrim içi kalan alana eşittir. E_{SO} maksimum şekil değiştirme enerjisi yani taralı alanın tümüdür (Şekil 1.7).



Şekil 1.7. E_D ile sönmülenen enerji ifadesi

Geometrik bağıntılar kullanılarak

$$\beta_{eff} = 0,05 + \kappa * \beta_0 = 0,05 + 0,64 * \kappa * \frac{(S_{ay} * S_{dpi} - S_{dy} * S_{api})}{S_{api} * S_{dpi}} \quad (1.8)$$

denklemini yazılabilir.

Burada S_{dy} ve S_{ay} doğrusal elastik davranış sınırındaki spektral yerdeğiştirme ve ivme değerlerini, S_{dpi} ve S_{api} ise hedeflenen performans seviyesindeki yerdeğiştirme ve ivme değerlerini göstermektedir. Çevrimsel sönmün belirlenmesinde kullanılan paralel kenarın gerçek yapıda farklı olabileceğini düşünerek κ faktörü düzeltme katsayısı öngörülmüştür. Binanın yapısal davranışına bağlıdır. Çevrimsel davranışın tam oluşmadığı yapı kalitesi düşük yapılarda bu katsayı küçük olarak ortaya çıkar. Yeni yapılarda sönm çevrimi dolgun biçimde oluşacağı için düzeltme katsayısı büyük ve eski yapılarda ise tüketimi daha az olacağı için küçük olacaktır. A tipi yapı davranışında $\kappa = 1,0$ olarak atanmıştır (yüksek sönm oranları hariç). B tipinde $\kappa =$

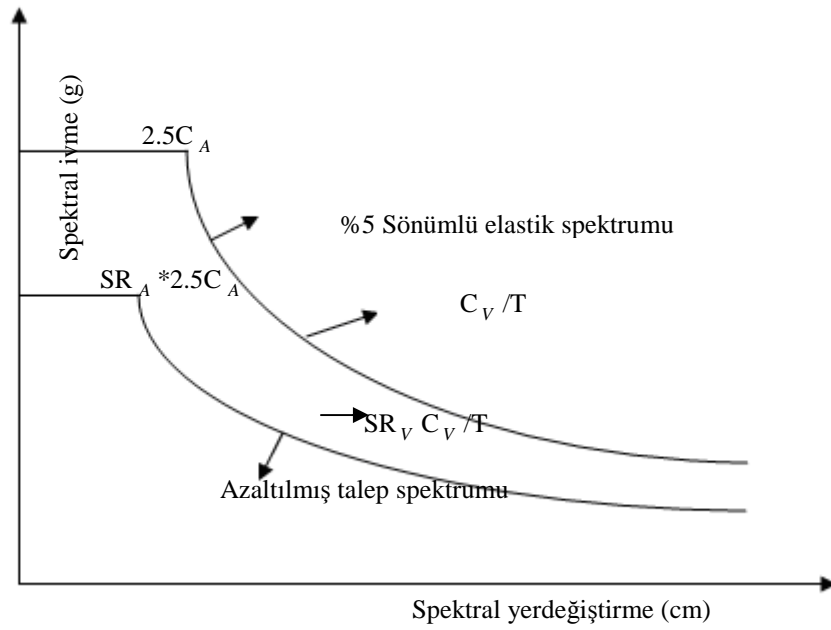
2/3 olarak atanır ve orta sönümlü bir paralel kenar alanını ifade eder. C tipi davranış zayıf bir çevrimsel davranışı gösterir ve paralel kenarın alanının önemli bir kısmını indirger ve $\kappa = 1/3$ olarak atanır. Ayrıca deprem süresinin uzun ve kısa olmasına göre ve binanın yeni veya eski olmasına göre enerji tüketimi değişeceği için κ düzeltme katsayısı değişir.

Bu sönüme bağlı olarak belirlenen SR_A ve SR spektral azaltma katsayıları kullanılarak Şekil 1.8'deki azaltılmış talep spektrumu elde edilir.

Doğrusal olmayan davranışın gözönüne alınması için tanımlanan bu eşdeğer sönüm değerlerine bağlı olarak talep spektrumunda SR_A ve SR_V katsayıları ile azaltma yapılır (Şekil 1.8). Bu katsayılar yapıda deprem etkisine bağlı olarak çıkacak sönüme ve yapı davranış türüne bağlı olup. Tablo 1.15'de verilmiştir. Görüldüğü gibi bu azaltma; sönüm oranı ile ve yapının yeni olması ile artmaktadır. Bu azaltma katsayıları;

$$SR_A = \frac{1}{2,12} [3,21 - 0,68 \cdot \ln(100 \beta_{ef})] \quad (1.9)$$

$$SR_V = \frac{1}{1,65} [2,31 - 0,41 \cdot \ln(100 \beta_{ef})] \quad (1.10)$$



Şekil 1.8. İndirgenmiş talep spektrumu

SR_A : İvme değerleri için spektral azaltma faktörleridir.

SR_V : Hız değerleri için spektral azaltma faktörleridir.

Bu katsayılar %5'lik sönüm dışında plastik şekil değiştirmelerin olmaması durumunda, SR_A ve SR_V 1,00 iken %40 gibi yüksek sönümlerde 0,55'e kadar iner.

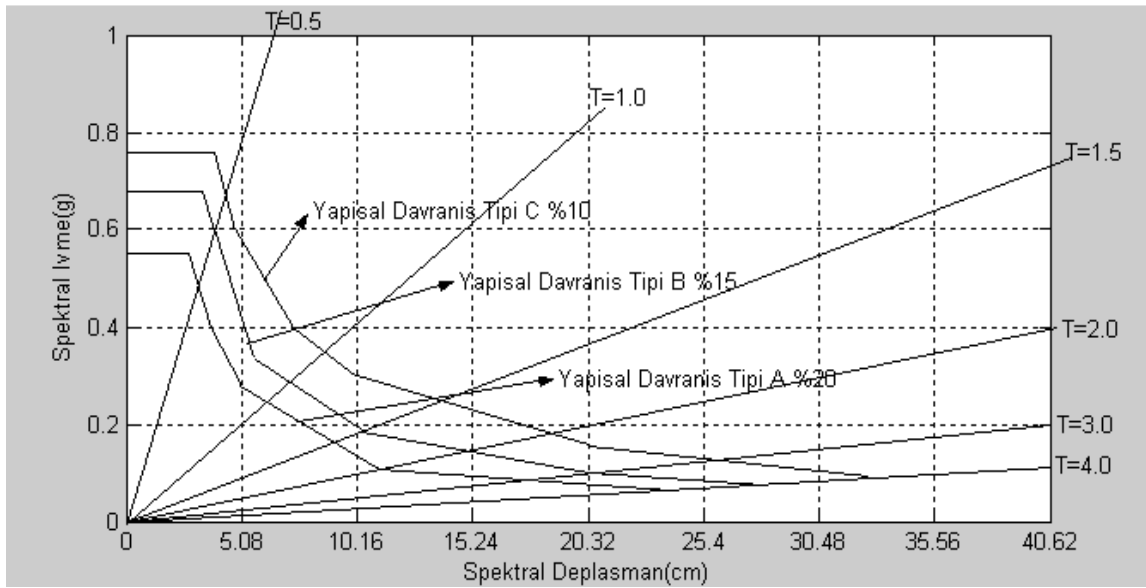
Bu azaltma katsayıları aşağıdaki formüller ile de hesaplanabilir.

Spektral azaltma faktörleri SR ve SR_V aşağıdaki Tablo 1.15'deki gibi verilmiştir.

Tablo 1.15. Spektral azaltma katsayıları, SR_A ve SR_V

Yapısal Davranış Tipi A				Yapısal Davranış Tipi B			Yapısal Davranış Tipi C		
β_0	β_{eff}	SR_A	SR_V	β_{eff}	SR_A	SR_V	β_{eff}	SR_A	SR_V
0	5	1,00	1,00	5	1,00	1,00	5	1,00	1,00
5	10	0,78	0,83	8	0,83	0,87	7	0,91	0,93
15	20	0,55	0,66	15	0,64	0,73	10	0,78	0,83
25	28	0,44	0,57	22	0,53	0,63	13	0,69	0,76
35	35	0,38	0,52	26	0,47	0,59	17	0,61	0,70
45	40	0,33	0,50	29	0,44	0,56	20	0,56	0,67

Zemin Profil Tipi= S_B , $ZEN=0.4$, $C_A=0.4$, $C_V=0.4$, $\beta_o=\%15$ değerleri kullanılarak A, B ve C yapısal davranış tipleri için talep spektrumu Şekil 1.9’da verilmiştir.



Şekil 1.9. Yapısal davranış tipleri A, B, C için talep spektrumları

1.7.5.Kapasite spektrum eğrisi

Bir deprem etkisi altında çok serbestlik dereceli bir sistemde i. modda meydana gelen taban kesme kuvveti ve bunun katlara olan dağılımı aşağıdaki gibi verilmiştir:

$$V_{bi}(t) = M_i A_i(t) \quad (1.11)$$

$$f_{ni}(t) = M_i \frac{m_n \phi_{ni}}{\sum_{i=1}^N m_i \phi_{ii}} \quad (1.12)$$

İvme için karşı gelen depreme ait spektrum değerleri kullanılarak bunların en büyük değerleri (spektral değerler) elde edilebilir. Deprem tesirinde yapıda önemli etkiyi birinci modun meydana getirdiği bilindiği için sadece bu mod göz önüne alınırsa;

$$V_{b1} = gM_1 S_{a1} = \alpha_1 W S_{a1} \quad (1.13)$$

$$\alpha_1 = \frac{M_1}{M} = \frac{M_1 g}{W} \quad (1.14)$$

$$M_1 = \frac{\left(\sum_{i=1}^N m_i \phi_{i1} \right)^2}{\sum_{i=1}^N m_i \phi_{i1}} \quad (1.15)$$

$$W = \sum_{i=1}^N w_i = \sum_{i=1}^N m_i g \quad (1.16)$$

$$\alpha_1 = \frac{\left(\sum_{i=1}^N w_i \phi_{i1} \right)^2}{\sum_{i=1}^N w_i \left(\sum_{i=1}^N w_i \phi_{i1} \right)^2} \quad (1.17)$$

f_{ni} : Taban kesme kuvvetinin katlara dağılımı

α_1 : Birinci doğal mod için modal kütle katsayısı

ϕ_{i1} : 1. modun i. kattaki genliği

ω_i : i. kattaki kütle

W : Binanın toplam ağırlığı

V : Taban kesme kuvveti

S_a : Spektral ivme

Olarak denklemler yazılır. Bulunan taban kesme kuvvetinin katlara dağıtılması;

$$f_{n1} = \alpha_1 W \frac{w_n \phi_{n1}}{\sum_{i=1}^N w_i \phi_{i1}} S_{a1} \quad (1.18)$$

olarak yapılır. Tanımlana bu yatay kuvvetler altında V_{n1} yatay kat yerdeğiştirmeleri ve Δ_N en üst kat olan N. kat yerdeğiştirmesi sistemin özelliklerini kullanarak bulunabilir:

$$V_{n1} = \Gamma_1 \phi_{n1} S_{d1} = \frac{\sum_{i=1}^N m_i \phi_{i1}}{\sum_{i=1}^N m_i \phi_{i1}} S_{d1} \quad (1.19)$$

$$\Delta_N = \Gamma_1 \phi_{N1} S_{d1} \quad (1.20)$$

Burada S_{a1} ve S_{d1} birinci moda ait spektral ivme ve yerdeğiştirme değerleri, Γ_1 birinci modda kütle katılım katsayısı ve ϕ_{N1} ise birinci modda en üst kata ait yerdeğiştirme değeridir. Bundan sonra daima birinci mod söz konusu olacağı için bu indis yazılmadan ifadeler;

$$S_a = \frac{V_b}{\alpha_1 W} \quad (1.21)$$

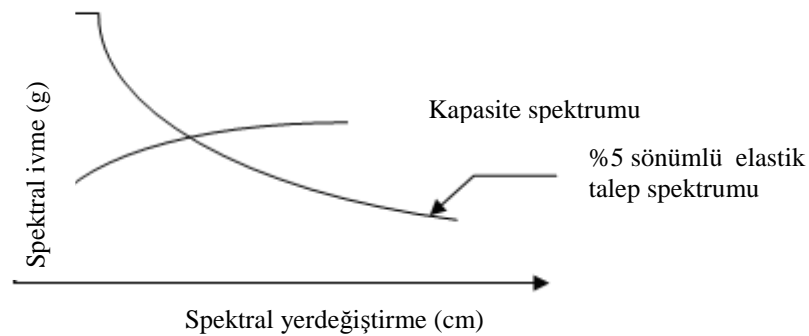
$$S_d = \frac{\Delta_N}{\Gamma_1 \phi_{N1}} \quad (1.22)$$

olarak basitleştirilebilir. Böylece bir sisteme etkiyen V_b taban kesme kuvveti (toplam yatay deprem yükü) ile Δ_N en üst katın yerdeğiştirmesi arasındaki mevcut olan bağıntı, yukarıdaki ifadeler kullanılarak S_a-S_d düzleminde bir spektrum eğrisine dönüştürülür. Bulunacak $V_b-\Delta_N$ bağıntısı dolayısıyla S_a-S_d eğrisi taşıyıcı sistemin geometrik boyutları yanında kesit kapasitelerine de bağılı olacağı için Kapasite Spektrum eğrisi olarak isimlendirilir. Burada, Sisteme etkiyen V_b toplam yükün sistemdeki dağılımı (1.19)'da verildiğı gibi, birinci mod ve kat ağırlıkları ile orantılıdır.

1.7.6. Kapasite ve talep spektrumunun kesişmesi

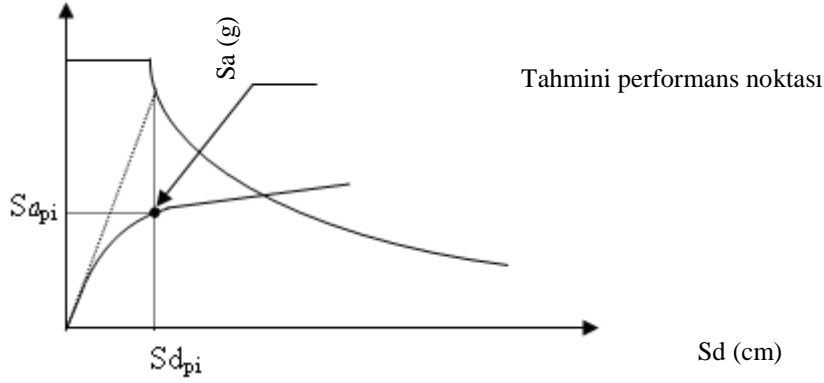
Bu yöntemde performans noktasına ulaşılırken yapılacak iterasyonlar el ile veya bilgisayarla yapılabilir. Bunun için,

1. %5 sönümlü elastik deprem spektrumunu çizilir.
2. (1.18), (1.17), (1.21) ve (1.22) denklemlerinden yararlanarak kapasite eğrisini kapasite spektrumuna dönüştürülür. Kapasite eğrisi ile %5 sönümlü elastik talep spektrumunu Şekil 1.10'daki gibi aynı grafikte gösterilir.



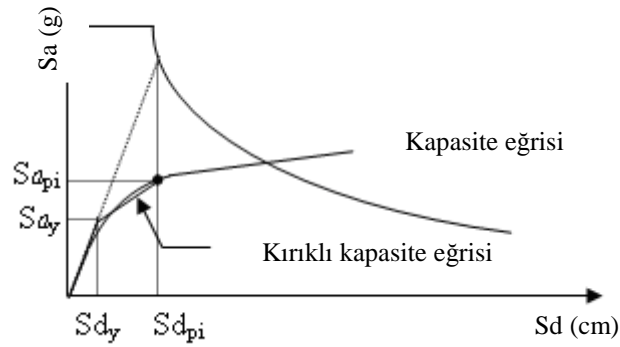
Şekil 1.10. Kapasite spektrumu A işleminin ikinci adımı

3. Şekil 1.11'de gösterildiği gibi tahmini (eşit yerdeğiştirme yaklaşımı ile seçim tavsiye edilir) bir başlangıç Sa_{pi} , Sd_{pi} performans noktası belirlenir.



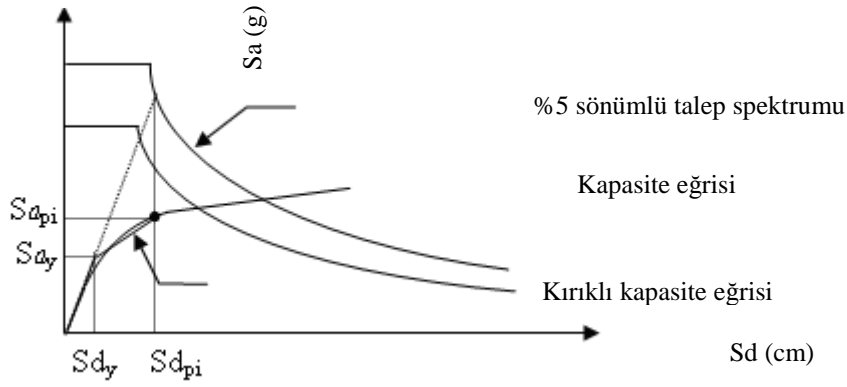
Şekil 1.11. Kapasite spektrumu A işlemi üçüncü adımı

4. Kapasite spektrumunun geliştirilmesi konusundaki işlemleri kullanarak kırıklı kapasite spektrumunu oluşturulur (Şekil 1.12).



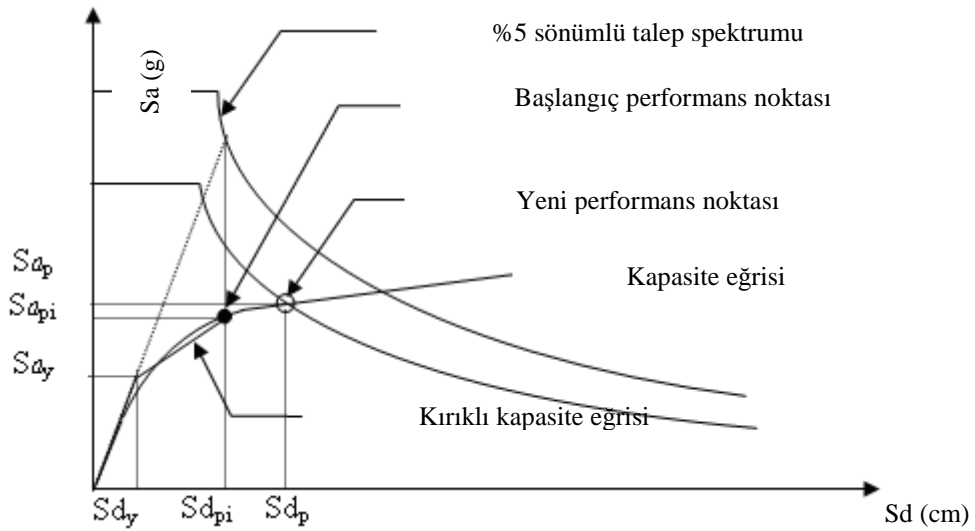
Şekil 1.12. Kapasite spektrumu A işlemi dördüncü adımı

5. Denklem (1.17) ve (1.18) kullanılarak SR_A ve SR_V hesaplanır. %5 sönümlü talep spektrumundan bu azaltma katsayıları ile azaltılmış talep spektrumuna geçilir. Şekil 1.13' de gösterildiği gibi kapasite spektrumu ile azaltılmış talep spektrumunu aynı grafikte çizilir.



Şekil 1.13. Kapasite spektrumu A işlemi beşinci adımı

6. Kapasite spektrumu ile azaltılmış talep spektrumunun kesiştiği nokta belirlenir. $(S_{a_{pi}}$ ve $S_{d_{pi}}$) noktasının kesiştiği nokta kabul edilebilir yaklaşıklıkta olursa yeterlidir.



Şekil 1.14. Kapasite spektrumu A işlemi altıncı adımı

7. Eğer $(S_{a_{pi}}$ ve $S_{d_{pi}}$) noktası kabul edilebilir yakınlıkta değilse dördüncü adıma dönülür.

8. Eğer $(S_{a_{pi}}$ ve $S_{d_{pi}}$) noktası kabul edilebilir yakınlıkta (%5) ise $(S_{a_{pi}}$ ve $S_{d_{pi}}$) noktası kabul performans $(S_{a_p}$ ve $S_{d_p})$ noktasıdır.

1.8.Performans Noktasının Kabul Kriterleri

Bu durumlar ATC-40'da (ATC-40, 1996) verilmiş olup bina ve elemanlar için olmak üzere iki sınıfta incelenir.

Binanın tümü için ön görülür ve kriter içerisinde global olarak yatay yük kapasitesi, düşey yük kapasitesi ve katlar arası rölatif ötelenmeler bulunur. Yatay yük arttıkça oluşan plastik mafsallarla yatay yük kapasitesi %20'den fazla azalmamalıdır. Eğer azalma oluyorsa güçlendirme yapılmalıdır. Bu şekilde deprem etkisindeki yüklemeler sonucu oluşacak dayanım azalması sınırlandırılır. Maksimum yatay ötelenmeler Tablo 1.16 ile sınırlandırılmalıdır. Tablo 1.16'daki yatay ötelenmeler, katlar arası yerdeğiştirmenin kat yüksekliğine oranına göre verilmiştir (ATC-40, 1996).

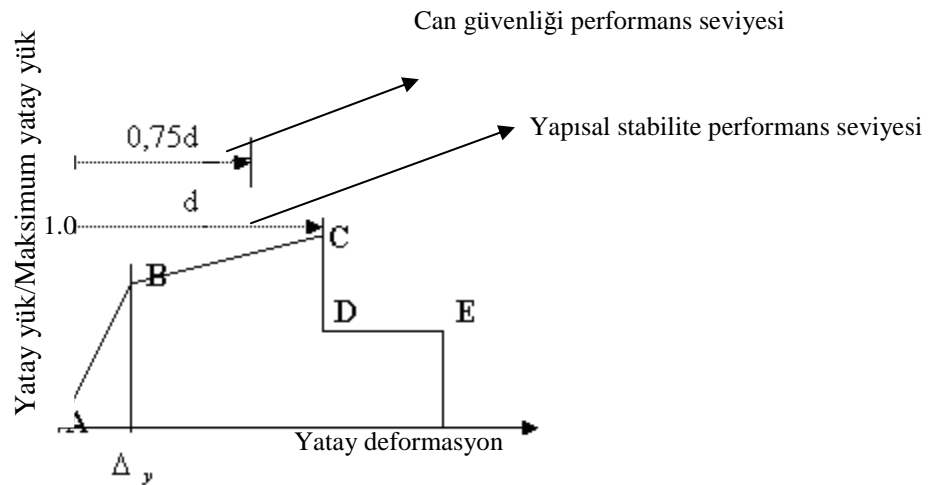
Tablo 1.16. Maksimum yatay ötelenmeler

Katlar arası yerdeğiştirme / Kat yüksekliği	Performans Seviyeleri			
	Hemen Kullanım	Kontrollü Hasar	Can Güvenliği	Yapısal Stabilite
Maksimum toplam ötelenme oranı	0,01	0,01-0,02	0,02	$0,33 \frac{V_i}{P_i}$
Maksimum elastik ötesi yerdeğiştirme oranı	0,005	0,005-0,015	Limitsiz	Limitsiz

Eleman için,

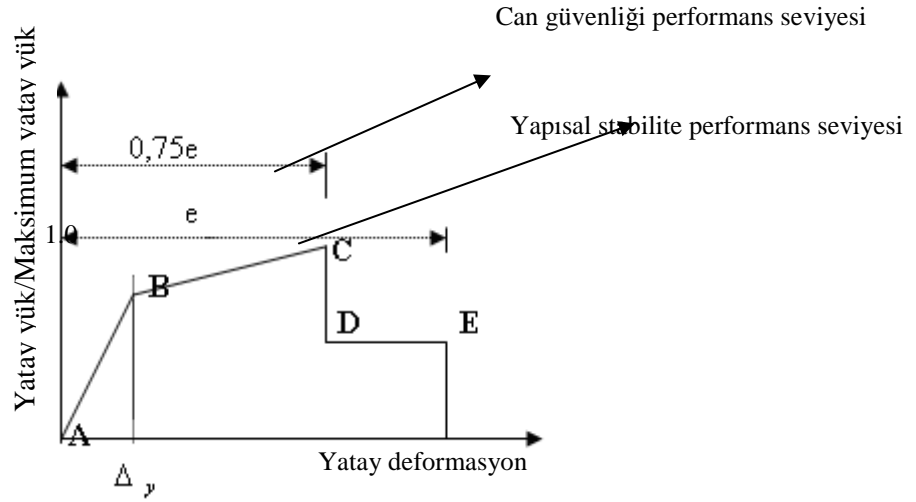
1. Öncelikle bina elemanlar taşıyıcı ve taşıyıcı olmayanlar elemanlar şeklinde ikiye ayrılır.
2. Farklı cins elemanlar sınıflandırılır. Bunlar perdeler, rijit duvarlar, diyaframlar, döşeme-kolon ve kiriş-kolon çerçeveler, düzenli ve düzensiz açıklıklı duvarlar ve temellerdir.
3. Performans noktasındaki yatay yükleme direncine bağlı olarak birincil ve ikincil taşıyıcılar belirlenir. Performans noktasındaki güç ve yatay rijitliklerin çoğunu karşılayan parçalar birincil taşıyıcılardır.

Elemanlar için birincil hareketler: Yatay yük kapasitesinin azalmaya başladığı deformasyon yapısal stabilite performans seviyesindeki eleman deformasyon kapasitesidir. Şekil 1.15’de elemanlar için birincil hareketler gösterilmektedir.



Şekil 1.15. Elemanlar için birincil hareketler

Elemanlar için ikincil hareketler: Düşey yük kapasitesinin bittiği deformasyon yapısal stabilite performans seviyesindeki eleman deformasyon kapasitesidir. Şekil 1.16’da elemanlar için ikincil hareketler gösterilmektedir.



Şekil 1.16. Elemanlar için ikincil hareketler

4. Belirlenen her bir elemanın performans noktasındaki gerilme-şekildeğiştirmeleri hesaplanarak performans noktasının sağlanıp sağlanmadığı kontrol edilir.

5. Kritik etki ve eleman türüne göre kabul edilir.

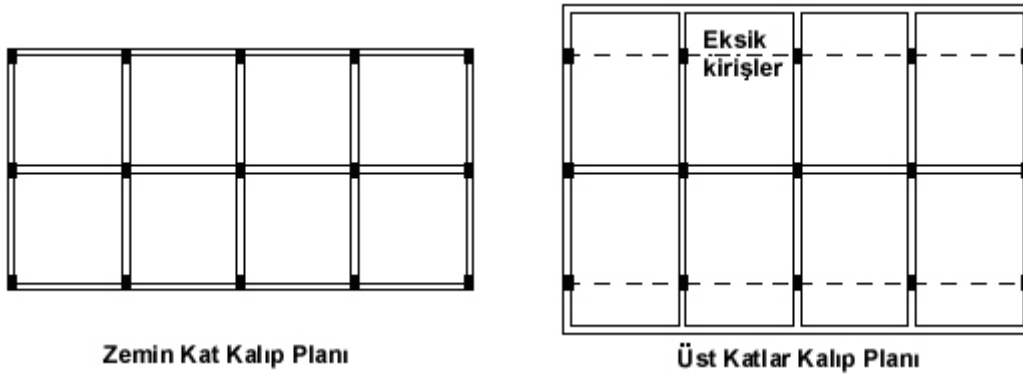
6. Kolon ve kirişlerdeki plastik mafsal dönmeleri, kolon-kiriş birleşim bölgelerindeki kesme kuvvetinin oluşturulacağı kayma kabul sınırları gözönüne alınmalıdır.

Bu incelemelerden sonra binanın birincil yani ana taşıyıcılarında daha küçük plastik mafsal dönmelerine izin verildiği, sünekliği büyük kuvvetli boyuna donatının olmadığı etriyeli kesitlerde ise daha büyük dönmelere izin verildiği görülmektedir.

BÖLÜM 2.

2.1.Giriş

Türkiye'deki sıradan betonarme binalarda çıkmalar bina düzensizliklerinin en başta gelen sebeplerinden biridir. Bu çıkmalar tarihsel olarak süre gelen cumbalı ev kültürünün de bir devamı olduğundan terk edilmesi oldukça zor görünmektedir. Mimari çıkmaların yapı davranışı üzerindeki etkisi çeşitli araştırmacılar tarafından derinlemesine incelenmiştir. Ancak, bu mimari çıkmalardan ötürü kaynaklanan dolaylı ve fakat kimi zaman çıkmanın kendisinden daha tehlikeli bir başka fenomen, çevre çerçeve kirişi süreksizliği, henüz literatürde incelenmiş bir konu değildir. Bu tezde STA4-CAD paket programı kullanılarak çevre çerçeve kirişi eksikliğinin doğrusal hesaplamalar ışığında etkileri, modelleme teknikleri, yapı dinamik özelliklerinin değişimi, yapı sünekliğinin ve yapı toplam dayanımının değişimi 12 örnek bina üzerinde incelenmiştir. Çevre çerçeve kirişi süreksizliği olarak adlandırılabilen fenomen kısaca yapı taşıyıcı sisteminde nispeten çok daha zayıf çerçeveler oluşturulması olarak açıklanabilir. Bu durumda esasen çerçevelerden bazıları kirişsiz döşeme çerçevesi gibi çalışmakta iken geri kalanlar ise kirişli döşeme çerçevesi şeklinde çalışmaya devam etmektedir. Bazı durumlarda yapı tamamen kirişli döşemeye sahip bir yapı gibi analiz edilip inşa edilmesine rağmen, bir yönde kirişli diğer yönde ise kirişsiz döşeme davranışı bile sergileyebilir. (Bkz. Şekil 2.1 ve Şekil 2.2)



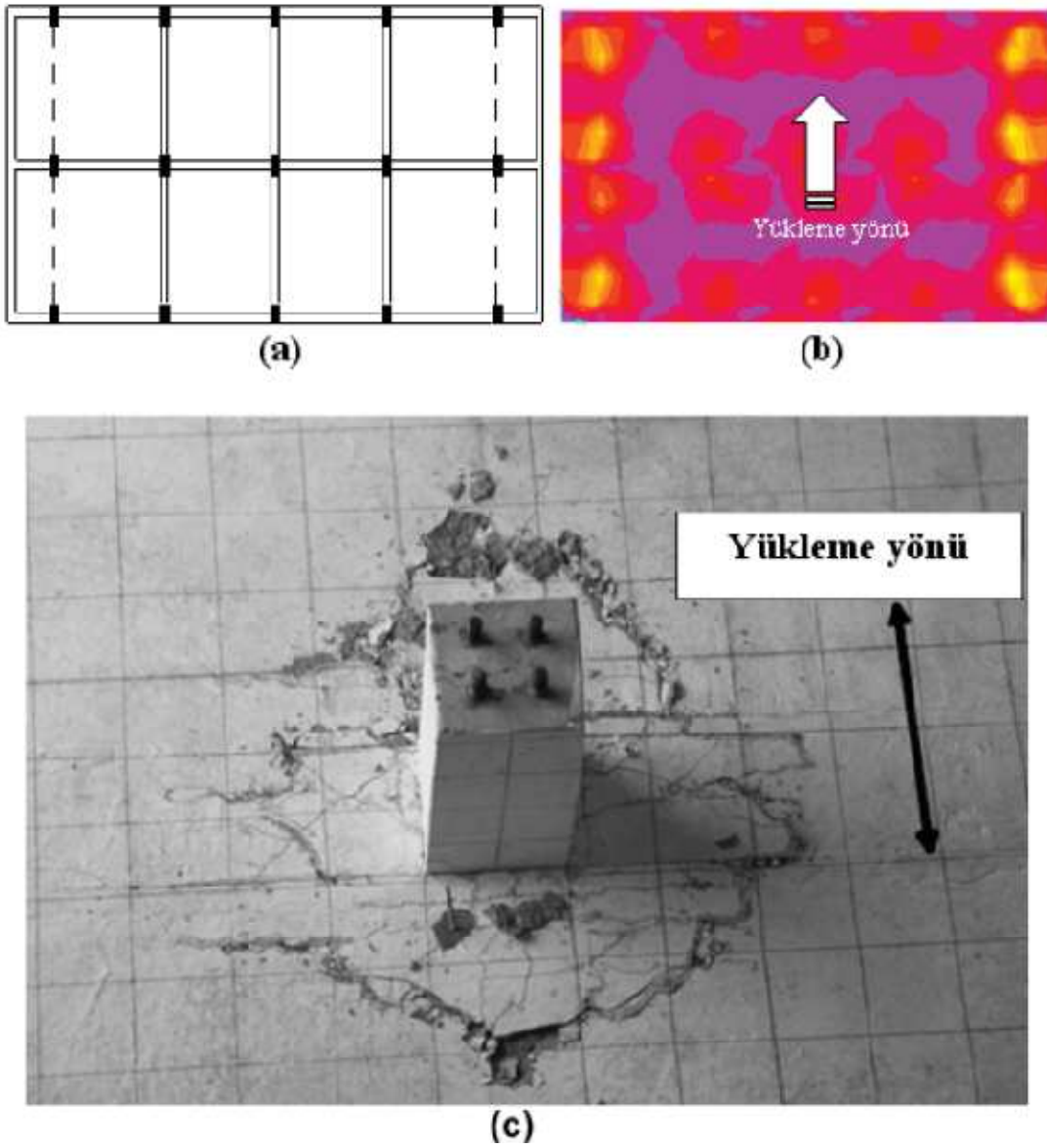
Şekil 2.1. Çevre çerçeve kirişi eksikliğinin bina planında yaptığı değişim



Şekil 2.2. Gerçek binalardan zayıflatılmış çevre çerçeve örnekleri

2.2. Çevre Çerçeve Kirişleri Olmayan Yapının Davranışı

Aralarından kirişleri dışa ötelenerek döşeme parçası bırakılan kolonlar ve bu kolonların arasında kalan döşeme parçası, tahmini çok da kolay olmayan davranışlar sergilemektedirler. Yatay taşıyıcı sistemin doğası iki kolon arasındaki eksik kirişli talep etmekte olduğu, bu kirişin yerine konulan ince döşeme parçasının ise kiriş gibi davranma eğilimi gösterdiği başka çalışmalarda da zikredilmiştir. (Bal ve Özdemir, 2001). Bu tip “kirişimsi” davranışı, kısaca kolonlar arasındaki döşemenin kolonlara yakın bölgelerinde kayma gerilmelerinin olağanüstü artması, açıklık ortasında ise neredeyse yok olması şeklinde tarif edilebilir. (Bkz. Şekil 2.3)



Şekil 2.3.(a). Örnek binanın 1. kat kalıp planı, (b) Örnek binanın döşeme-kolon birleşiminde depremden kaynaklanan kayma gerilmesi yığılması, (c) gerçekleştirilen bir test sonucunda dengelenmemiş momentlerden (unbalanced moments) kaynaklanan hasar (Han ve diğ., 2005)

2.2.1. Matematik modelleme

İçlerinde TS500'ün de bulunduğu çeşitli yönetmelikler tarafından kolonlar arasında kalan döşeme parçalarının yatık ve geniş eşdeğer kirişler şeklinde modellenmesine müsaade edilmiştir. Bu tip kirişsiz döşemeli yapıların hesabı için TS500 biri “çerçeve metodu” ötekisi ise “moment katsayıları metodu” isimli iki metot önermektedir.

Benzer şekilde ACI318 de “etkili kiriş genişliği” ve “eşdeğer çerçeve” isimli yöntemleri kullanıcılara önermektedir. Etkili kiriş genişliği metodu kolonlar arasındaki döşeme davranışını kolonlar arasına yerleştirilen eğilme elemanları ile temsil etmeyi amaçlamaktadır. Eşdeğer çerçeve yöntemi ise burulma etkisini de hesaba katabilmek için kolonlar arasında belirli oranda burulma da alan eğilme elemanlarını kullanmaktadır. Bu tezde kullanılan yöntem etkili kiriş genişliği yönteminin uyarlanmış halidir. Döşeme bantlarının kiriş olarak modellenmesi için öncelikle bu temsili kirişlerin genişliklerinin saptanması gerekmektedir. Bu genişliğin tarif edilmesi için önerilen yöntemlerin hemen hepsi lineer kolon-döşeme birleşimi davranışı kabulüne dayanmaktadır. ACI 318’de çok daha geniş kiriş-kolon birleşimlerine izin verilmektedir ancak bu birleşimin sağlıklı olabilmesi için döşeme içerisinde oluşturulan gizli kirişin özel etriyelerle sarılması istenmektedir. Ancak bu teze konu olan sistemlerde kolonlar arasında kalan döşeme parçası, hiçbir özel donatısı bulunmayan sıradan döşemelerden müteşekkildir. Bu durumda döşemenin gerçekleştireceği kirişimsi davranışı modelde tarif edebilmek için gerek TS500 ve gerekse ACI 318 tarafından önerilen temsili kiriş genişliklerini kabul edip modeli buna göre kurmak yanlış olacaktır. Düşey yükler altında döşeme bantlarının momentleri devam eden döşeme bantları tarafından karşılanır (balanced moments). Deprem gibi yatay yükler altında ise kirişlerin momentleri kolonlar tarafından karşılanır (unbalanced moments). Bu durum bilindiğinden, özellikle yatay yüklerin göz önüne alındığı durumlarda, kiriş genişliği kolon mesnet genişliği ve kiriş derinliği toplamı ile sınırlandırılmıştır. Burada amaç kiriş donatısının kolon içinden geçmesi ve kolonla birlikte moment aktarabilen bütünleşik bir sistem oluşturulmasıdır. (Paulay ve Priestley,1992). Bu tip bir sınırlama TS 500, ABYYHY 1998 ve DBYBHY 2001’da da bulunmaktadır. Bu tezde kullanılan modellerde temsili kiriş genişliği olarak kolon mesnet boyu ve döşeme kalınlığının toplamı alınmıştır. Çok katlı yapıların tasarımında ve modellenmesinde kullanılan en yaygın kabullerden biri de kat döşemesinin kendi düzlemi içerisinde neredeyse hiç şekil değiştirme yapmadığı, yani rijit diyafram olarak çalıştığıdır. Bu kabul analizleri oldukça kolaylaştırır çünkü tüm katın yatay yük altındaki davranışı tek bir “birincil” düğüm noktası ile tarif edilebilir, diğer noktalar ise “ikincil” düğüm noktası olarak atanır. Bu da çözümdeki denklem sayısını ve çözüm matrisinin büyüklüğünü azaltır. Bu kabul, döşemenin sağlıklı kiriş ve çerçeve sistemine sahip olduğu ve döşeme ile

düŖey taŖıyıcılar arasındaki entegrasyonun tam olduğu durumlarda oldukça doğru sonuçlar vermektedir. Ancak, düŖey taŖıyıcı sistem ile çıplak kiriŖsiz döŖeme parçasının arasındaki entegrasyon çok az bir yatay yükleme altında dahi kaybolmakta ve döŖeme, yük aktarımındaki etkinliğini kısmen kaybetmektedir.

BÖLÜM 3. MEVCUT BİNALARIN DEĞERLENDİRİLMESİ VE GÜÇLENDİRİLMESİ

DBYBHY'07'nin bu bölümünde, deprem bölgelerinde bulunan mevcut ve güçlendirilecek tüm binaların ve bina türü yapıların deprem etkileri altındaki performanslarının değerlendirilmesinde uygulanacak hesap kuralları, güçlendirme kararlarında esas alınacak ilkeler ve güçlendirilmesine karar verilen binaların güçlendirme tasarımı ilkeleri verilmiştir. Bölüm 7 'Mevcut Binaların Değerlendirilmesi Ve Güçlendirilmesi' ana konu başlıkları özetle şu şekildedir;

Binalardan Bilgi Toplanması

Yapı Elemanlarında Hasar Sınırları Ve Hasar Bölgeleri,

Deprem Hesabına İlişkin Genel İlke Ve Kurallar,

Depremde Bina Performansının Doğrusal Elastik Hesap Yöntemleri İle Belirlenmesi

Depremde Bina Performansının Doğrusal Elastik Olmayan Hesap Yöntemleri İle Belirlenmesi

Bina Deprem Performansının Belirlenmesi

Binaların Güçlendirmesi

Betonarme Binaların Güçlendirmesi

3.1. Binalardan Bilgi Toplanması

Mevcut binaların ve bina türü deprem dayanımlarının değerlendirilmesi için binalardan ne tür veriler toplanacağı ve ne şekilde dikkate alınacağına dair kurallar bu bölümde tanımlanmıştır. Madde 7.2.1.2 uyarınca binalardan bilgi toplanması kapsamında yapılacak işlemler özetle şu şekilde verilmiştir;

Yapısal Sistemin Tanımlanması,
 Bina Geometrisinin, Temel Sisteminin Ve Zemin Özelliklerinin Belirlenmesi,
 Varsa Hasarı Ve Evvelce Yapılmış Değişiklik Veya Onarımların Belirlenmesi,
 Eleman Boyutlarının Ölçülmesi,
 Malzeme Özelliklerinin Saptanması,
 Sahada Derlenen Tüm Bilgilerin Varsa Projesine Uygunluğunun Kontrolü.

3.2. Bilgi Düzeyleri ve Bilgi Düzeyi Katsayıları

Deprem dayanımı değerlendirecek mevcut binalar için, Madde 7.2.1.2 uyarınca istenilen bilgilerin yeterli düzeyde edilemeyeceği durumlar söz konusu olabilmektedir. Örneğin deprem dayanımı incelenecek bir binanın projesi olmayabilir veya yapı sistemin tanımlanması, bina geometrisi, temel sisteminin ve zemin özelliklerinin belirlenmesinde kimi zaman bina fiziki ve çevresel şartlardan dolayı yeterli incelemelerin yapılamaması söz konusu olabilmektedir. Yani binadan istenilen bilgi toplanamaması durumunda eldeki bilgilerin ne şekilde dikkate alınacağı yönetmelik “bilgi düzeyleri” ve bunlarla ilgili “bilgi düzeyi katsayıları”na yansıtılmıştır.

DBYBHY’07 bilgi düzeyleri şu şekilde sınıflandırılmıştır;

Sınırlı bilgi düzeyi,
 Orta bilgi düzeyi,
 Kapsamlı bilgi düzeyi.

Mevcut bir bina hakkında toplanan verilerin yukarıda belirtilen bilgi düzeylerinin hangisine dahil olduğunu belirlememiz için, bu bilgilerin yapıdan nasıl toplanacağı yönetmelikte belirtilmiştir.

Toplanan veriler ışığında ilgili binanın hangi bilgi düzeyine ait olduğunu belirledikten sonra, eleman kapasitelerine uygulanacak bilgi düzeyi katsayıları yönetmelikte aşağıdaki gibi verilmiştir (Tablo 2.1). Yönetmelikte, eleman

kapasiteleri hesabında mevcut malzeme dayanımları kullanılmasını ve özellikle belirtilmedikçe ilgili yönetmeliklerde verilen katsayılara ayrıca bölünmeyeceğini belirtmiştir. Ayrıca her bir bilgi düzeyinin bina geometrisi, eleman detayları ve malzeme özellikleri bakımından neler içermesi gerektiği betonarme, çelik, prefabrik ve yığma yapılar için ayrı ayrı verilmiştir.

Tablo 3.1. Binalar için bilgi düzeyi katsayıları

Bilgi Düzeyi	Bilgi Düzeyi Katsayısı
Sınırlı	0,75
Orta	0,90
Kapsamlı	1,00

3.3. Mevcut Bina Envanter Çalışmaları

Yönetmeliğin 7.4.2 'te açıklanan betonarme binaların bilgi düzeylerinin oluşturulması için yapılması gerekli bina envanter çalışmasında;

Bina Geometri bilgileri için, öncelikle binaya ait projenin elde edilmesi, yoksa rölövesinin çıkarılması ile binanın temel sistemini, tüm betonarme elemanların ve bölme duvarların her kattaki yerini, eksen açıklıklarını, yüksekliklerini ve boyutlarını içeren ve binanın hesap modelinin oluşturulması için yeterli olacak donelerin tespit edilmelidir. Ayrıca binada varsa kısa kolonlar ve benzeri olumsuzluklar kat planına ve kesitlere islenmeli, binanın komşu binalarla olan ilişkisi belirlenir. Bina Eleman Detayları bilgileri için, betonarme projeler veya uygulama çizimlerinin bulunmadığı durumlarda betonarme elemanlardaki donatı miktarı ve donatı koşullarını için bazı kabuller yapılır. Sınıflandırılmış bilgi düzeylerine göre yapılan varsayımların doğruluğu araştırılır.

Kolon ve kirişlerin her birinden belirli oranlarda eleman pas payları sıyrılarak donatı ve donatı bindirme boyu tespiti yapılır.

Enine ve boyuna donatı sayısı ve yerleşimi donatı tespit cihazları ile belirlenir. Donatı tespiti yapılan betonarme kolon ve kirişler için, mevcut donatının minimum donatıya oranını ifade eden ‘ donatı gerçekleştirme katsayısı ’ kolonlar ve kirişler için ayrı ayrı belirlenir. Bu işlemin binaya ait tüm elemanlar için yapılması çok zordur. Yönetmelik bu katsayının donatı tespiti yapılmayan diğer tüm elemanlara donatı miktarları belirlenmesi için uygulanabileceğini ifade eder.

Bina Malzeme Özellikleri bilgileri için, bina eleman kapasite hesaplarında dikkate alınacak olan, söz konusu binayı tanımlayan ve binanın performansını etkileyen iki güçlü unsurun yani beton için basınç dayanımı ve donatı sınıfı için ise çelik karakteristik akma dayanımı tespit edilir.

Yukarıda ifade edilen çalışmaların nasıl yapılacağı yönetmeliğin ilgili bölümünde ayrıntılı bir biçimde belirtilmiştir.

3.4. Bina Yapı Elemanlarında Hasar Sınırları Ve Hasar Bölgeleri

3.4.1. Kırılma türleri

Kırılma türü kesme olan gevrek kiriş, kolon ve perdelerin etki/kapasite oranları, kritik kesitlerde hesaptan elde edilen kesme kuvvetinin TS-500 (Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları)’e göre hesaplanan kesme kuvveti dayanımına bölünmesi ile elde edilir. 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’07 7.2’ 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. Yönetmelikte betonarme elemanlar, kırılma türü eğilme ise “sünek”, kesme ise “gevrek” olarak belirtilmiştir.

3.4.2. Kesit hasar sınırları

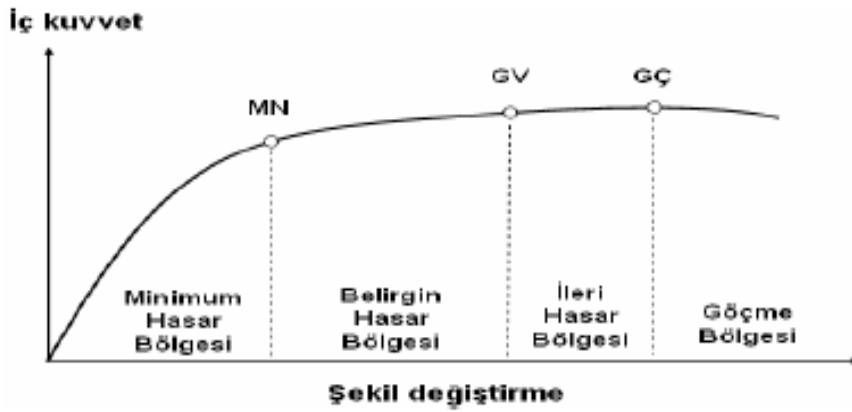
Kesit düzeyinde hasar sınırları için ise sünek elemanlarda 3 durum verilmiştir. Minimum Hasar Sınırı (MN) kesitte elastik ötesi davranışın başlangıcını, Güvenlik Sınırı (GV) kesitin dayanımını güvenli sağlayabileceği elastik ötesi davranışın sınırını, Göçme Sınırı (GÇ) ise kesitin göçme öncesi davranışını tanımlamaktadır. Gevrek elemanlarda ise elastik ötesi davranışın oluşmasına izin verilmez.

3.4.3. Kesit hasar bölgeleri

Kritik kesitleri hesap bölgelerine göre sınıflandırılmış olup Şekil. 3.1.’de bu hasar bölgeleri şematik olarak gösterilmiştir.

Yönetmelik eleman hasarını, elemanın en fazla hasarlı kesitine göre belirleneceğini ifade eder.

MN’ ye ulaşmayan elemanlar minimum hasar bölgesinde,
 MN ile GV arasında kalan elemanlar belirgin hasar bölgesinde,
 GV ve GÇ arasında kalan elemanlar ileri hasar bölgesinde,
 GÇ’ yi aşan elemanlar ise göçme bölgesinde olduğu kabul edilir.



Şekil 3.1. Yapı elemanlarında kesit hasar sınırları ve hasar bölgeleri

3.5. Deprem Hesabına İlişkin Genel İlke ve Kurallar

Bütün tasarım yönetmeliklerinde olduğu gibi, bu deprem yönetmeliğine göre depreme dayanıklı tasarımın genel ilkesi; hafif şiddetteki depremlerde yapısal ve yapısal olmayan sistem elemanlarının hasar görmemesi, orta şiddetteki depremlerde yapısal ve yapısal olmayan elemanlardaki hasarın onarılabilir düzeyde olması, şiddetli depremlerde ise can kaybını önlemek amacı ile binaların kısmen veya tamamen göçmesinin önlenmesidir.

DBYBHY'07-7. Bölümü'ne göre ise, deprem hesabının amacı, mevcut ve güçlendirilmiş binaların deprem performansını belirlemek içindir. Bina performansını belirlemek için kullanılacak yöntemler aynı bölümde detaylı olarak verilmiştir. Bu yöntemlerde geçerli olan genel ilke ve kurallar şu şekildedir;

a) Deprem etkisinin tanımında, elastik (azaltılmamış) ivme spektrumu kullanılacaktır, ancak farklı aşılma olasılıkları için yönetmeliğin bu bölümünde verilen değişiklikler göz önüne alınacaktır.

b) Deprem hesabında bina önem katsayısı uygulanmayacaktır. ($I=1,0$)

c) Deprem kuvvetleri binaya her iki doğrultuda ve her iki yönde ayrı ayrı etkitilecektir.

- d) Zemin özellikleri yine yönetmeliğin ilgili bölümüne göre belirlenecektir.
- e) Kat ağırlıklarının hesabında ve her kat için tanımlanacak serbestlik derecelerinin sayısında yönetmelikte eskiye göre herhangi bir değişiklik yoktur. Ancak tanımlanan kat kütlelerine ayrıca bir ek dışmerkezlilik uygulanmayacaktır.
- f) Kısa kolon durumunda düşürülmüş olan kolonlar, taşıyıcı sistem modelinde gerçek serbest boyları ile tanımlanacaktır.
- g) Betonarme sistemlerin eleman boyutlarının tanımında birleşim bölgeleri sonsuz rijit uç bölgeleri olacak göz önüne alınacaktır.
- h) Betonarme tablalı kirişlerin plastik moment kapasitelerinin hesabında tabla betonu ve içindeki donatı da dikkate alınabilir.
- i) Betonarme elemanlarda kenetlenme ve bindirme boyunun yetersiz olması durumunda, kesit kapasite hesabında ilgili donatı akma gerilmesi kenetlenme veya bindirme boyundaki eksiklik oranında azaltılacaktır. Bu oran %30'dan fazla ise eleman bu yönetmelikte tanımlanan gevrek eleman olarak sınıflanır.

Yukarıda belirtilen kurallarda DBYBHY'06'da, betonarme elemanların modellenmesinde çatlama kesit özelliklerinin kullanılması, doğrusal olmayan yöntemler için verilmişti. DBYBHY'07 Madde 7.4'te, gerek doğrusal gerekse de doğrusal olmayan yöntemler için,

çatlama kesite ait etkin eğilme rijitlikleri kullanımı getirilmiştir. (Madde 7.4.13- Eğilme etkisindeki betonarme elemanlarda çatlama kesite ait etkin eğilme rijitlikleri (EI)e kullanılacaktır)

3.6. Depremde Bina Performansının Doğrusal Elastik Yöntemler ile Belirlenmesi

DBYBHY'07 7. Maddesinde bina performansının değerlendirilmesi, doğrusal yöntemler ve doğrusal olmayan yöntem olarak 2 ana grupta toplanmıştır. Binaların deprem performanslarının belirlenmesi için kullanılacak doğrusal elastik hesap yöntemleri, Madde 7.5.1'de tanımlanmış, uygulamaya yönelik ek kurallar verilmiştir. Doğrusal yöntemler, Eşdeğer Deprem Yüğü ve Mod Birleştirme Yöntemi olarak 2 ayrı yöntem olarak yönetmelikte önerilmiştir. Bu tez kapsamında doğrusal eşdeğer deprem yüğü yöntemi kullanılarak betonarme bir binanın performansı irdelenmiştir.

Eşdeğer deprem yüğü yönteminde Yönetmelik Bölüm 2'den tek fark taban kesme kuvveti V_t hesabıdır. Buna göre; doğrusal eşdeğer deprem yüğü yöntemi, bodrum üzerinde toplam yüksekliği 25 metreyi ve toplam kat sayısı 8'i aşmayan, ek dışmerkezlik göz önüne alınmaksızın hesaplanan burulma düzensizliği katsayısı $\eta_{bi} < 2,0$ olan binalarda uygulanabilmektedir.

$$V_t = \frac{W \cdot A \cdot (T_1)}{R_a \cdot (T_1)} \text{ taban kesme kuvveti hesabı için;}$$

$R_a=1$ alınacak,

Denklemin sağ tarafı bir λ katsayısı ile çarpılacak,

“ λ ” bodrum hariç 1 ve 2 katlı binalarda 1,0, diğerlerinde 0,85 alınacaktır.

(Birinci titreşim modunun hakim olduğu bu tür binalarda, birinci moda ait etkin kütlelerin genel olarak bina ağırlığının % 85'ini geçmemektedir.)

3.7. Yapı Elemanlarında Hasar Düzeylerinin Belirlenmesi

Doğrusal elastik hesap yönteminde, bir yapısal elemanın hasar durumunu belirlemek için etki/kapasite oranı olarak tanımlanan bir “ r ” sayısı kullanılır. Bu oran kolon, kiriş ve perde gibi yapısal elemanların her bir kritik kesitinde hesaplanır.

Hasar sınırını belirleyen “etki/kapasite” (r) oranı, eleman kesitine gelen deprem etkisinin, kesit artık kapasite momentine bölünmesi ile elde edilir. Bir elemanın hangi hasar bölgesinde olduğunu, o elemanın en çok hasarlı olan kesiti belirler. Bir elemanda birbirine dik 2 deprem doğrultusu için her iki yönde de “ r ” sayıları hesaplanır. İlerleyen bölümlerde kolon, kiriş ve perdelerde “ r ” sayılarının nasıl hesaplandığı ve hasar seviyesinin nasıl belirlendiği detaylı şekilde anlatılmıştır.

Kritik kesitlerde hesaplanan “ r ” sayıları, DBYBHY’07 Tablo 7.2, 7.3 ve 7.5’de verilen sınır değerler ($r_{sınır}$) ile karşılaştırılarak kesitin hangi hasar bölgesinde olduğu belirlenir.

Tablo.3.2 Betonarme Kirişler İçin Hasar Sınırlarını Tanımlayan Etki/Kapasite Oranları (r)

Sünek Kirişler			Hasar Sınırı		
$\frac{\rho - \rho'}{\rho_b}$	Sargılama	$\frac{V_e}{b_w d f_{ctm}}(1)$	MN	GV	GÇ
$\leq 0,0$	Var	$\leq 0,65$	3	7	10
$\leq 0,0$	Var	$\geq 1,30$	2,5	5	8
$\geq 0,5$	Var	$\leq 0,65$	3	5	7
$\geq 0,5$	Var	$\geq 1,30$	2,5	4	5
$\leq 0,0$	Yok	$\leq 0,65$	2,5	4	6
$\leq 0,0$	Yok	$\geq 1,30$	2	3	5
$\geq 0,5$	Yok	$\leq 0,65$	2	3	5
$\geq 0,5$	Yok	$\geq 1,30$	1,5	2,5	4

Tablo.3.3 Betonarme Kolonlar İçin Hasar Sınırlarını Tanımlayan Etki/Kapasite Oranları (r)

Sünek Kirişler			Hasar Sınırı		
$\frac{N_K}{A_c f_{cm}}$ (1)	Sargılama	$\frac{V_e}{b_w d f_{ctm}}$ (2)	MN	GV	GÇ
$\leq 0,1$	Var	$\leq 0,65$	3	6	8
$\leq 0,1$	Var	$\geq 1,30$	2,5	5	6
$\geq 0,4$ ve $\leq 0,7$	Var	$\leq 0,65$	2	4	6
$\geq 0,4$ ve $\leq 0,7$	Var	$\geq 1,30$	1,5	2,5	3,5
$\leq 0,1$	Yok	$\leq 0,65$	2	3,5	5
$\leq 0,1$	Yok	$\geq 1,30$	1,5	2,5	3,5
$\geq 0,4$ ve $\leq 0,7$	Yok	$\leq 0,65$	1,5	2	3
$\geq 0,4$ ve $\leq 0,7$	Yok	$\geq 1,30$	1	1,5	2
$\geq 0,7$			1	1	1

Tablo.3.4 Betonarme Perdeler İçin Hasar Sınırlarını Tanımlayan Etki/Kapasite Oranları (r)

Sünek Perdeler	Hasar Sınırı		
Perde Uç Bölgesinde Sargılama	MN	GV	GÇ
Var	3	6	8
Yok	2	4	6

Ayrıca yönetmelikte kolon ve perdelerin görelî kat ötelenmeleri de her bir hasar sınırı için sınırlandırılmış ve bu sınırlar DBYBHY'07 Tablo 7.6'da verilmiştir.

Tablo.3.5 Göreli Kat Ötelemesi Oranları

Görelî Kat Ötelemesi Oranı	Hasar Sınırı		
	MN	GV	GÇ
δ_{ji}/h_{ji}	0,01	0,03	0,04

Kritik kesitlerde hesaplanan “r” sayıları, DBYBHY’07 tablo 7.2,7.3 ve 7.5’de verilen sınır değerler (rsınır) ile karşılaştırılarak kesitin hangi hasar bölgesinde olduğu belirlenir. Sınır değerlerin belirlenebilmesi için bütün yapısal elemanların kırılma biçimi (sünek veya gevrek) ve elemanın sargılanma durumu (var veya yok) belirlenmeli, kolon ve kirişler de ise kesme kuvveti düzeyi ($V/b_w d f_c$) hesaplanması gerekmektedir. Bunlara ek olarak kolonlarda basınç kuvveti oranı ($N/A_c f_c$) ,kirişlerde ise basınç donatısı oranı ($\rho - \rho'/\rho_b$) ‘nin hesaplanır ve bu değerlere karşılık gelen rsınır değeri tablodan alınır. Ara değerler için doğrusal enterpolasyon yapılabilir.

3.8. Bina Performans Düzeyleri (DBYBHY’07)

Bina deprem performansı, deprem etkisinde binalarda oluşması beklenen hasarın seviyesini gösterir. Daha önce de 2,2’de belirtilen performans seviyeleri, Yönetmelikte belirli bir deprem etkisi altında bina yapısal elemanlarında oluşabilecek hasarların düzeyi ve dağılımına bağlı olarak betonarme binalar için 4 adet performans düzeyleri tanımlanmıştır.

3.8.1. Hemen kullanım performans düzeyi (DBYBHY’07)

Herhangi bir katta, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda kirişlerin en fazla %10’u Belirgin Hasar Bölgesi’ne geçebilir, ancak diğer taşıyıcı elemanlarının tümü Minimum Hasar Bölgesi’ndedir. Eğer varsa, gevrek olarak hasar gören elemanların güçlendirilmeleri kaydı ile bu durumdaki binaların Hemen Kullanım Performans Düzeyi’nde olduğu kabul edilir.

3.8.2. Can güvenliği performans düzeyi (DBYBHY'07)

Eğer varsa, gevrek olarak hasar gören elemanların güçlendirilmeleri kaydı ile, aşağıdaki koşulları sağlayan binaların Can Güvenliği Performans Düzeyi'nde olduğu kabul edilir:

(a) Herhangi bir katta, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda, ikincil (yatay yük taşıyıcı sisteminde yer almayan) kirişler hariç olmak üzere, kirişlerin en fazla %30'u ve kolonların aşağıdaki (b) paragrafında tanımlanan kadar İleri Hasar Bölgesi'ne geçebilir.

(b) İleri Hasar Bölgesi'ndeki kolonların, her bir katta kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine toplam katkısı %20'nin altında olmalıdır. En üst katta İleri Hasar Bölgesi'ndeki kolonların kesme kuvvetleri toplamının, o kattaki tüm kolonların kesme kuvvetlerinin toplamına oranı en fazla %40 olabilir.

(c) Diğer taşıyıcı elemanların tümü Minimum Hasar Bölgesi veya Belirgin Hasar Bölgesi'ndedir. Ancak, herhangi bir katta alt ve üst kesitlerinin ikisinde birden Minimum Hasar Sınırı aşılmış olan kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetlerinin, o kattaki tüm kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine oranının %30'u aşmaması gerekir (Doğrusal elastik yöntemle hesapta, alt ve üst düğüm noktalarının ikisinde birden Yönetmelik Denk.(3.3)'ün sağlandığı kolonlar bu hesaba dahil edilmezler).

3.8.3. Göçme öncesi performans düzeyi (DBYBHY'07)

Gevrek olarak hasar gören tüm elemanların Göçme Bölgesi'nde olduğunun göz önüne alınması kaydı ile, aşağıdaki koşulları sağlayan binaların Göçme Öncesi Performans Düzeyi'nde olduğu kabul edilir:

(a) Herhangi bir katta, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda, ikincil (yatay yük taşıyıcı sisteminde yer almayan) kirişler hariç olmak üzere, kirişlerin en fazla %20'si Göçme Bölgesi'ne geçebilir.

(b) Diğer taşıyıcı elemanların tümü Minimum Hasar Bölgesi, Belirgin Hasar Bölgesi veya İleri Hasar Bölgesi'ndedir. Ancak, herhangi bir katta alt ve üst kesitlerinin ikisinde birden Minimum Hasar Sınırı aşılmış olan kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetlerinin, o kattaki tüm kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine oranının %30'u aşmaması gerekir.

(c) Binanın mevcut durumunda kullanımı can güvenliği bakımından sakıncalıdır.

3.8.4. Göçme durumu (DBYBHY'07)

Bina Göçme Öncesi Performans Düzeyi'ni sağlayamıyorsa Göçme Durumu'ndadır. Binanın kullanımı can güvenliği bakımından sakıncalıdır.

DBYBHY'07'ye göre, bina performans düzeyleri ve koşullarını gösterir bir çizelge, Tablo 3.6'da verilmiştir.

Tablo 3.6. 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 eleman GV seviyesini geçmemelidir.
	4. Görelî kat ötelenmesi % 1 değerini aşmamalıdır.
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. Görelî kat ötelenmesi % 3 değerini aşmamalıdır.
	5. Hiçbir düşey taşıyıcı eleman GÇ seviyesini geçmemelidir.
Göçmenin Önlenmesi (GÖ)	1. Kirişlerin en fazla %20'si GÇ seviyesini geçebilmektedir.
	2. GÇ'yi geçmiş düşey taşıyıcıların 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. Görelî kat ötelenmesi % 4 değerini aşmamalıdır.
Göçme Durumu	Göçmenin önlenmesi durumu sağlanmıyorsa, göçme durumundadır.

3.9. Binaların Kullanım Amacına Göre Hedef Performans Düzeyleri

Bir binanın hangi performans düzeyinde olduğunu ya da hedeflenen herhangi bir performans düzeyini sağlayıp sağlamadığını belirleyebilmemiz için, bütün elemanlarda hasar seviyesi belirlendikten sonra kirişlerde her bir katta adet bazında hasarlı kirişlerin yüzdesinin, kolonlarda ise hasarlı kolonların taşıması gereken kesme kuvvetinin toplam kat kesme kuvvetine oranının hesaplanması gerekmektedir.

Tablo.3.7 Farklı deprem düzeylerinde binalar için öngörülen minimum performans seviyeleri

<i>Binanın Kullanım Amacı ve Türü</i>	<i>Deprem Aşılma Olasılığı</i>		
	<i>50 yılda %50</i>	<i>50 yılda %10</i>	<i>50 yılda %2</i>
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 İçeren 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	-

Bu hesaplanan hasarlı eleman yüzdeleri, hedeflenen performans düzeyinin öngördüğü sınır değerlerle karşılaştırılarak her bir kat için performans seviyesi belirlenmiş olur.

BÖLÜM 4. STA4 PROGRAMI

4.1. STA4 Sonlu Elemanlar Programı

STA4 programı; çok katlı betonarme yapıların statik, deprem, rüzgar ve betonarme analizini entegre olarak yapan bir paket programdır. Program; statik ve betonarme analizleri, standart ve yönetmelikleri esas alacak şekilde yapabilmektedir. şartnamelerin değişmesi veya enternasyonel standartların uygulanması durumunda, parametrelerin bir çoğu kullanıcı tarafından opsiyonel olarak değiştirilebilir.

Statik hesaplama metodu olarak Stiffness Methodu kullanılmaktadır. Tam anlamıyla 3D olarak çalışan 12.0 Versiyonu'nda yapı denge denklemleri; kat planının dx, dy ve qz deplasmanlarının bulunmasında yatay yöndeki plakların sonsuz rijitliği kabulü ile kurulmaktadır. Bu nedenle katlarda qz, dx, dy deplasmanları, eleman uç noktalarında ise dz, qx, qy deplasmanları kabulü ile, tüm yapının denge denklemleri kurulmaktadır. Plan aplikasyon olarak girilen yapı bilgileri ile program otomatik olarak yapısal modelleme yapmakta, eleman rijitliklerini dikkate alarak denge denklemlerini bir defada kurmakta ve çözmektedir. Ayrıca yapı statik hesaplarında, yapı-zemin davranışını dikkate alabilmesi sayesinde, zemin çökme ve dönmelerinin rijit üst yapıdaki etkilerini saptayarak gerçek tesirleri bulmaktadır. Statik çözümlerin 3D olması nedeniyle, ızgara kirişler veya plandaki geometrisi bozuk kirişleri sonlu elemanlar olarak çözebilmekte ve sonuçlarını tek bir kiriş olarak değerlendirmektedir. V12 de aynı katta farklı diyaframların denge denklemlerini ayrı olarak düzenlemektedir. Düşeyde eğik kiriş elemanları farklı katlara bağlanması durumunda, diyaframlar arasında rijitliğine bağlı olarak bir yay elemanı gibi çalışmaktadır. Dairesel yay parçası olarak tanımlanan kirişlerin rijitlik matrisi geometrisine uygun olarak hazırlanmakta, uç koşul kontrolü ve donatı düzenlemeleri bağlantı açılarına göre hazırlanmaktadır.

Program çözümlerini, yapıdaki en olumsuz yük kombinasyonlarını dikkate alan 11 adet yükleme tipi ile yapmaktadır. Bunlar; 3 adet düşey yük kombinasyonu (ölü, hareketli, damalı, bant kombinasyon), 4 adet deprem veya dinamik analiz kombinasyonu (x ve y yönünde, yapı ağırlık merkezinin $\pm\%5$ kaçıklığı dikkate alınarak), 4 adet rüzgar kombinasyonu (x ve y yönünde, yapı ağırlık merkezinin $\pm\%5$ boyu kadar kaçıklığı dikkate alınarak) ve 1 adet zemin itkilerinin statik olarak yapı tarafından taşınması ile ilgili kombinasyondur.

Yapı modellemesi, eleman rijitliklerinin bulunması ve döşeme yük dağılımlarının vektörel olması nedeniyle, geometrileri bozuk yapılarda çok büyük hassasiyetle ölçü, yükler ve eleman ilişkisini bulmaktadır. Yapılarda çok kullanılan eleman tipleri dikkate alınmıştır. Kirişlerin; düzgün, prizmatik, guseli ve değişken kesitli olması veya geniş perdelerle oturmasını stiffness ve yük matrisinde dikkate almaktadır.

Kolonlarda; dikdörtgen, prizmatik, daire kolonlar ve geometrisi bozuk (poligon) kolonlar ayrı ayrı tiplenmiştir. Kolon statik hesap rijitliklerinde, perde kontrolü ve kayma deformasyonları dikkate alınarak stiffness değerleri düzenlenmektedir. Döşemelerde; geometrisi bozuk, çok parçalı dikdörtgenlerden oluşan ve asmolen döşeme tiplerini dikkate almaktadır. Temeller; yapı ile birlikte çözülebildiği gibi, ayrı olarak da hesaplanabilmekte, zemin davranışını dikkate alan sonlu kiriş teorisi (Winkler Hipotezi) ile çözülmektedir.

Deprem hesapları; deprem yönetmeliğine göre (eşdeğer yöntem) yapılabildiği gibi, mod süperpozisyonu ile modal analiz de yapılabilmektedir. Dinamik zemin hız spektrumları, bölgelere göre program kütüphanesinde mevcut olup, istenirse kullanıcı tarafından değiştirilebilmekte veya yeni spektrum değerleri girilebilmektedir.

Betonarme kesit hesapları; TS 500'e uygun olarak, Emniyet Gerilmesi veya Taşıma Gücü yöntemi'ne göre yapılmaktadır. Taşıma Gücü deprem, sehim ve düktilite koşullarına göre değerlendirilmektedir.

Program kolon ve kat burkulmalarını dikkate alarak, kolon moment büyütme faktörü ile betonarme hesaplamaları yapmaktadır.

Yazılımcılıkta; programın teorik esaslarının bilimsel temellere dayandırılması kadar önemli olan diğer bir konu da veri girişinin kolaylığıdır. Veri girişinin hızlı, hata yapma olasılığı az olan bir editör yardımı ile yapılması ve girilen veri ile orantılı olarak kat planının grafik ekranda izlenebilmesi büyük bir kullanım kolaylığı sağlar.

STA4 programının bilgi girişi kat aplikasyon prensibi ile hazırlanmıştır. Her katın veri girişi ayrıdır. Katlar arasında, kat içindeki ve simetrik yapılardaki benzer bilgiler kolayca kopyalanabilmekte, çok az bilgi girişi ile yapının tümü kısa sürede oluşturulabilmektedir. Tamamen grafik ortamda, mouse yardımı ile girilen bilgiler, grafik olarak izlenebilmekte, asgari klavye kullanımı sağlayan akıllı user menü ve hazır bilgi tuşlarından faydalanılmaktadır. Bir anda 15 tuşun kontrol edilebilmesi sayesinde bilgi geçişleri büyük bir kolaylıkla yapılabilmektedir.

Sonuçların değerlendirilmesi, optimizasyon ve eleman donatı düzenlemesi grafik ekran sayesinde görsel olarak izlenebilmektedir. Printer çıktıları, kitap baskısı kalitesinde, opsiyonel olarak hazırlanması, sonuçların kolay anlaşılır olmasını sağlamaktadır. Çizimler; verilerin kat planı prensibi ile girilmesinden dolayı otomatik olarak alınabilmektedir. çizimlerde interaktif olarak bilgi düzenlemesi yapılabilmekte, ayrıca programın otomatik olarak ürettiği çizimler üzerinde düzeltme, silme, ölçülendirme ve eklemeler çizim editörü kullanılarak kolayca yapılabilmektedir.

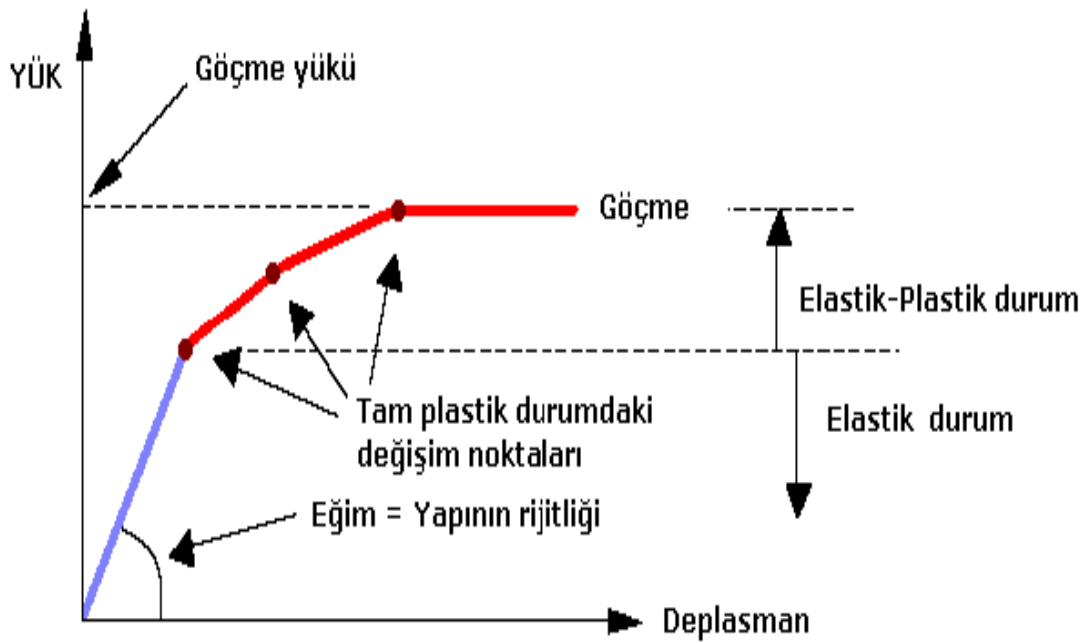
Günümüzde; bilgisayar teknolojisinden faydalanılarak, gerek zamandan gerekse ülke ekonomisi için ölü yatırım olarak kabul edilen betonarme yapılarda ekonomi sağlanabilmektedir. Statik, betonarme hesaplar bilgisayar tarafından yapıldığı için, mühendisin esas zaman harcaması gereken yapı modellemesi ön plana çıkmaktadır. Yapı modellemesi her ne kadar tecrübeye dayansa da, amacına uygun ve sağlam teorik esaslara dayanan bilgisayar programları ile farklı yapı modellemelerinin denenebilmesi kolaylaşmıştır.

STA4 programı; konut, işhanları gibi ortogonal ve nonortogonal yapılar ve arakatlı, kademeli altyapısı olan yapılar için düzenlenmiştir. Düşey eğik elemanlar göz önüne

alınmamıştır. STA4 programı 1931'dan 2005'e kadar uygulama ile geliştirilerek hazırlanmış, teorik esasları uluslararası bilimsel teorilere dayanan, kullanımı oldukça pratik bir programdır. Yazılımına

Fortran IV ile başlanmış, PDS+Assembler dili ile geliştirilmiştir, 9 .0 versiyondan itibaren, tamamen Windows uyumlu hazırlanmıştır.

4.2. Nonlineer analiz nedir



Şekil 4.1. Nonlineer analiz

Lineer yapısal çözümlerde, malzemenin ve yapının doğrusal elastik davrandığı kabul edilerek, yük ve deplasmanlar orantılı olarak artar ve azalır. Elemanlardaki statik etkilere göre betonarme boyutlandırma yapılır. Yetersizlik durumunda da kesitler büyütülerek yeniden çözüme göre boyutlandırılır.

Son 30 yılda yapılan araştırmalar ve depremlerde meydana gelen göçme mekanizmaları, yapının lineer olmayan hesaplamalara yöneltmiştir. Depremde yapının bazı elemanlarının lineer ötesi davranış göstererek, akma sınırlarına erişebilmektedir. Lineer olmayan, nonlinear çözümlerde elemanların donatı

sünekliğine bağlı olarak bulunan, kapasite ve dönmeleri dikkate alınarak iteratif olarak yapılan analiz tekniği oldukça geliştirilmiştir. Böylelikle gerek deprem yükü, gerekse düşey yüklerden oluşan yükler artırılarak, her elemanın uç noktalarındaki plastik kapasitelerinin üzerine çıkması durumunda, bu bölgede sünekliğe bağlı olarak plastikleşme kabul edilerek güç tükenmesi meydana gelecektir. Plastikleşme oluşmasıyla, bu bölgede momentler, kapasite momentlerine eşit olacaktır. Yapıdaki enerjinin yeniden dağılımıyla plastikleşmeyen noktalardaki tesirler artacaktır. Yükünde artırılarak yeniden yapılan çözümlerde plastikleşen eleman sayısı artacaktır. Bu şekilde yapılan iteratif çözümler sonucunda yapının tüm elemanları plastikleşerek, güç tükenmesiyle kapasite değerlerine ulaşarak, göçme noktasına kadar devam edecektir. Buda yapının göçme yükünün bulunmasını ve yapının performans seviyesi hakkında bize çok önemli bilgi verecektir.

4.2.1.Neden nonlineer analiz

Yeni Deprem yönetmeliklerinin amacı; hafif şiddetli depremlerde yapısal elemanların hasar görmemesi, orta şiddetli depremlerde yapısal elemanlarda onarılabılır düzeyde hasarların olması, şiddetli depremlerde ise öncelikle can güvenliğinin sağlanması, yapıda kısmi hasarların oluşması ve yapının tamamen göçmesinin önlenmesidir. Ancak bu yönetmeliklere tam uyulması durumunda da yapının performans seviyesi hakkında bir bilgi vermemektedir. Şiddetli bir depremde yapıdaki oluşacak hasar miktarı ve yapının göçme noktasına cevap verememektedir.

MINIMUM DEPREM PERFORMANS HEDEFLERİ		Deprem performansı/Hasar tanımı					Beklenen Performans
Deprem talep seviyesi Genel Sınıflandırma	Performans seviyesi	Çok hafif	hafif	orta	ağır		
		IO	LS	CP			
		Hemen kullanım	Sınırlı hasar	tam can güvenliği	can güvenliği	Sınırlı can güvenliği	
SINIF 1 HEMEN KULLANILAN YAPILAR KRITİK YAPILAR	1	■					
	BSE-2		■				
	BSE-1		■				
SINIF 2 KRITİK YAPILAR	2		■				
	BSE-2		■				
SINIF 3 YENİ YAPILAR KRITİK OLMAYAN YAPILAR	3			■			
	BSE-1			■			
SINIF 4 MEVCUT YAPILAR KRITİK OLMAYAN YAPILAR	4				■		
	BSE-1				■		
SINIF 5 KRITİK OLMAYAN YAPILAR	5					■	
	BSE-2					■	

Depremden kısa süre sonra normal yapı kullanımı
Depremden kısa süre sonra küçük onarımla yapı kullanımı
Depremden kısa süre sonra küçük onarımla yapı kullanımı
Tamir edilebilir hasarlar nedeniyle bazı bölümler tamir için geçici kapanabilir.
Tamir edilebilir hasarlar nedeniyle bazı bölümler tamir için geçici kapanabilir.
1997 Deprem yönetmeliğinin düzensizlik harcındaki eşdeğer performans seviyesi
Can güvenliğinin sağlanması, ancak hasar onarımı için yapının belirli zaman için kapanması.
1997 Deprem yönetmeliği performansının altında kalan performans seviyesi
Sınırlı can güvenliği performans seviyesi
Hasar onarımı için uzun bir süre kullanım dışı
1997 TDY altında performans seviyesi

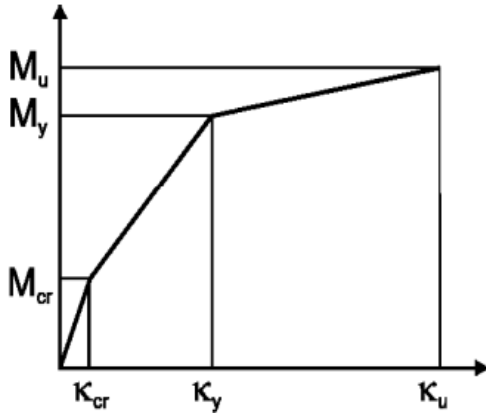
ID : HEMEN KULLANIM **LS : CAN GÜVENLİĞİ** **CP : GÜÇMENİN ÖNLENMESİ**

Şekil 4.2. Minimum deprem performans hedefleri

Kolon-kiriş düğüm noktalarında güçlü kolon, kuşatılmış kolon ve kesme güvenlik kontrolleri, yapının güç tükenmesinin kolonlardan önce kirişlerde olmasını sağlayarak yapının toptan göçmesinin önlemektedir. Nonlineer analizde; yapıya adım, adım yük artımı yapılarak, yapıda sırasıyla plastikleşen noktaların bulunması ve sonunda yapının göçme yükünün bulunmasıyla yapının kapasitesi hakkında ve hasar oranı hakkında çok önemli bilgileri verir. Gerek yeni yapılarda, gerekse güçlendirilecek yapılarda, hem yapının performansını hem de yapının göçme yükünün bilinmesi yapılacak tasarım için çok önemlidir. Bunun yanı sıra belirli kirişlerde plastikleşmeler kabul edilerek yapıda ekonomik çözüm getirmekte mümkündür. Yeni yapılarda, kiriş ve kolon donatılarının optimize edilerek gerek düşey yüklerde, gerekse deprem analizinde hem yapı performansını artırmak hem de ekonomik olmasını sağlamak mümkündür.

Özellikle yeni yapılarda, normal deprem yükleri altında hasarsız olarak çalışmasını sağlamak, daha büyük deprem yüklerinde de yapının küçük hasarların oluşmasına izin vererek, can ve yapı güvenliğini dikkate alabilmektir.

Bu tür performans analiz, ancak nonlineer analizle mümkün olabilmektedir. Lineer analizlerde sadece betonun elastisite modülü ve kesit özelliklerini dikkate alarak statik analiz yapılabilmektedir. Halbuki Şekil 4.3.'den de görülebileceği gibi betonun çatlamasıyla (M_{cr}) birlikte elemanın rijitliği değişmektedir. Halbuki (M_y) akma dayanımına geldikten sonra değişimler çok daha büyük olmaktadır. Eğer yapıdaki elemanlarda süneklilik koşullarına göre donatılandırma yapılırsa, yapının göçme yükü daha büyük değerlere ulaşacaktır.



Şekil 4.3. Gerilme-rijitlik grafiği

Nonlinear analizde performans seviyesi, belirli bir deprem ve yapı için verilen hasar miktarının sınır durumlarının belirlenmesini sağlar. Bu sınırlar yapı taşıyıcı elemanlarında oluşacak hasarların, can güvenliği ve yapının deprem sonrası kullanılıp kullanılmayacağı gibi etkenlere bağlı olarak belirlenir. Bununla ilgili ATC40, FEMA233 ve FEMA351 standartları konuya açıklık getirmiştir. Ancak bunlar tam olarak sayısal olarak belirlenmemiştir.

4.3. Hemen Kullanım (Immediate Occupancy)

Çok hafif taşıyıcı sistem hasarlarını ifade eder. Yapının yatay ve düşey taşıyıcı elemanları, deprem öncesindeki hemen tüm karakteristik özelliklerini korumaktadır.

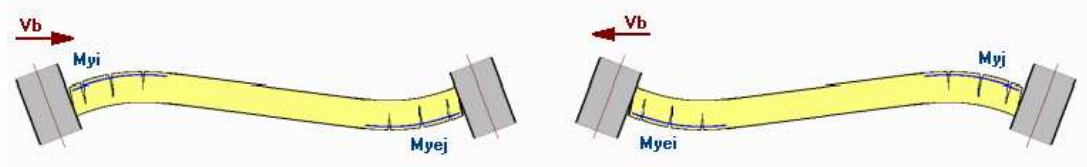
4.4. Can Güvenliği (Life Safety)

Yapıda, deprem sonrası önemli hasarlar oluşabilir. Ancak toptan göçme ve ağır hasarlar olmaz. Özellikle kirişler gibi elemanlarda küçük hasarların olması söz konusudur. Yapıda oluşan küçük hasarlara karşılık kalıcı deformasyonlar beklenmez. Deprem sırasında yaşayan insanlarda yaralanma olursa, hasarlardan dolayı değil, mekandaki eşyalardan dolayı olacaktır. Hasarlardan dolayı ölüm riski çok düşüktür.

4.5. Stabilitenin Korunması (Collapse Prevention)

Yapıda, deprem sonrası ağır hasarlar oluşmasını, kısmi veya toptan göçmeyi temsil eder. Taşıyıcı elemanlarda önemli hasarlar oluşmuş, yapı rijitliğinde ve dayanımında önemli azalmalar meydana gelmiştir. Hasarlardan meydana gelen deformasyonlar kalıcıdır. Buna rağmen yapı düşey yükleri taşımaya devam edebilecek taşıma kapasitesi yeterlidir. Yapı, toptan göçme riskinin yanında, can güvenliği riskinde taşımaktadır.

4.6. Kiriş Rijitlik Matrisinin Düzenlenmesi



Şekil 4.4. Yatay yükler altında kirişle çalışan donatı

STA4 kiriş rijitlik matrislerini iki şekilde opsiyonel olarak hazırlamaktadır. Genel olarak kiriş mafsallaşması bağlı olduğu kolon dış kenarında olmasına göre yapılmaktadır. İterasyonla bulunan kolon kenarındaki deprem momenti düşey yüklerden oluşan momentlerle süperpoze edilerek, M_y değerleriyle mukayese edilir. Bu değerleri geçmesi durumunda plastik mafsal oluşturulur.

$$[P]=[K] \times [D] + [Po]$$

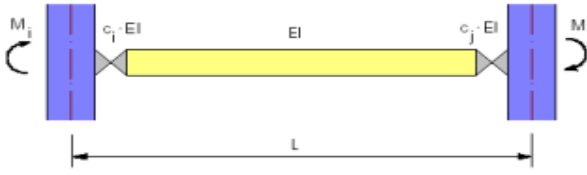
Kirişin kolon kenarındaki momentleri;

+Vb durumunda (deprem sol taraftan olması durumu)

$$M_{lg}+M_{lq}+M_{le} \leq M_{yi}, \quad M_{rg}+M_{rq}+M_{re} \leq M_{yej}$$

-Vb durumunda (deprem sağ taraftan olması durumu)

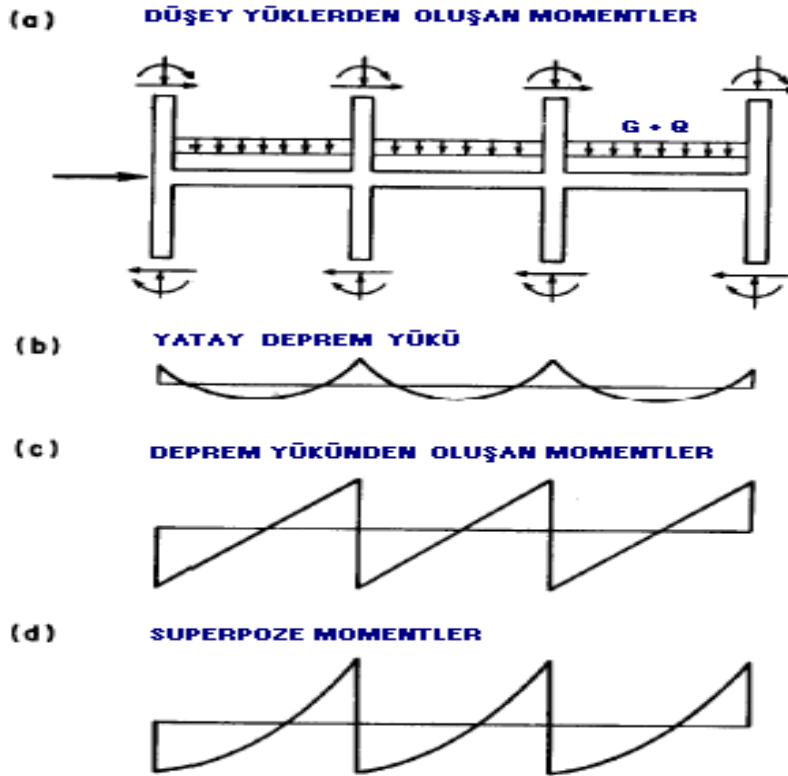
$$M_{lg}+M_{lq}+M_{le} \leq M_{yei}, \quad M_{rg}+M_{rq}+M_{re} \leq M_{yj} \text{ olmak zorundadır.}$$



Şekil 4.5. Kirişte plastik mafsala oluşumu

STA4 nonlinear çözümlerde süper element kiriş elemanı kullanmaktadır. Kiriş rijitlik matrisini plastik mafsala göre düzenlemesinin yanında $[Po]$ kuvvet matrisinide kullanmaktadır.

Depremin sol ve sağdan etkisine göre en küçük plastik mafsal yaylarına göre (C_i, C_j) rijitlik matrisini düzenler.



Şekil 4.6. Kirişte momentlerin süperpozisi

$C_i < 1$, $C_j < 1$ olma durumunda $[K_n] = [C] \times [K]$, $[P_y]$: Plastik moment kapasitesi
Bulunan rijitlik matrisi, İterasyon çözümündeki uç deplasmanları ile çarpılarak tekrar yeni sonuç elde edilir.

$$[P_n] = [K_n] \times [D] , \quad [P_o] = [P] - [P_n]$$

$$[P] = [K_n] \times [D] + [P_o] = [P_y] \text{ ile denge denklemi koşulu sağlanır.}$$

Kiriş rijitlik matrisinde rijit bölgeler ve kayma deformasyon etkileri, opsiyonlara göre dikkate alınmaktadır. Rijitlik bölgesi olmaması durumunda da mafsal yeri kolonun dış kenarı olarak alınmaktadır.

4.7.Kolon Rijitlik Matrisinin Düzenlenmesi

Kolon kapasite momentleri tanımlanan donatılara göre $f_{yd} = f_{yk}$ alınarak her iki yönde kapasite moment eğrisi oluşturulur.

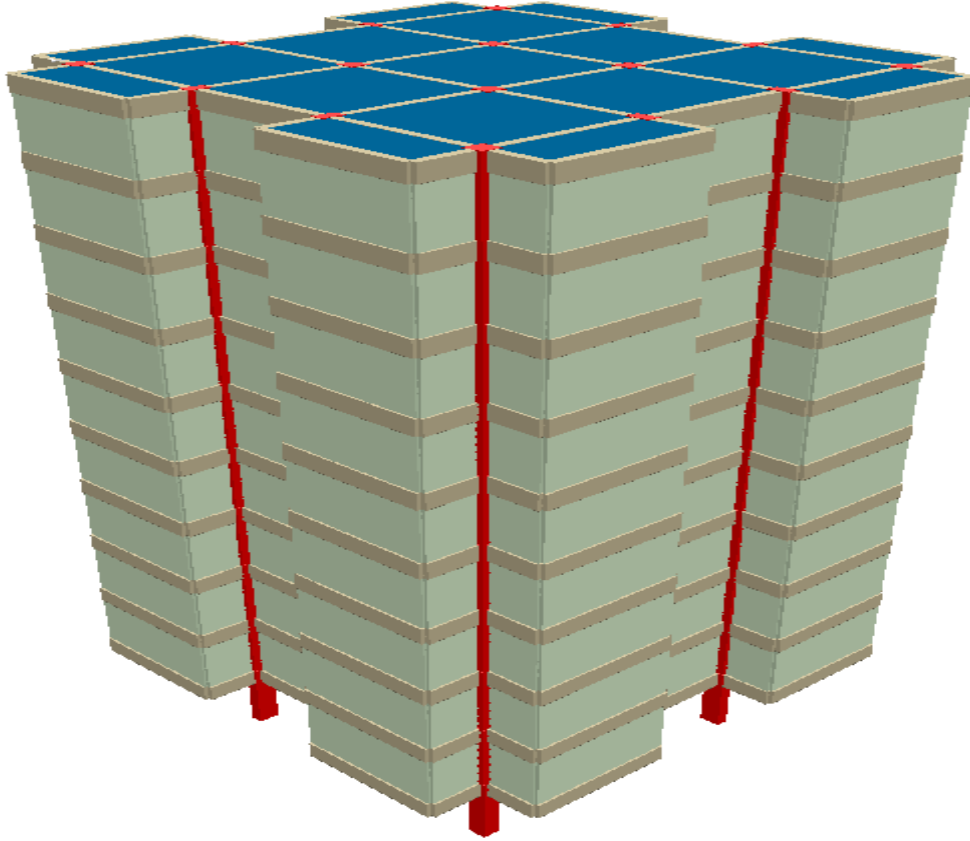
İterasyon kontrollerinde;

$M_g + M_q + M_e$, $M_g + M_q - M_e$, $M_g + M_e$, $M_g - M_e$ kombinasyonları dikkate alınarak plastik mafsal kontrolü yapılmaktadır. Her iki yönde tek bir M_y değeriyle değil kapasite eğrisi ile kontroller yapılır. Bunun nedeni, perdeye yakın bir kolonun deprem düşey yükleri yük artımına paralel olarak değişmemesi, özellikle panel perde başlık bölgesi olarak alınan kolonlarda yüklerin beklenin çok üzerinde artmasıyla kapasite momentlerinin azalmasından kaynaklanmaktadır. Kolonlarda da plastik mafsal rijitlik matrisi düzenlemesi, kirişlerde olduğu gibidir.

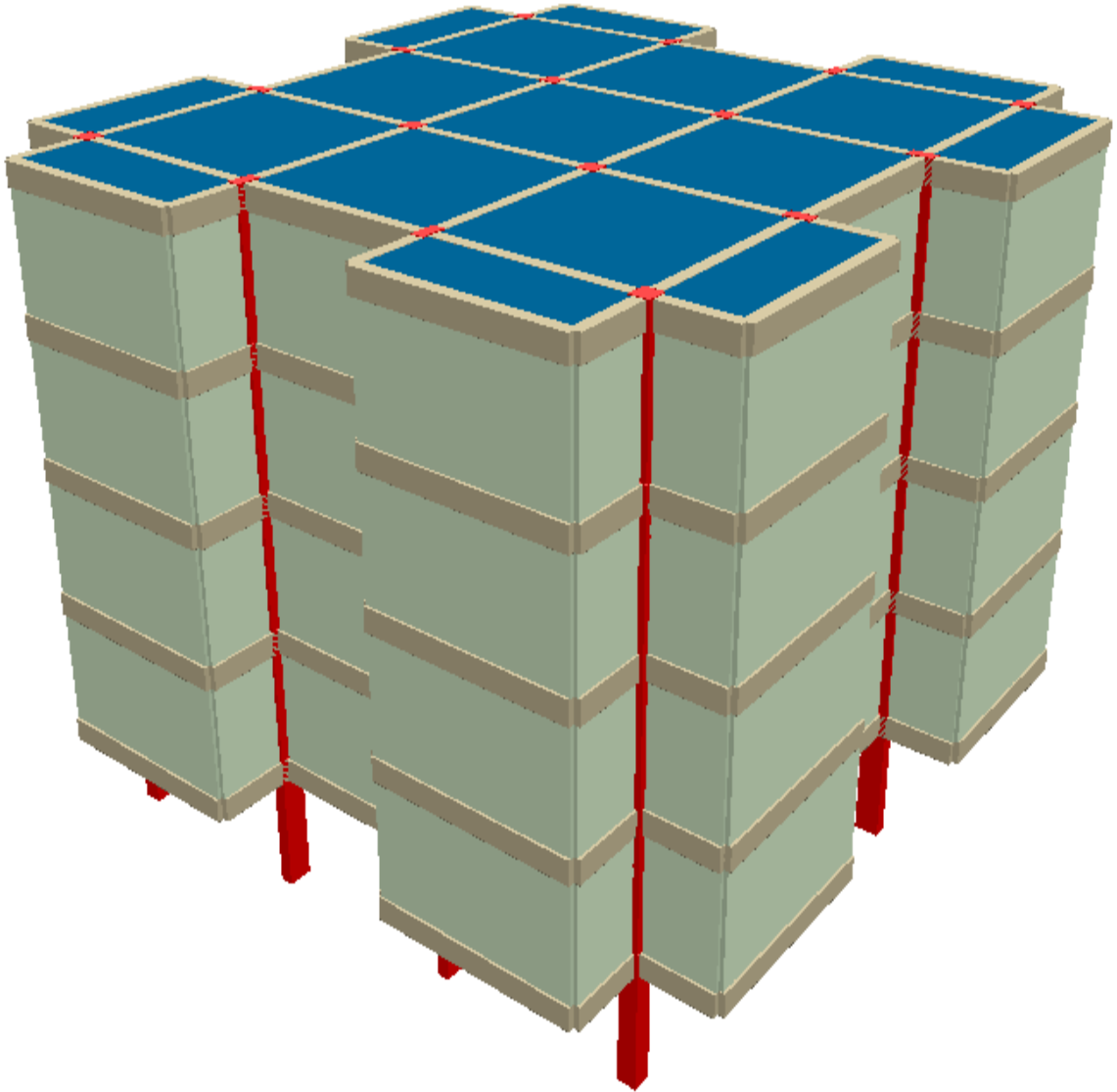
BÖLÜM 5. YAPILAN PROJELER HAKKINDAKİ BİLGİLER

5.1. Binaların 3 Boyutlu Görünüşleri

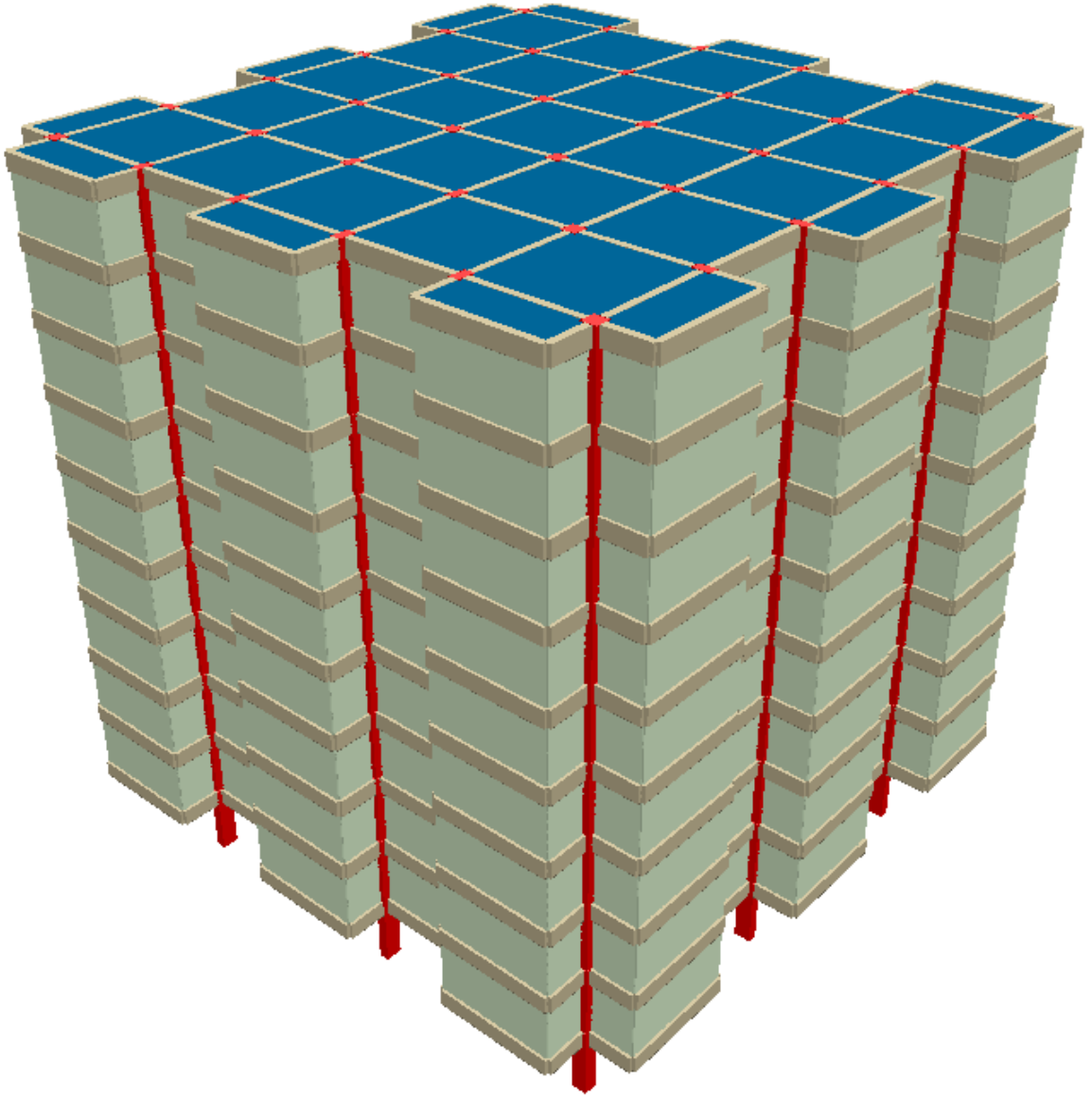
Binalar A ve B olarak adlandırılan iki farklı mimarinin 5 ve 10 katlı kirişli, basık kirişli ve kirişsiz olarak varyasyonları yapılarak incelenmiştir.



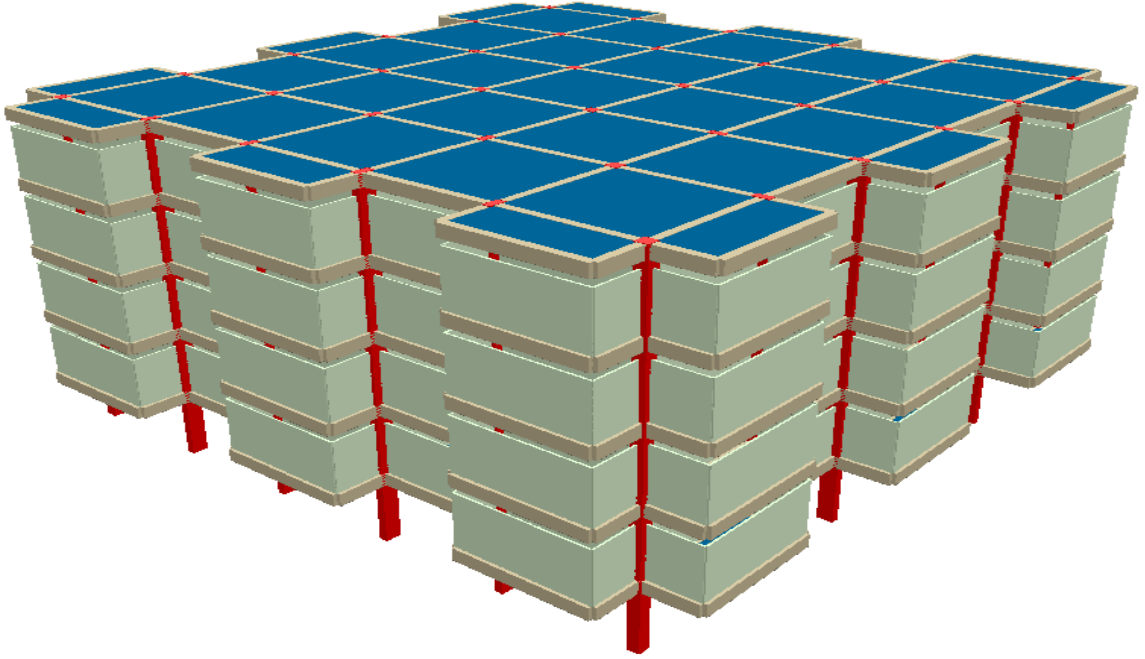
Şekil 5.1. Bina A-10 katlı (kirişli) yapının 3 boyutlu matematik modeli



Şekil 5.2. Bina A-5 katlı (kirişli) yapının 3 boyutlu matematik modeli



Şekil 5.3. . Bina B-10 katlı (kirişli) yapının 3 boyutlu matematik modeli



Şekil 5.4. Bina B-5 katlı (kirişli) yapının 3 boyutlu matematik modeli

5.2.Yapı Genel Bilgileri

Mevcut yapının analizinde kullanılan genel bilgiler aşağıda sıralanmıştır.

- Yapı kat sayısı = Zemin + 4 Normal kat ve Zemin + 9 Normal kat
- Kat yüksekliği (h) : 3,0m (zemin kat), 3,0m (normal kat)
- Deprem bölgesi = 1. Bölge
- Etkin yer ivmesi (A_0) = 0.40

- Hesaplarda göz önüne alınacak deprem türü = Tasarım depremi
- Deprem yükü eksantrisitesi = 0.05
- Hareketli yük katılım katsayısı (n) = 0.30
- Bina önem katsayısı (I) = 1.0
- Yerel zemin sınıfı = Z4
- Zemin emniyet gerilmesi = 10 t/m²
- Zemin yatak katsayısı = 1000 t/m²
- Spektrum karakteristik periyotları : TA= 0.20 sn, TB= 0.90 sn
- Yapı taşıyıcı sistem davranış katsayısı : R= 8
- Mevcut yapıda kullanılan beton sınıfı = BS 30
- Mevcut yapıda kullanılan çelik sınıfı = BÇ III
- Döşeme türü = Plak Döşeme
- Döşeme kalınlığı = 0.120m
- Döşeme yükü= —————> Ölü yük 0,148t/m² marley yükü ve 0,12m(döşeme kalınlığı)*2,5t/m³(beton yoğunluğu)=0,3t/m² ise 0,148+0,3=0,448t/m²
Hareketli yük —————>0,2t/m²
- Kiriş yükü=Dış cephede 20'lik ytong duvar,iç cephede 10'luk ytong duvar kullanıldı.Duvar yükü kiriş üzerine 0,91t/m yayılı yük olarak verildi.

5.3. Yapı Plan Bilgileri

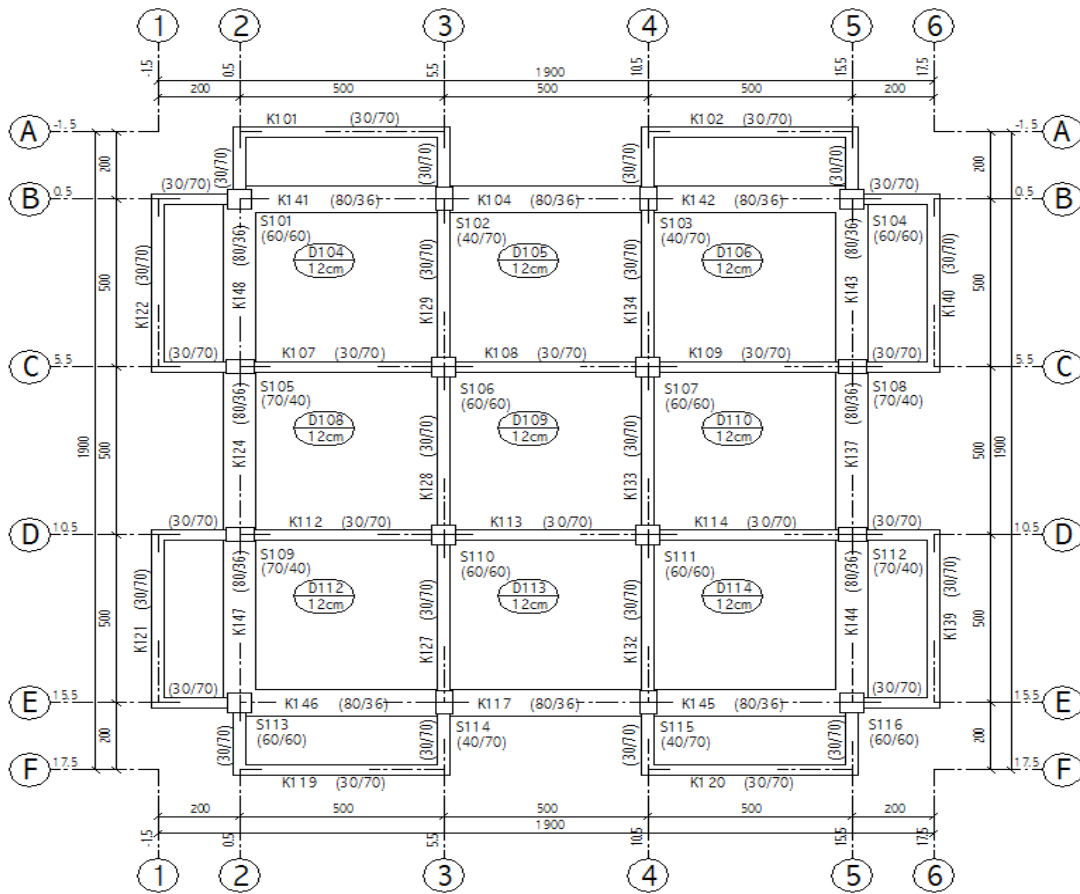
5.3.1. Bina A 10 katlı basık kirişli

Kare Kolon Boyutları: 60cm-60cm

Dikdörtgen Kolon Boyutları: 40 cm-70 cm

Ana kiriş boyutları: 30cm -70 cm

Basık kiriş boyutları: 80cm-36 cm



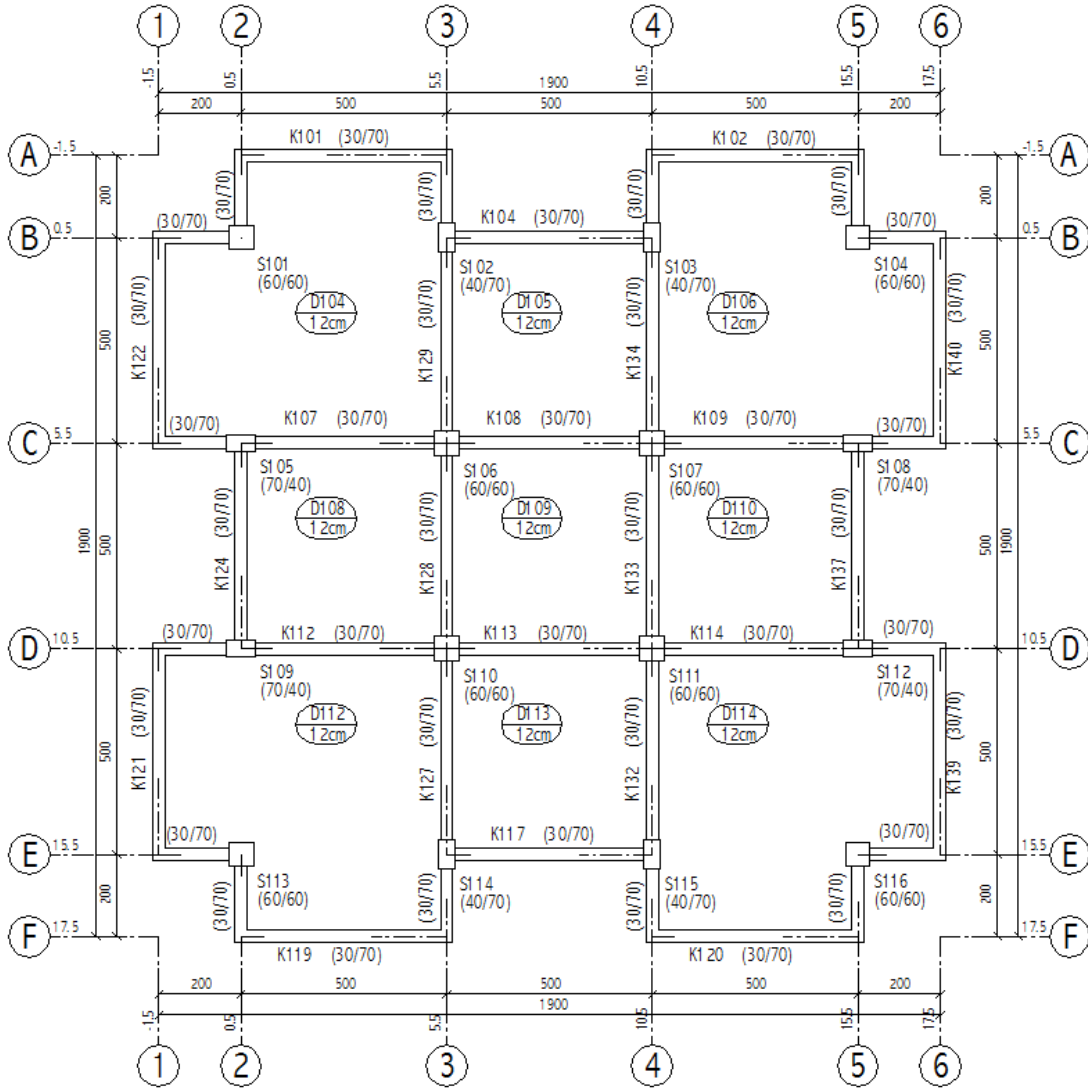
Şekil 5.5. Bina A 10 katlı basık kirişli plan bilgisi

5.3.3. Bina A 10 katlı kirişsiz

Kare Kolon Boyutları: 60cm-60cm

Dikdörtgen Kolon Boyutları: 40 cm-70 cm

Ana kiriş boyutları: 30cm -70 cm



Şekil 5.7. Bina A 10 katlı kirişsiz plan bilgisi

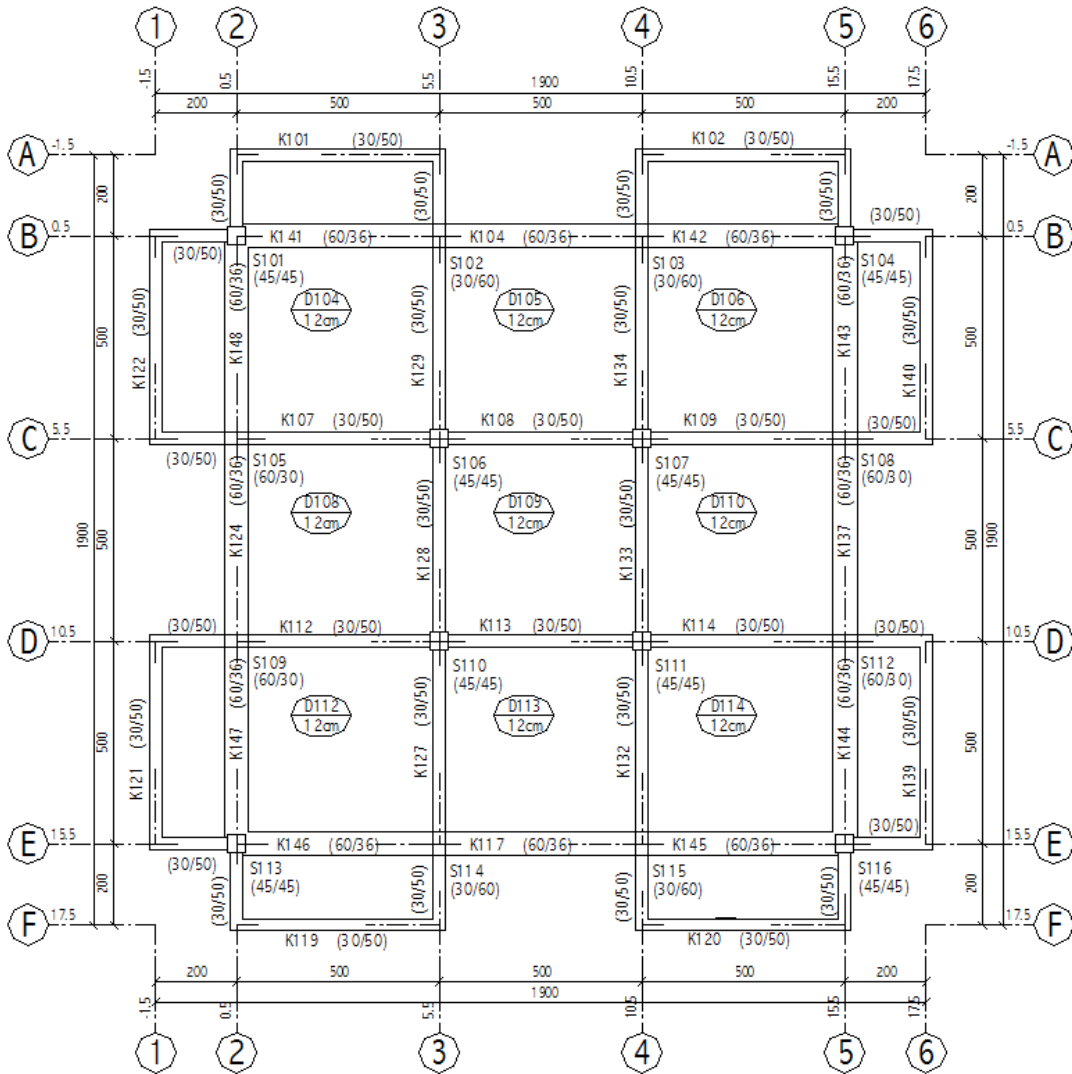
5.3.4. Bina A 5 katlı basık kirişli

Kare Kolon Boyutları: 45cm-45cm

Dikdörtgen Kolon Boyutları: 30 cm-60 cm

Ana kiriş boyutları: 30cm -50 cm

Basık kiriş boyutları: 60cm-36 cm



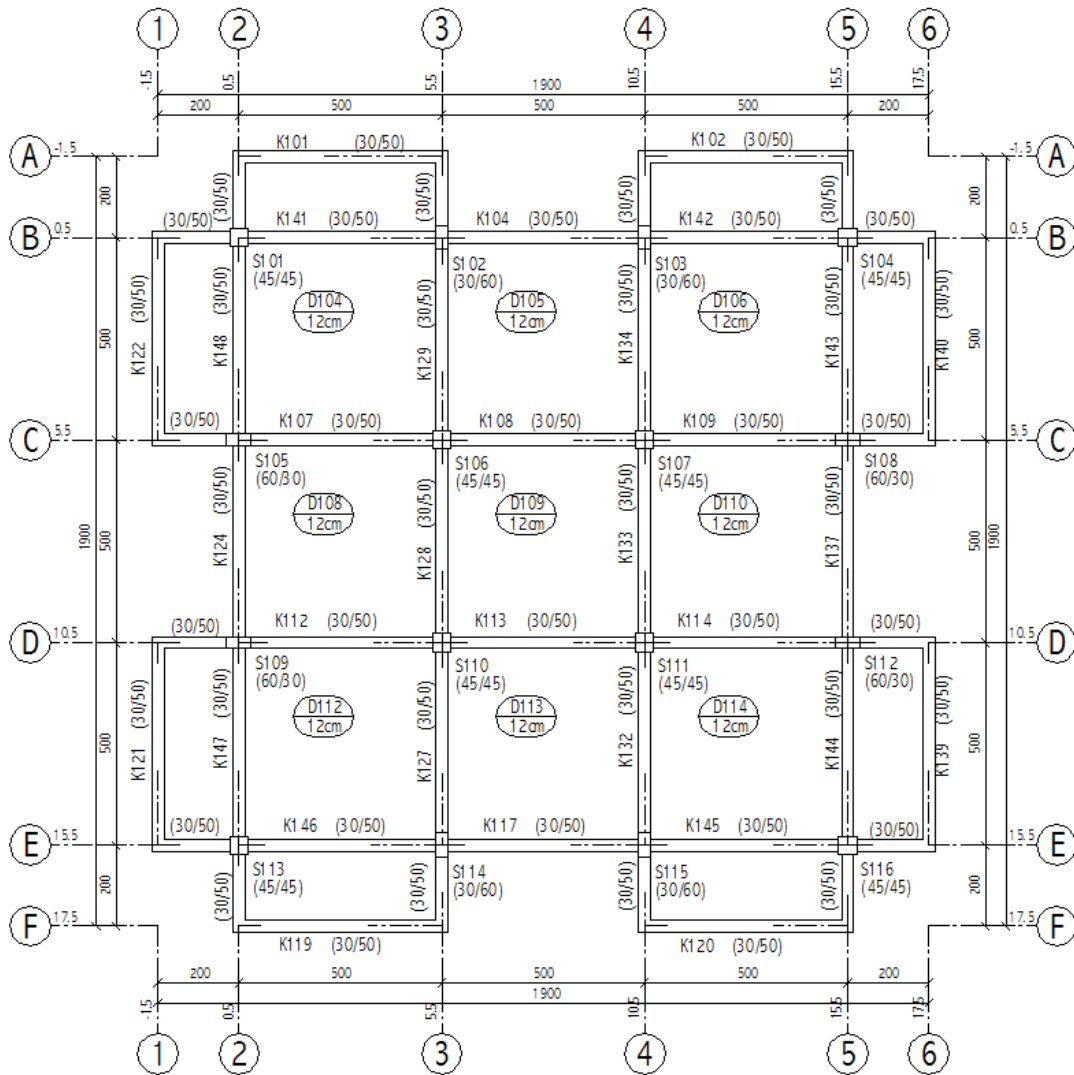
Şekil 5.8. Bina A 5 katlı basık kirişli plan bilgisi

5.3.5. Bina A 5 katlı kirişli

Kare Kolon Boyutları: 45cm-45cm

Dikdörtgen Kolon Boyutları: 30 cm-60 cm

Ana kiriş boyutları: 30cm -50 cm



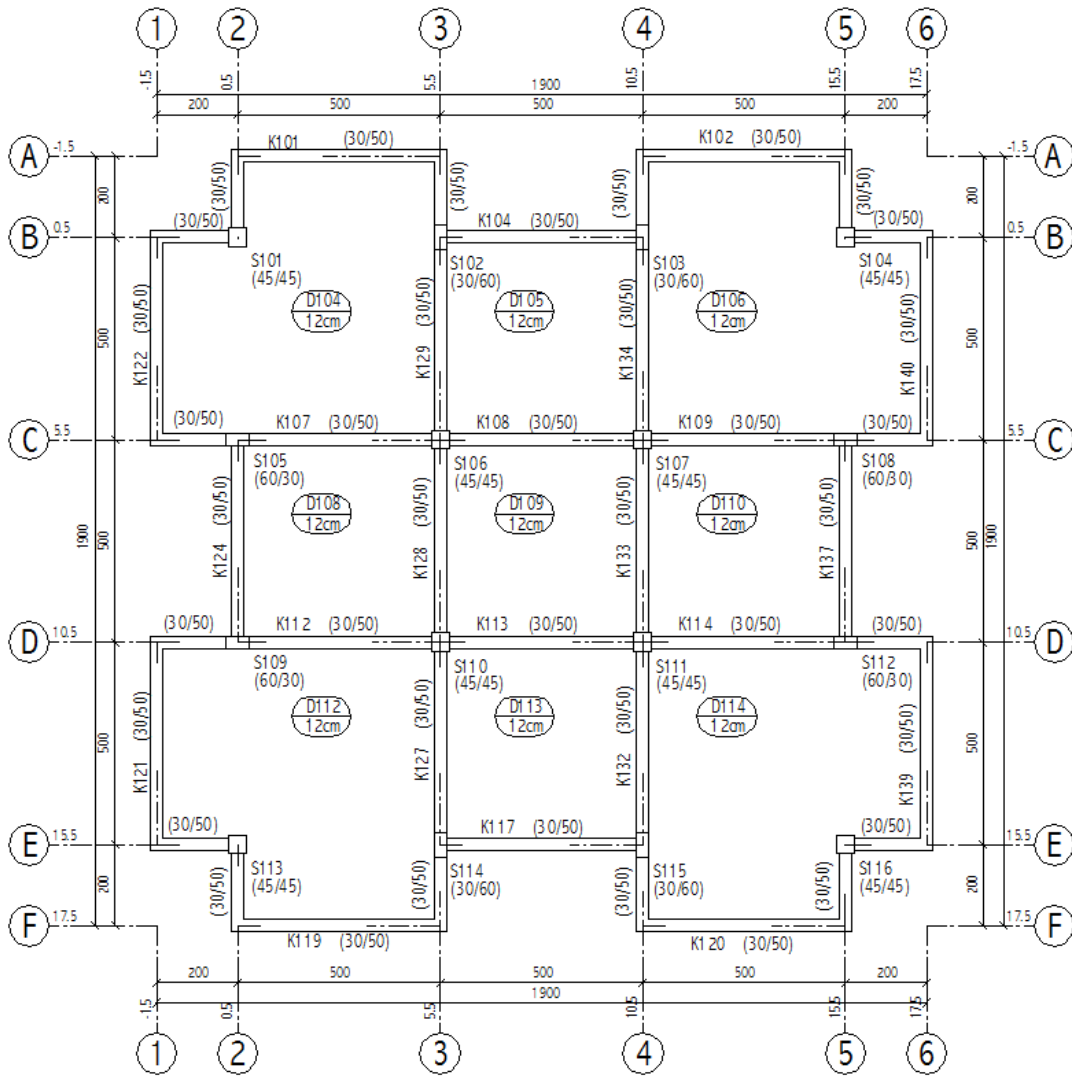
Şekil 5.9. Bina A 5 katlı kirişli plan bilgisi

5.3.6. Bina A 5 katlı kirişsiz

Kare Kolon Boyutları: 45cm-45cm

Dikdörtgen Kolon Boyutları: 30 cm-60 cm

Ana kiriş boyutları: 30cm -50 cm



Şekil 5.10. Bina A 5 katlı kirişsizplan bilgisi

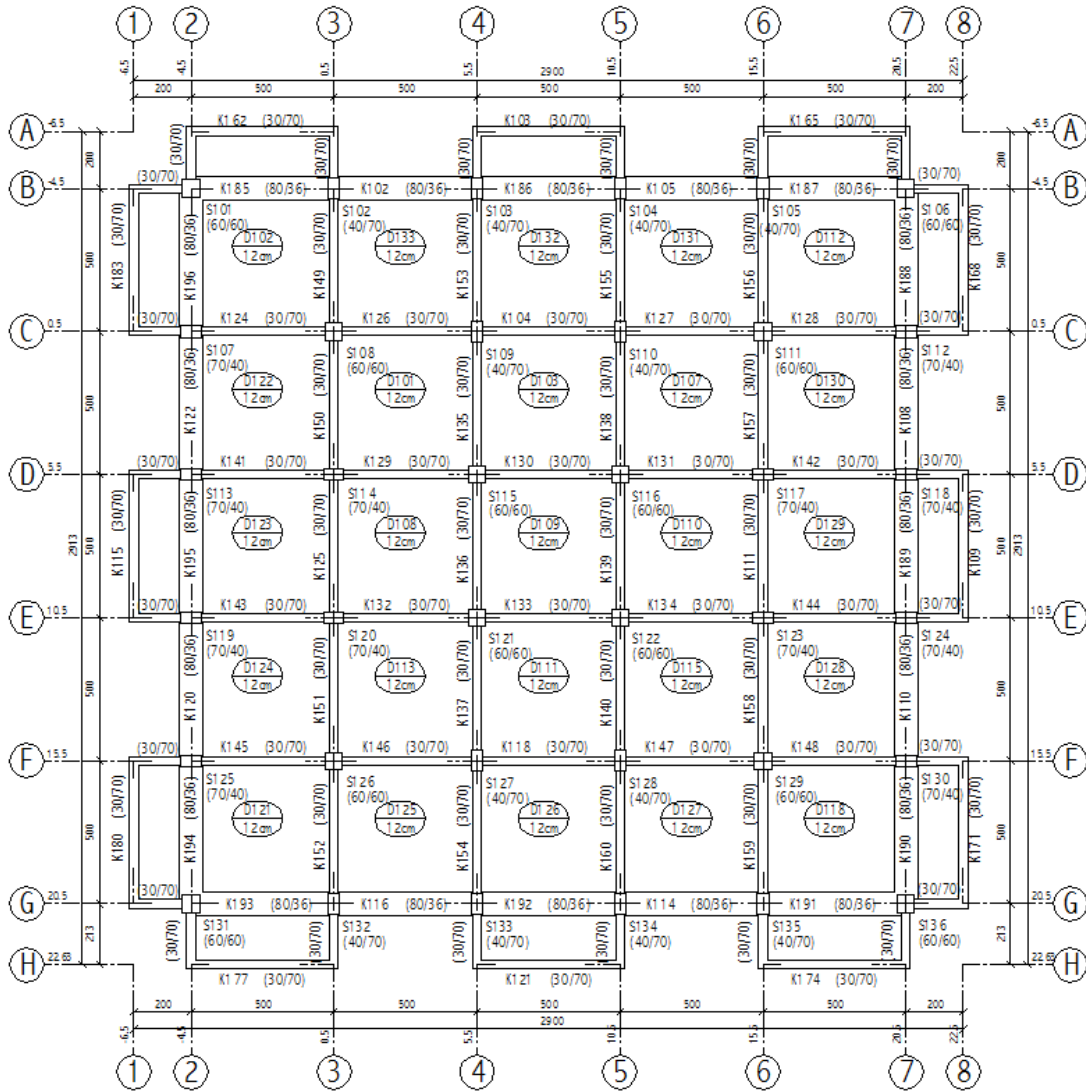
5.3.7. Bina B 10 katlı basık kirişli

Kare Kolon Boyutları: 60cm-60cm

Dikdörtgen Kolon Boyutları: 40 cm-70 cm

Ana kiriş boyutları: 30cm -70 cm

Basık kiriş boyutları: 80cm-36 cm



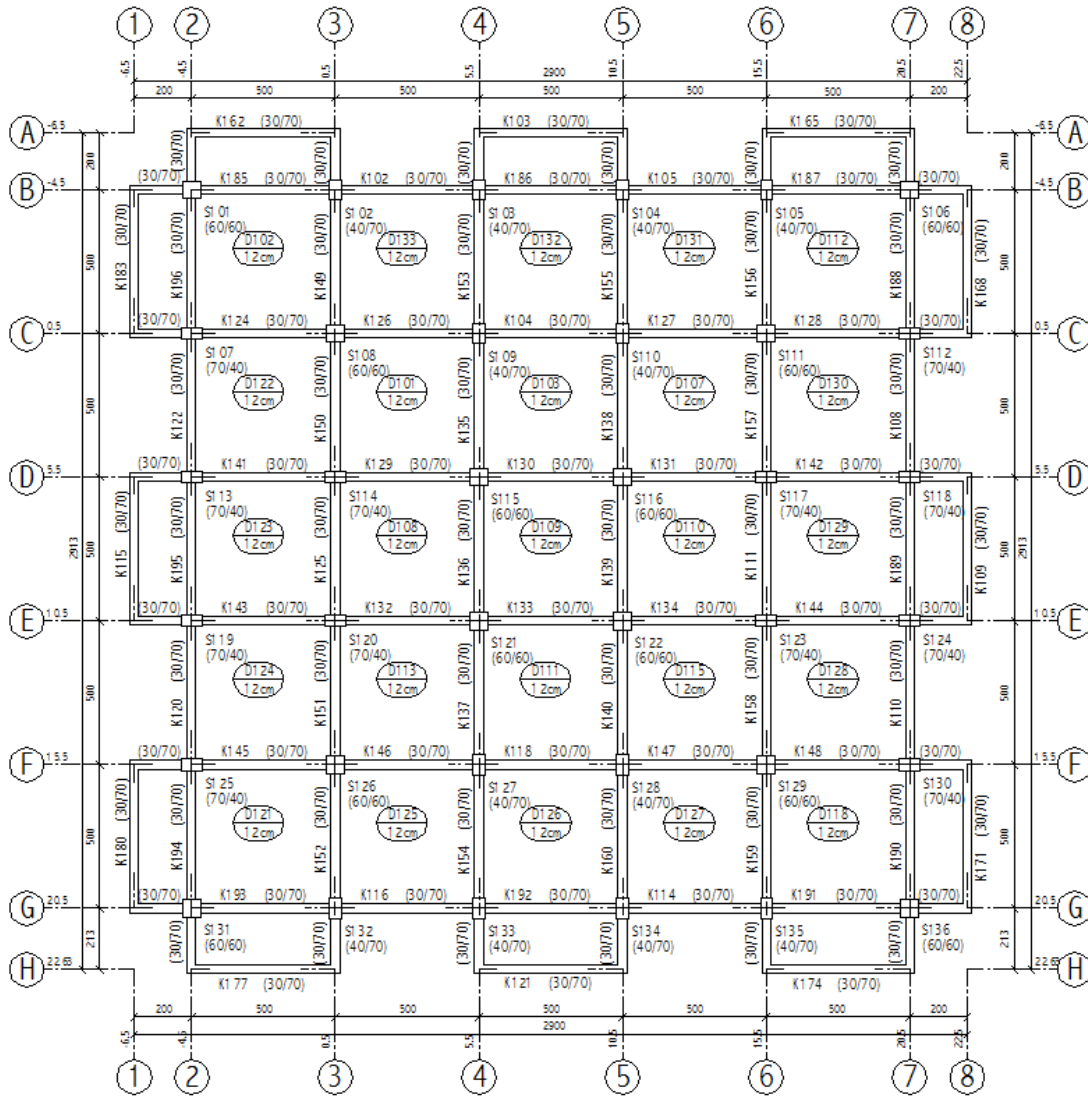
Şekil 5.11. Bina B 10 katlı basık kirişli plan bilgisi

5.3.8. Bina B 10 katlı kirişli

Kare Kolon Boyutları: 60cm-60cm

Dikdörtgen Kolon Boyutları: 40 cm-70 cm

Ana kiriş boyutları: 30cm -70 cm



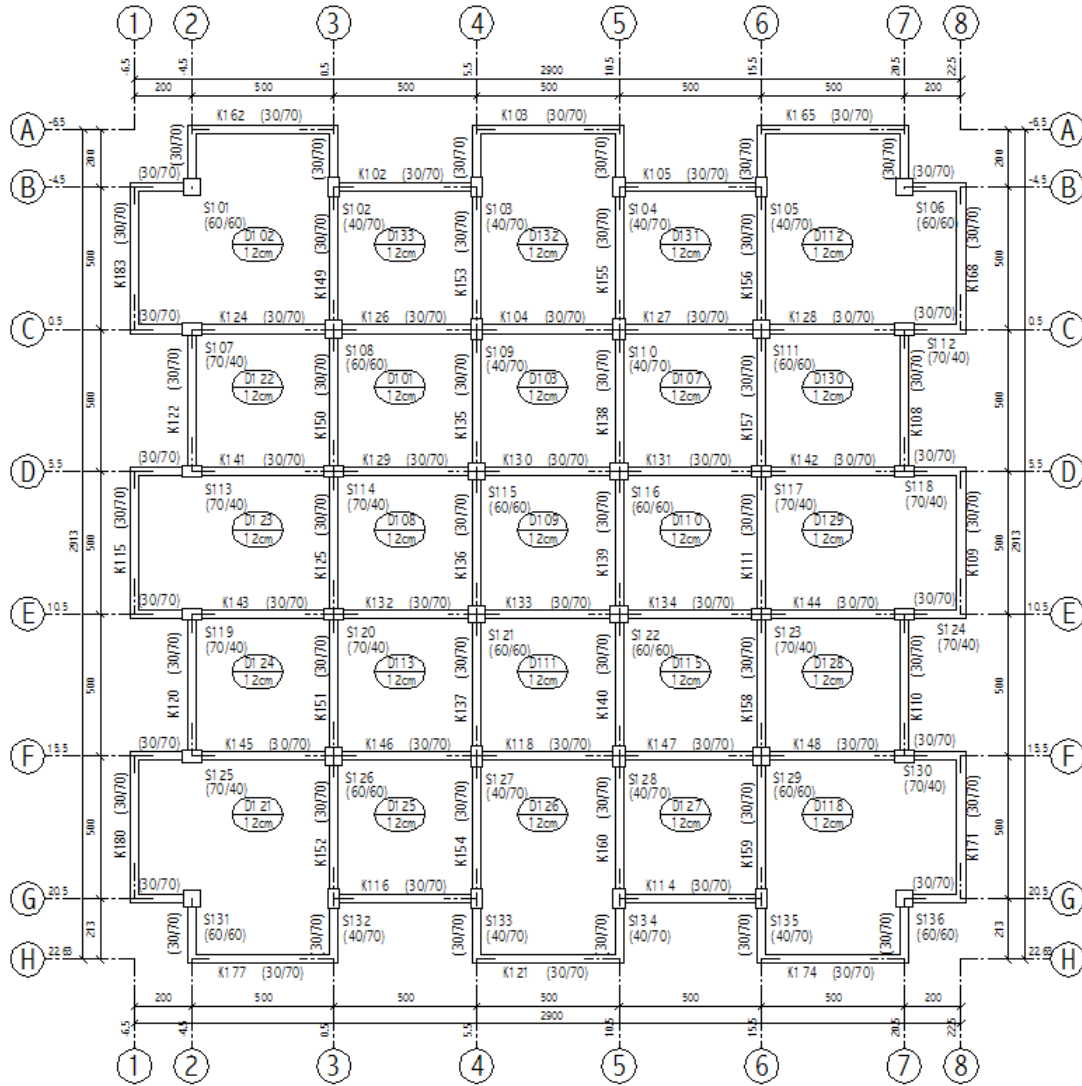
Şekil 5.12. Bina B 10 katlı kirişli plan bilgisi

5.3.9. Bina B 10 katlı kirişsiz

Kare Kolon Boyutları: 60cm-60cm

Dikdörtgen Kolon Boyutları: 40 cm-70 cm

Ana kiriş boyutları: 30cm -70 cm



Şekil 5.13. Bina B 10 katlı kirişsiz plan bilgisi

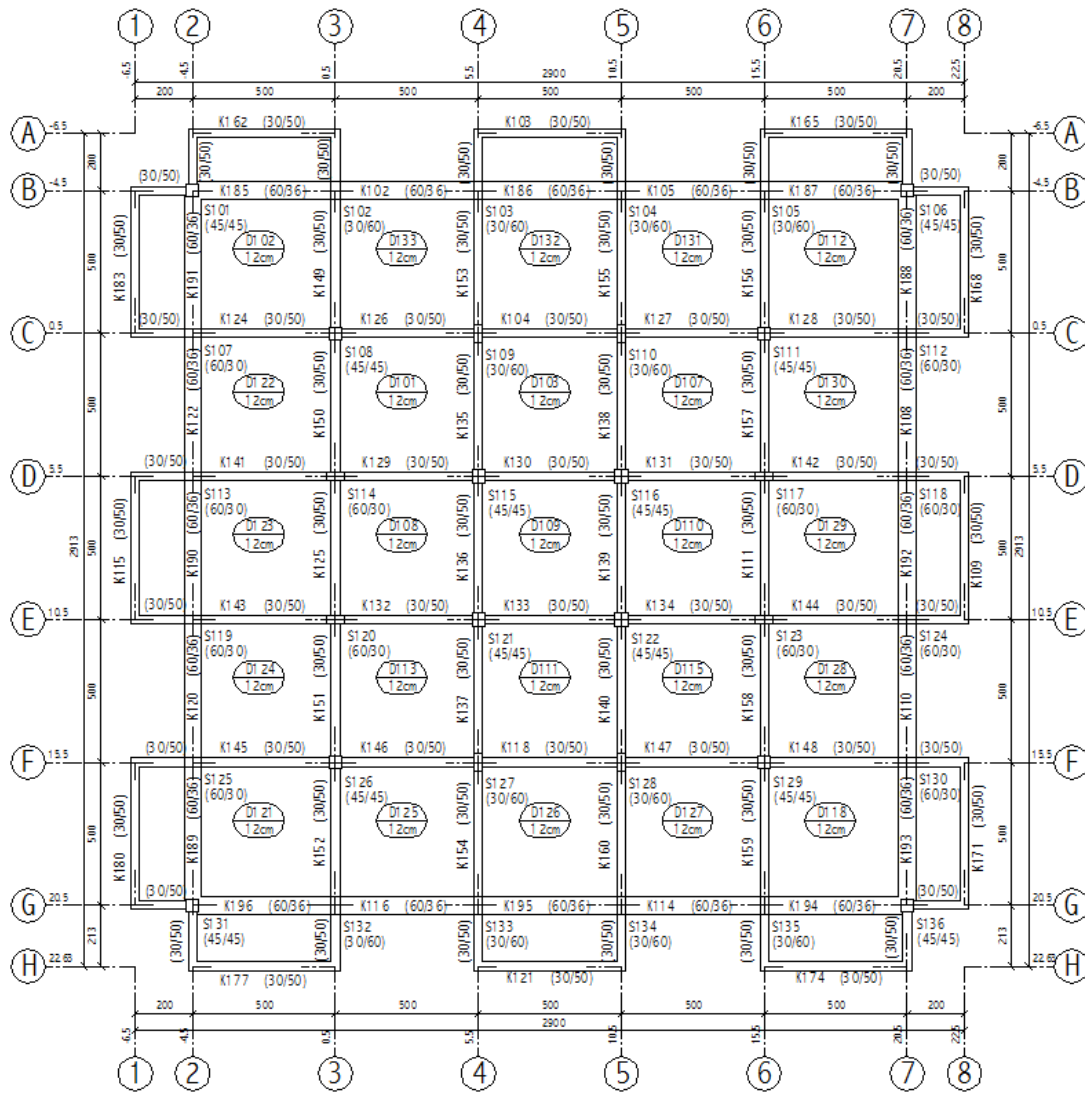
5.3.10. Bina B 5 katlı basık kirişli

Kare Kolon Boyutları: 45cm-45cm

Dikdörtgen Kolon Boyutları: 30 cm-60 cm

Ana kiriş boyutları: 30cm -50 cm

Basık kiriş boyutları: 60cm-36 cm



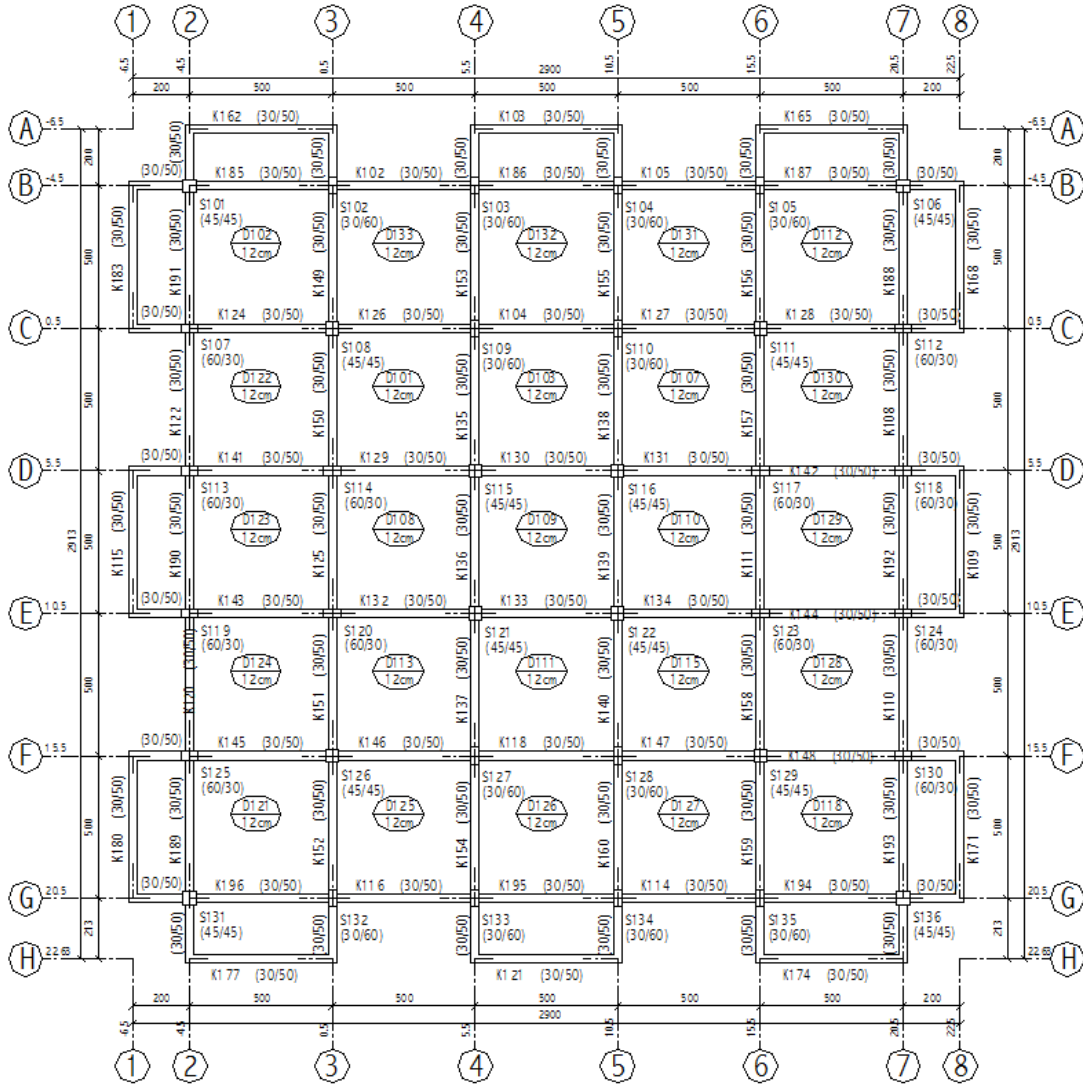
Şekil 5.14. Bina B 5 katlı basık kirişli plan bilgisi

5.3.11. Bina B 5 katlı kirişli

Kare Kolon Boyutları: 45cm-45cm

Dikdörtgen Kolon Boyutları: 30 cm-60 cm

Ana kiriş boyutları: 30cm -50 cm



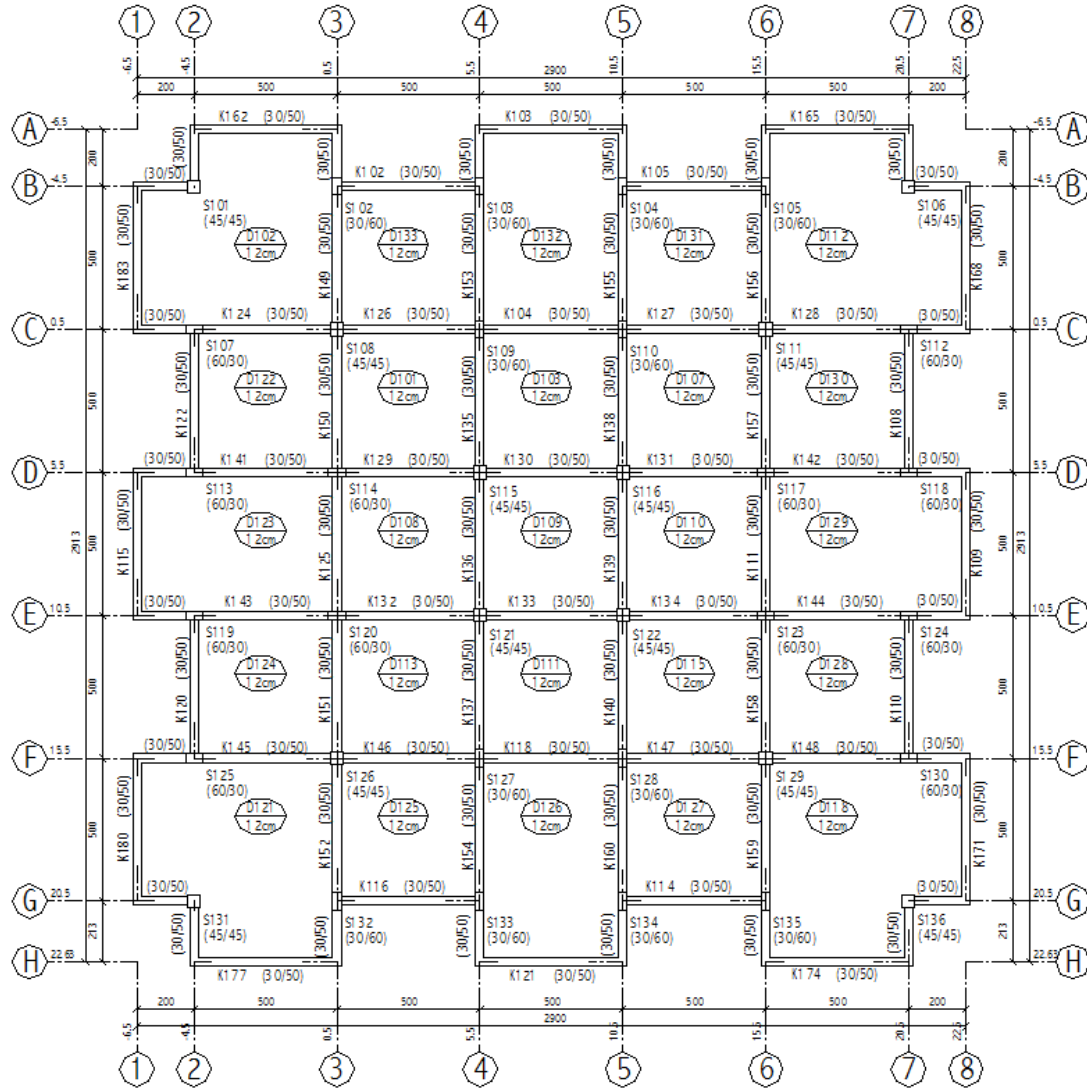
Şekil 5.15. Bina B 5 katlı kirişli plan bilgisi

5.3.12. Bina B 5 katlı kirişsiz

Kare Kolon Boyutları: 45cm-45cm

Dikdörtgen Kolon Boyutları: 30 cm-60 cm

Ana kiriş boyutları: 30cm -50 cm



Şekil 5.16. Bina B 5 katlı kirişsiz plan bilgisi

5.4. Pushover Sonuçları

Sta4-Cad programından alınan çıktılar her farklı mimari tipinin X ve Y yönleri için ayrı ayrı aşağıdaki gibi verildi. Burada grafiklerin üst kısmındaki değerler elastik bölgeyi, alt kısmındaki değerler ise elastoplastik bölgeyi temsil etmektedir.

Üst kısımdaki Sa: İtme analizinin ilk adımında birinci moda ait elastik spektral ivme (mm/sn^2)

Üst kısımdaki Sd: İtme analizinin ilk adımında birinci moda ait elastik spektral yerdeğiştirme (mm)

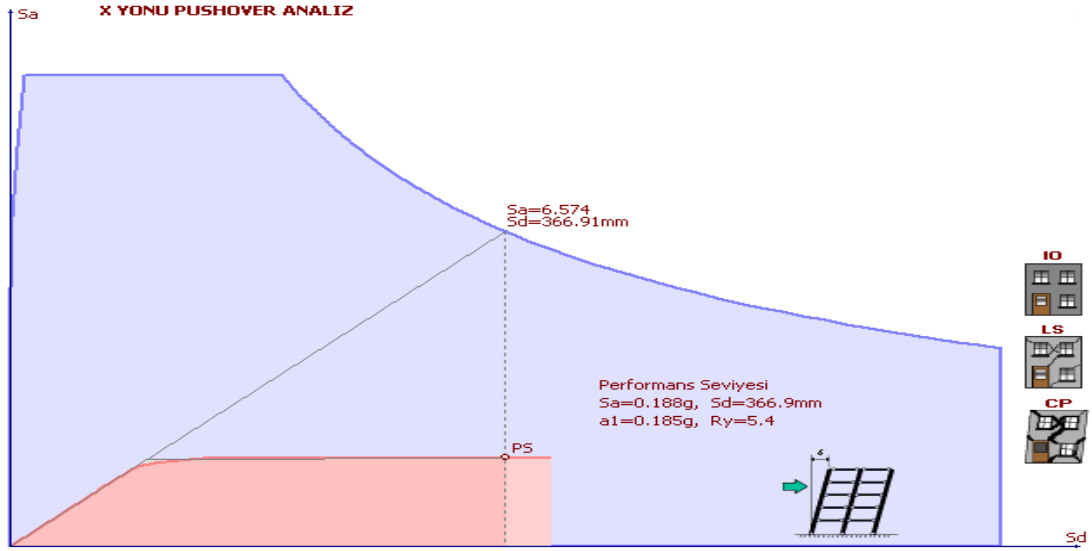
Alt kısımdaki Sa: İtme analizinin ilk adımında birinci moda ait elastik olmayan spektral ivme (mm/sn^2)

Alt kısımdaki Sd: İtme analizinin ilk adımında birinci moda ait elastik olmayan spektral yerdeğiştirme (mm)

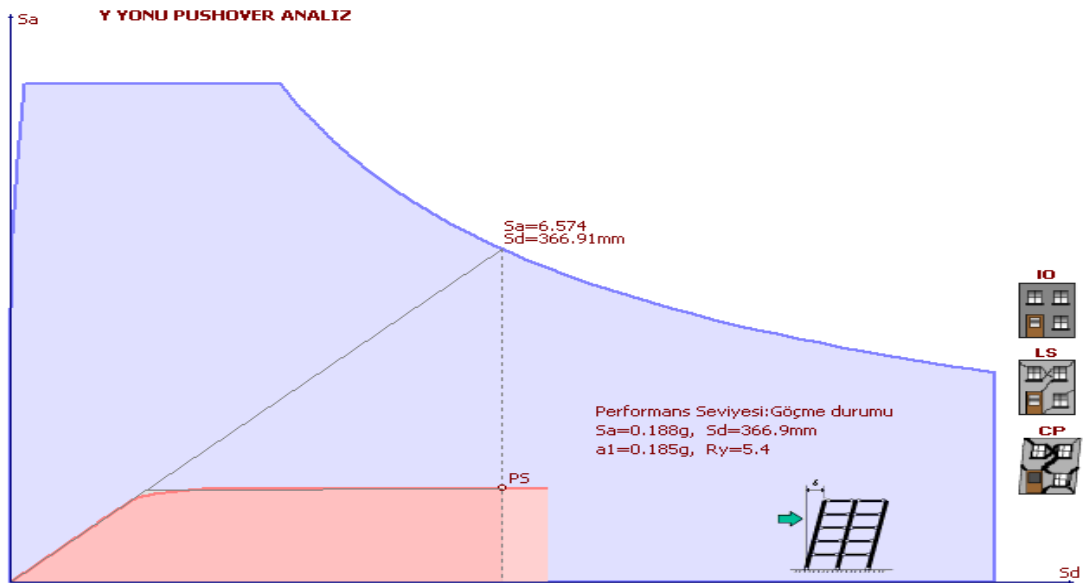
a_1 : Birinci moda ait eşdeğer akma ivmesi (mm/sn^2)

R_y : Sismik kuvvet indirme faktörü

5.4.1. Bina A 10 katlı basık kirişli

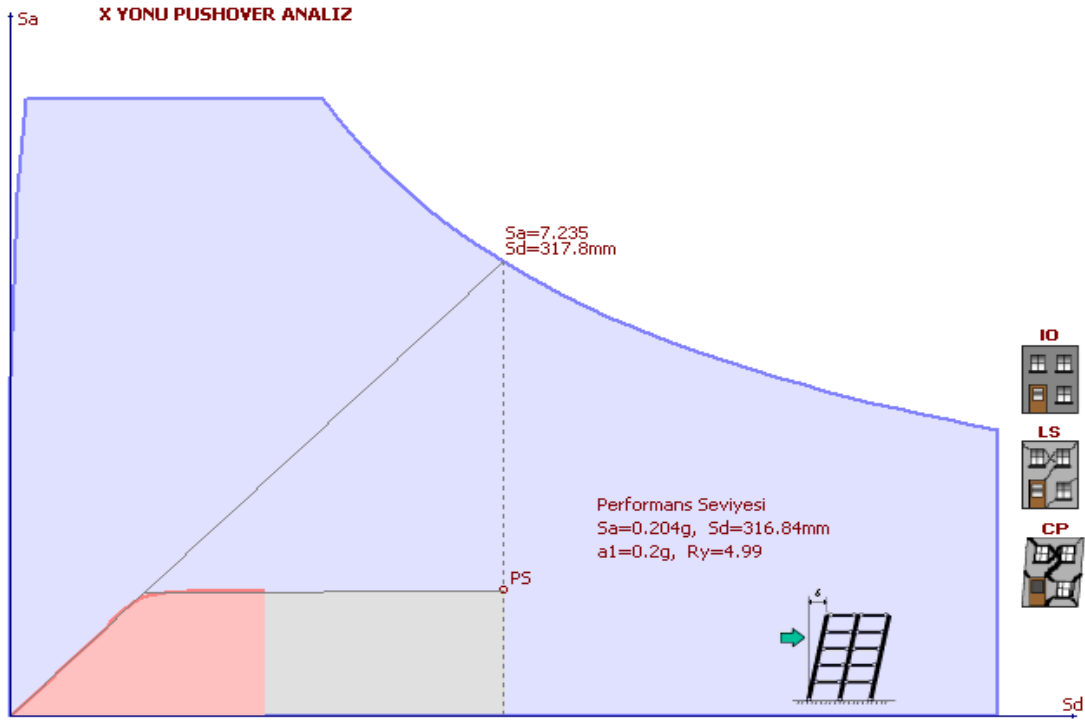


Şekil 5.17. Bina A 10 katlı basık kirişli x yönü pushover analizi

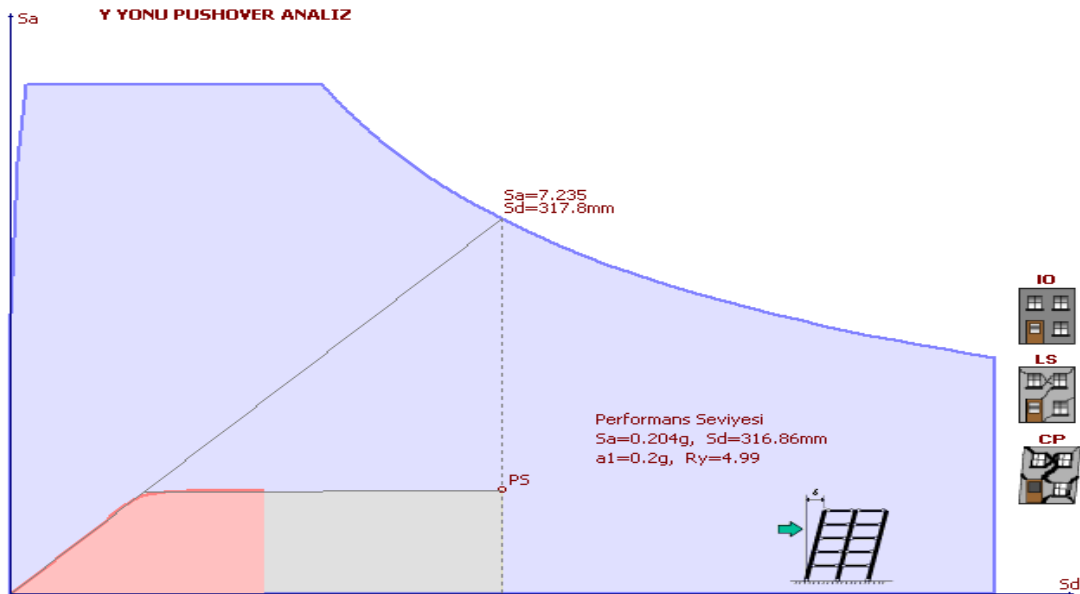


Şekil 5.18. Bina A 10 katlı basık kirişli y yönü pushover analizi

5.4.2.Bina A 10 katlı kirişli

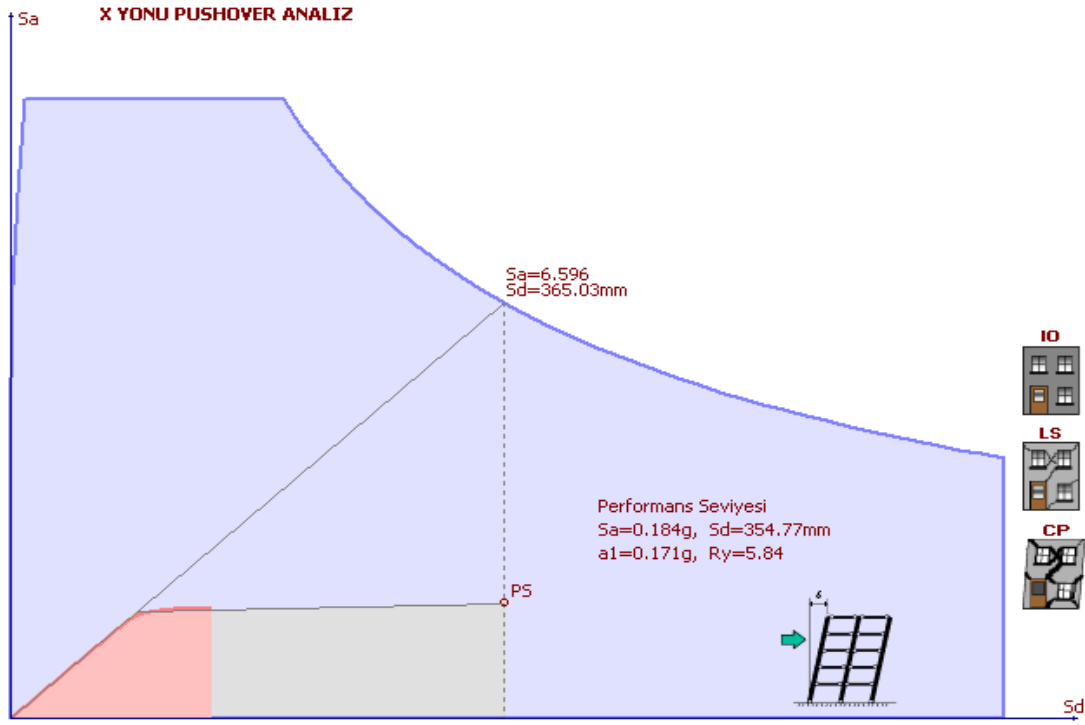


Şekil 5.19. Bina A 10 katlı kirişli x yönü pushover analizi

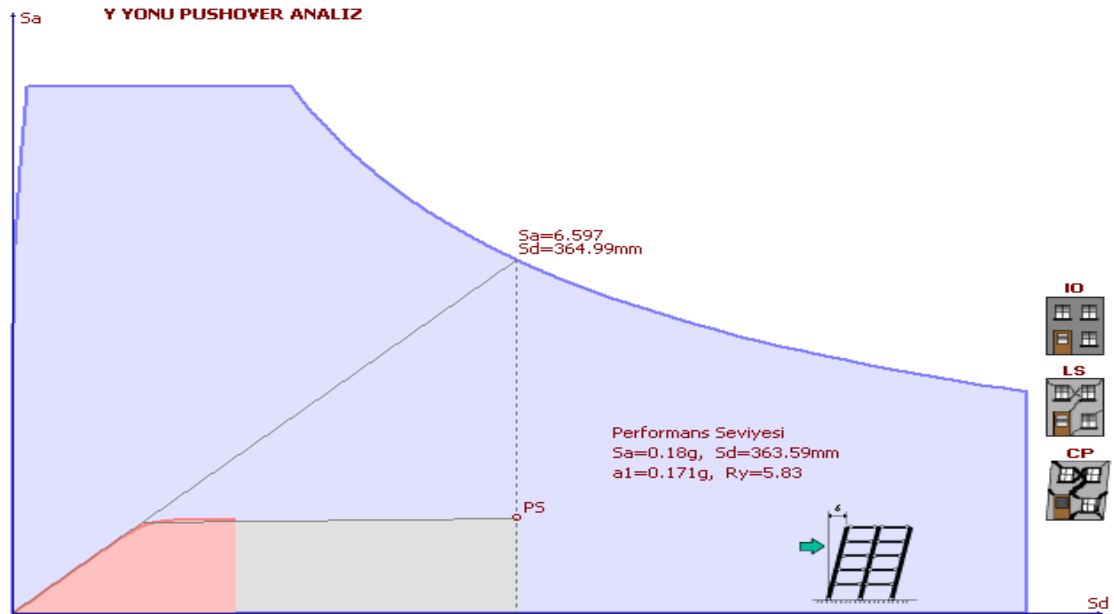


Şekil 5.20. Bina A 10 katlı kirişli y yönü pushover analizi

5.4.3.Bina A 10 katlı kirişsiz



Şekil 5.21. Bina A 10 katlı kirişsiz x yönü pushover analizi

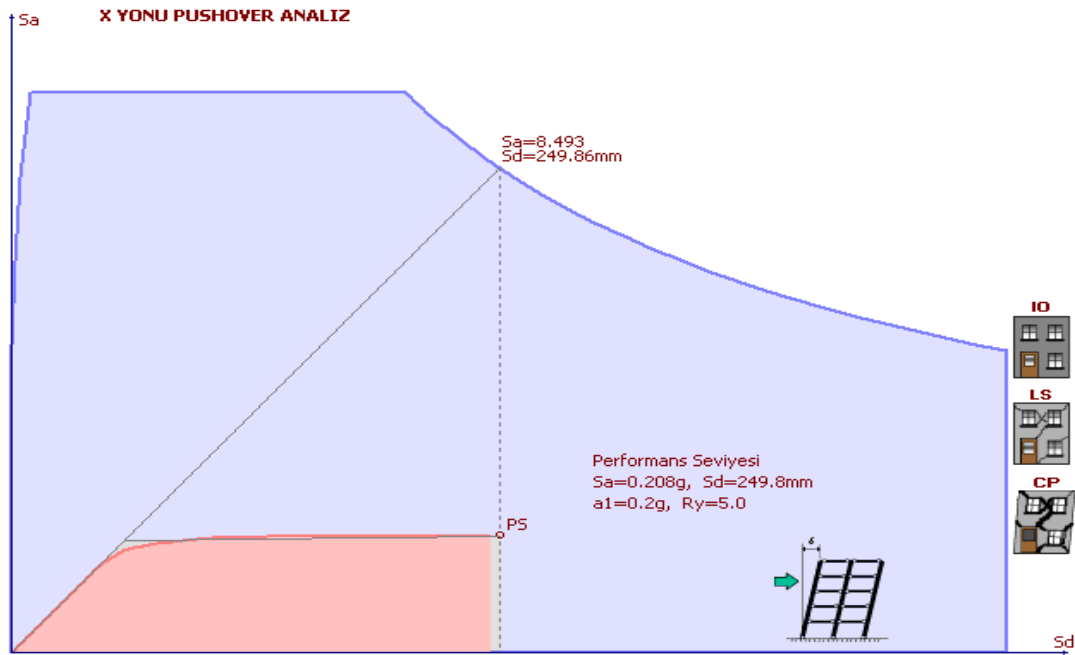


Şekil 5.22. Bina A 10 katlı kirişsiz y yönü pushover analizi

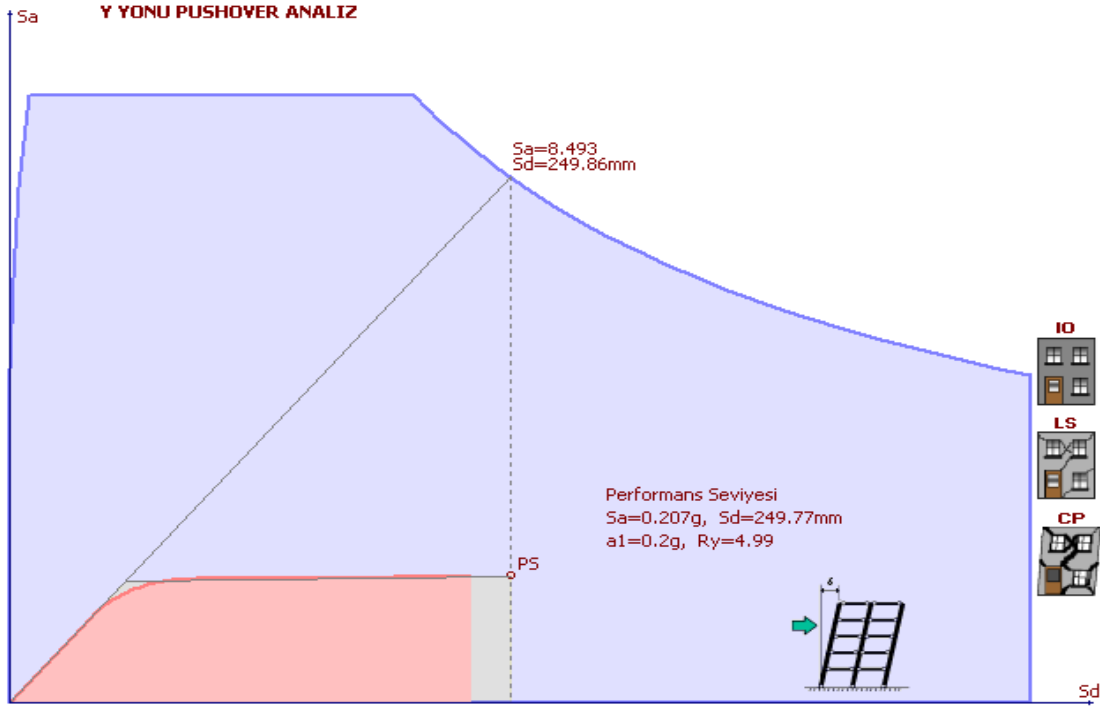
Tablo 5.1. Bina A 10 katlının sonuçları

			Elastik Bölge		Elasto-Plastik Bölge			
			S_a	S_d	S_a	S_d	a_1	R_y
A10	Basık Kirişli	X	6,574	366,910	0,188	366,900	0,185	5,400
	Basık Kirişli	Y	6,574	366,910	0,188	366,900	0,185	5,400
	Kirişli	X	7,235	317,800	0,204	316,840	0,200	4,990
	Kirişli	Y	7,235	317,800	0,204	316,840	0,200	4,990
	Kirişsiz	X	6,596	365,030	0,184	354,770	0,171	5,840
	Kirişsiz	Y	6,597	364,990	0,180	363,590	0,171	5,830

5.4.4.Bina A 5 katlı basık kirişli

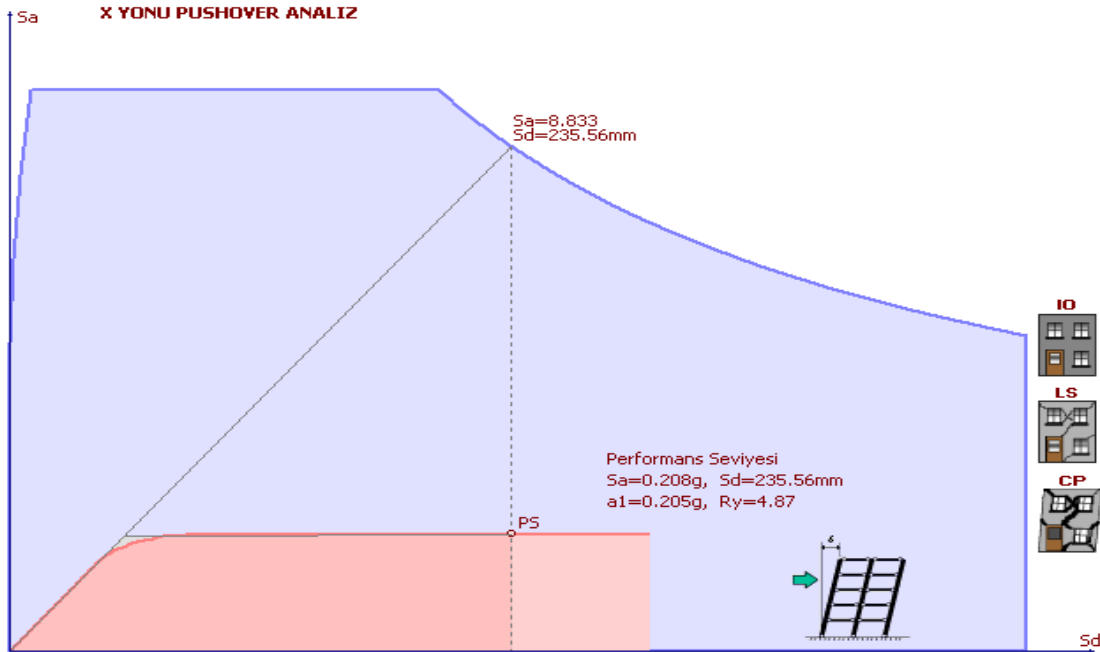


Şekil 5.23. Bina A 5 katlı basık kirişli x yönü pushover analizi

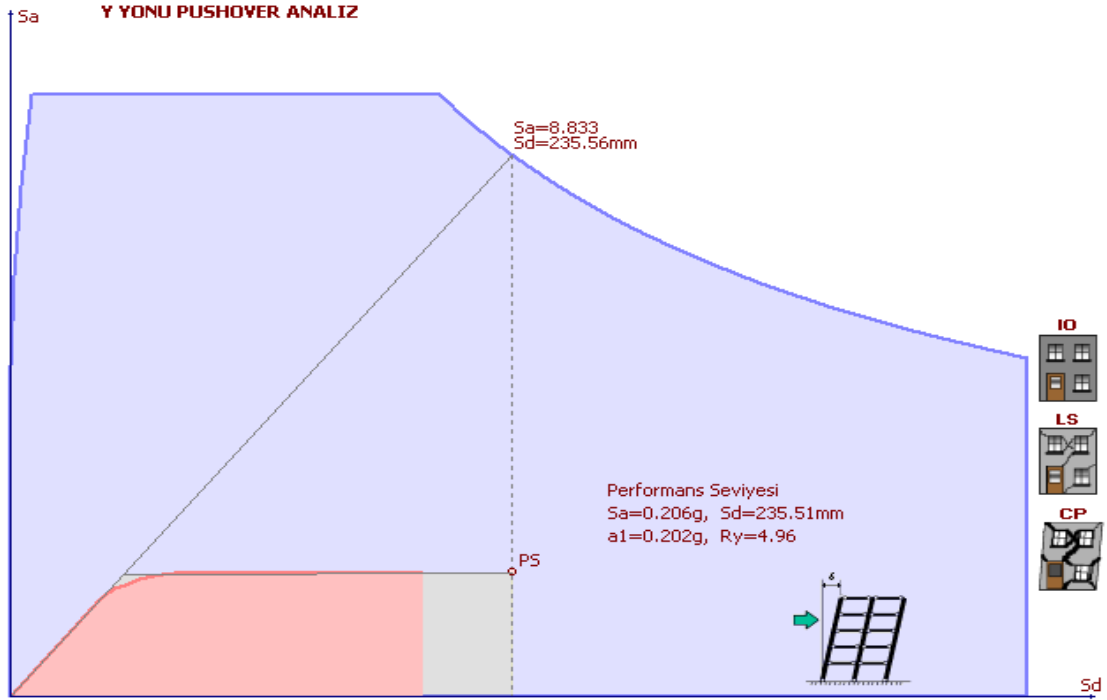


Şekil 5.24. Bina A 5 katlı basık kirişli y yönü pushover analizi

5.4.5. Bina A 5 katlı kirişli

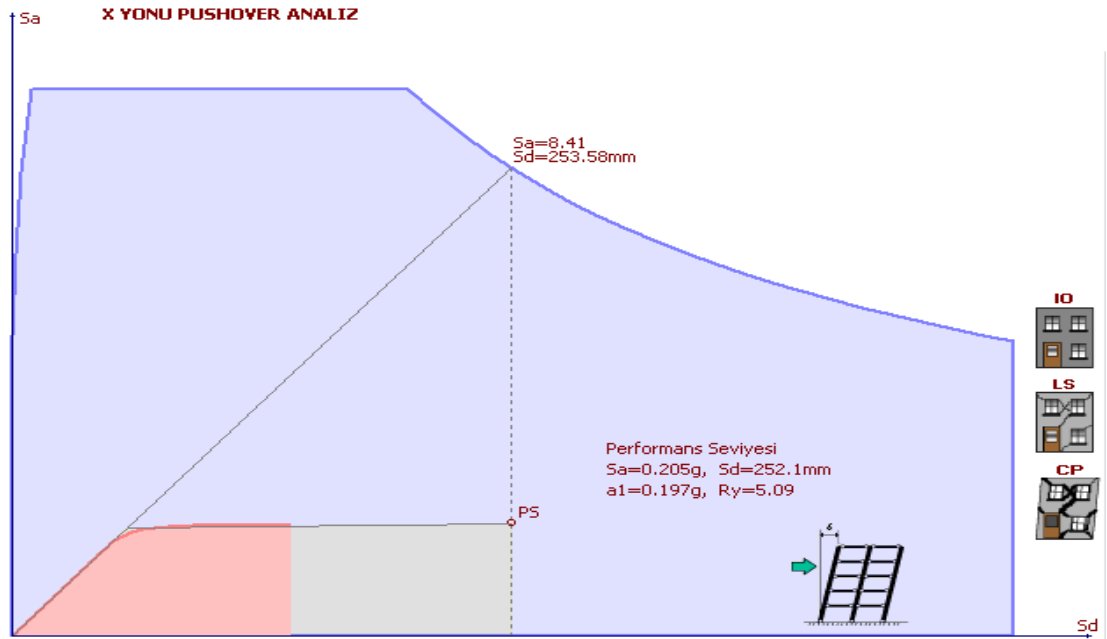


Şekil 5.25. Bina A 5 katlı kirişli x yönü pushover analizi

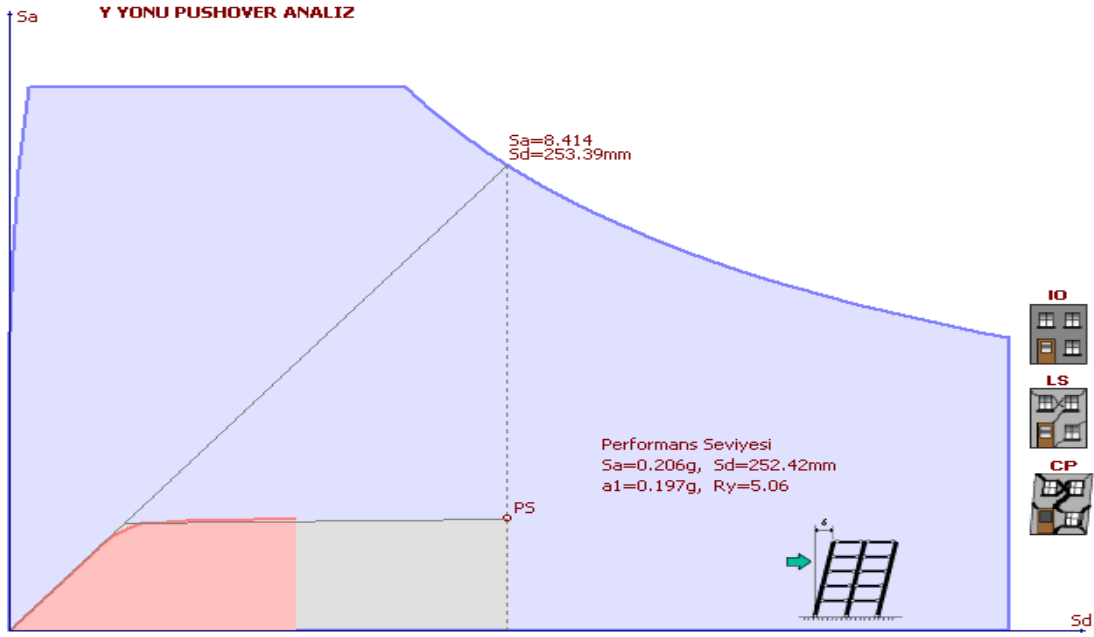


Şekil 5.26. Bina A 5 katlı kirişli y yönü pushover analizi

5.4.6. Bina A 5 katlı kirişsiz



Şekil 5.27. Bina A 5 katlı kirişsiz x yönü pushover analizi

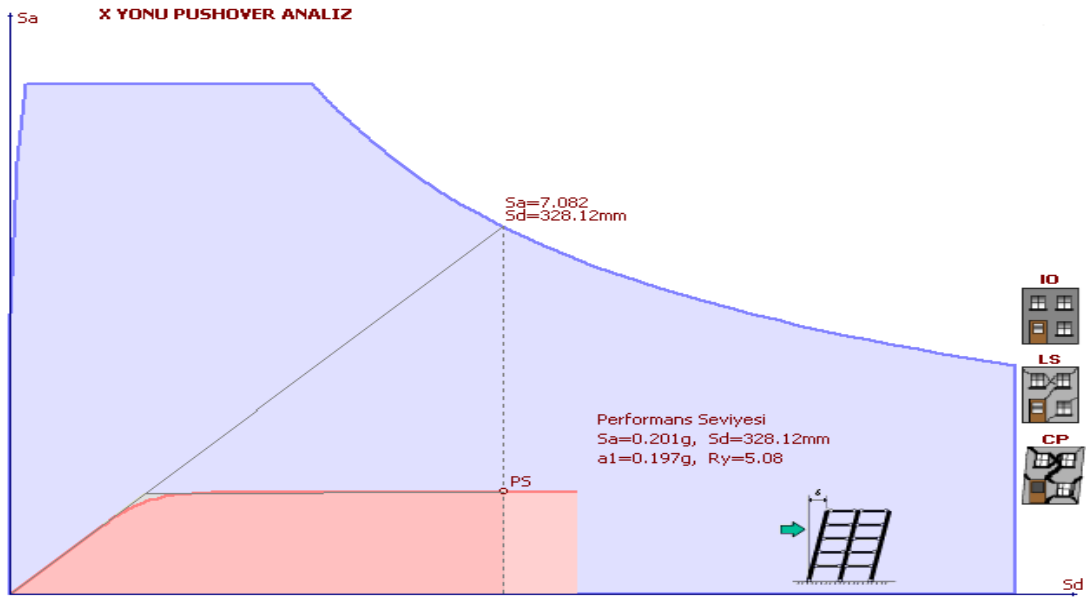


Şekil 5.28. Bina A 5 katlı kirişsiz y yönü pushover analizi

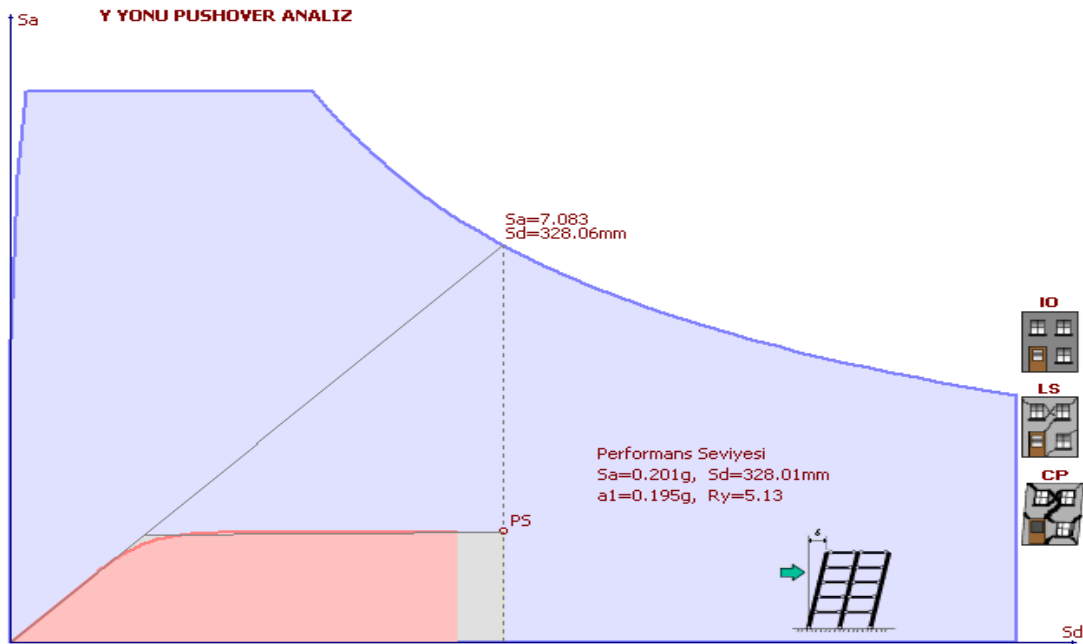
Tablo 5.2. Bina A 5 katlımın sonuçları

			Elastik Bölge		Elasto-Plastik Bölge			
			S_a	S_d	S_a	S_d	a_1	R_y
A5	Basık Kirişli	X	8,493	249,860	0,208	249,800	0,200	5,000
	Basık Kirişli	Y	8,493	249,860	0,207	249,770	0,200	4,990
	Kirişli	X	8,833	235,560	0,208	235,560	0,205	4,870
	Kirişli	Y	8,833	235,560	0,206	235,510	0,202	4,960
	Kirişsiz	X	8,410	253,580	0,205	252,100	0,197	5,090
	Kirişsiz	Y	8,414	253,390	0,206	252,420	0,197	5,060

5.4.7. Bina B 10 katlı basık kirişli

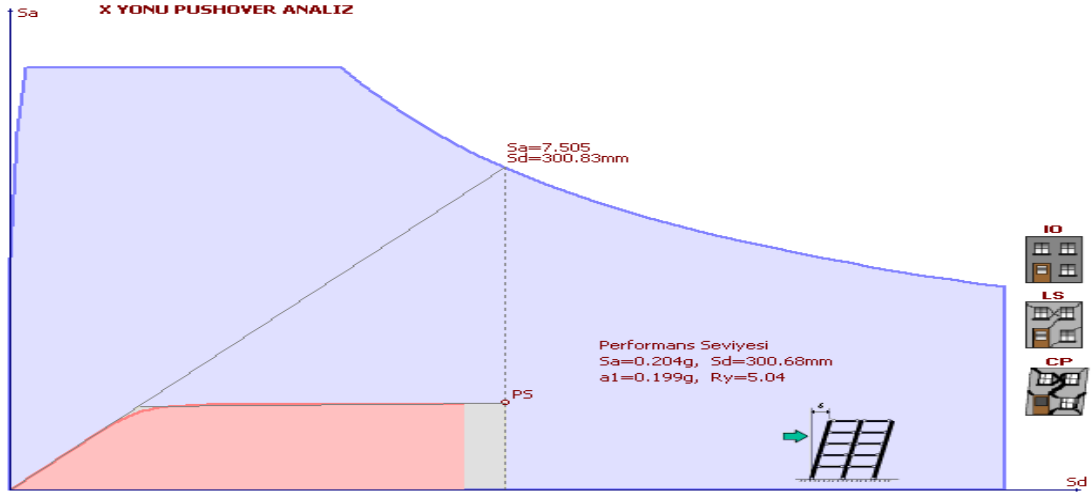


Şekil 5.29. Bina B 10 katlı basık kirişli x yönü pushover analizi

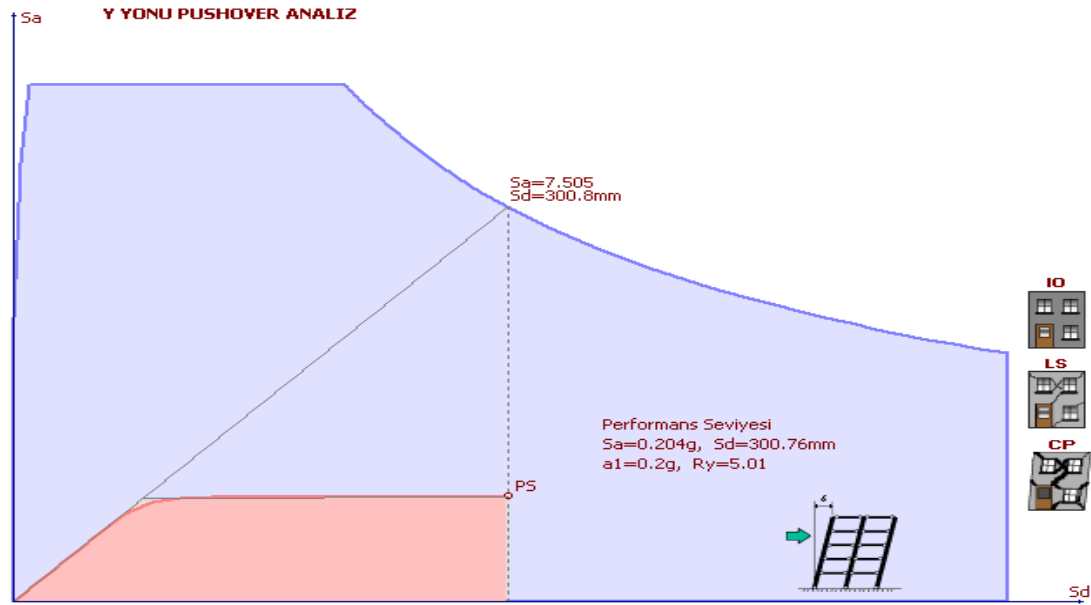


Şekil 5.30. Bina B 10 katlı basık kirişli y yönü pushover analizi

5.4.8.Bina B 10 katlı kirişli

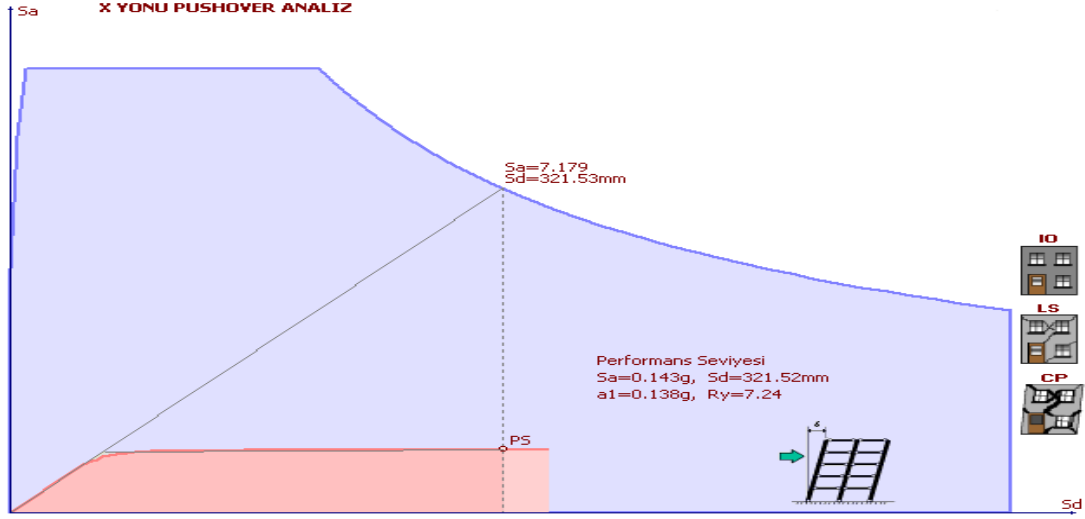


Şekil 5.31. Bina B 10 katlı kirişli x yönü pushover analizi

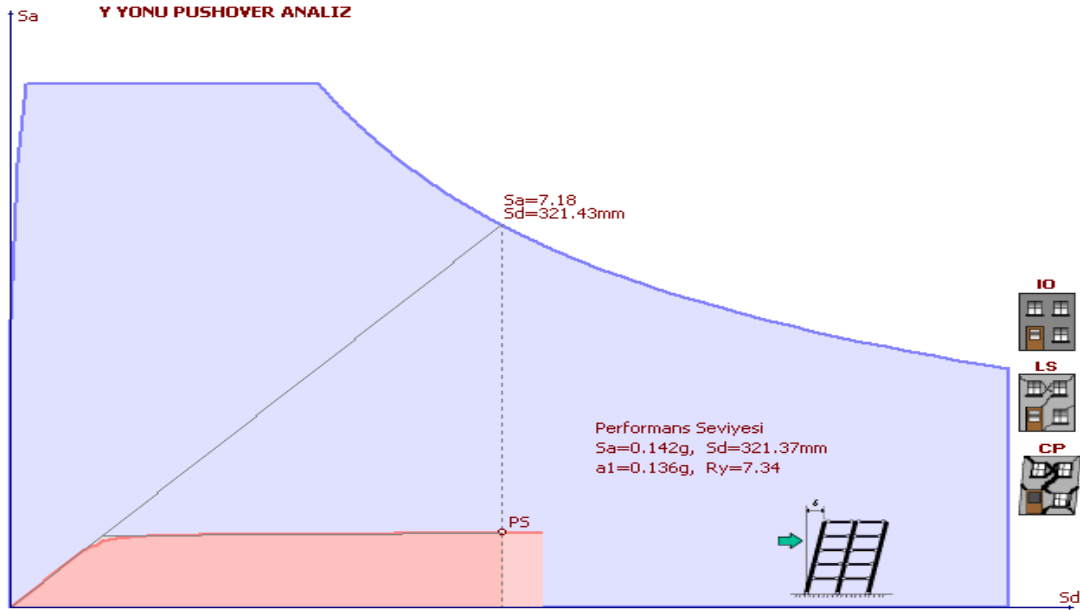


Şekil 5.32. Bina B 10 katlı kirişli y yönü pushover analizi

5.4.9. Bina B 10 katlı kirişsiz



Şekil 5.33. Bina B 10 katlı kirişsiz x yönü pushover analizi

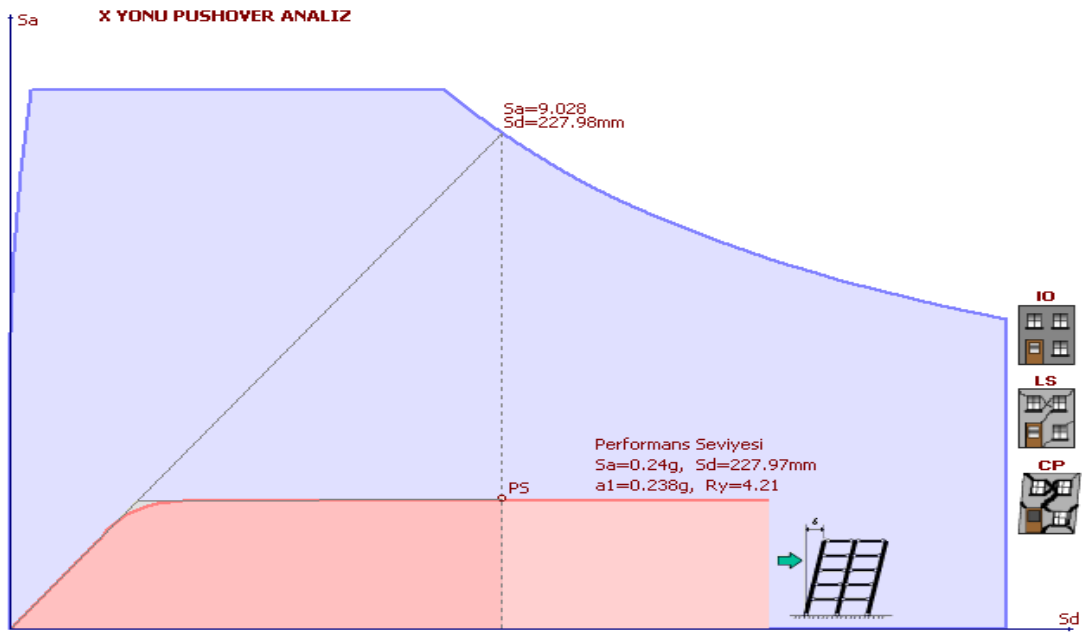


Şekil 5.34. Bina B 10 katlı kirişsiz y yönü pushover analizi

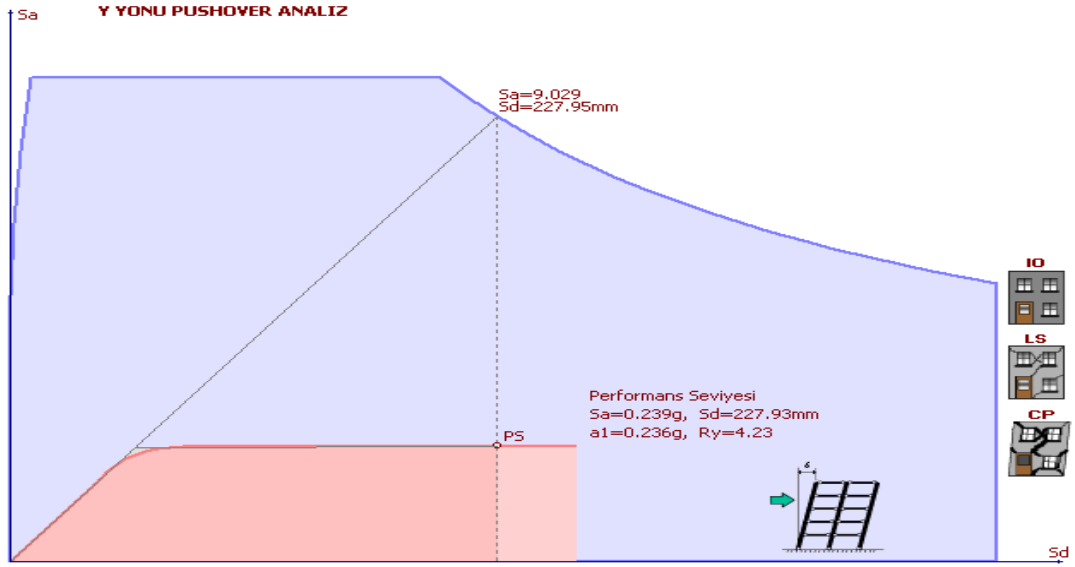
Tablo 5.3 . Bina B 10 katlının sonuçları

			Elastik Bölge		Elasto-Plastik Bölge			
			S_a	S_d	S_a	S_d	a_1	R_y
B10	Basık Kirişli	X	7,082	328,120	0,201	328,120	0,197	5,080
	Basık Kirişli	Y	7,083	328,060	0,201	328,010	0,195	5,130
	Kirişli	X	7,505	300,830	0,204	300,680	0,199	5,040
	Kirişli	Y	7,505	300,800	0,204	300,760	0,200	5,010
	Kirişsiz	X	7,179	321,530	0,143	321,520	0,138	7,240
	Kirişsiz	Y	7,180	321,430	0,142	321,370	0,136	7,340

5.4.10.Bina B 5 katlı basık kirişli

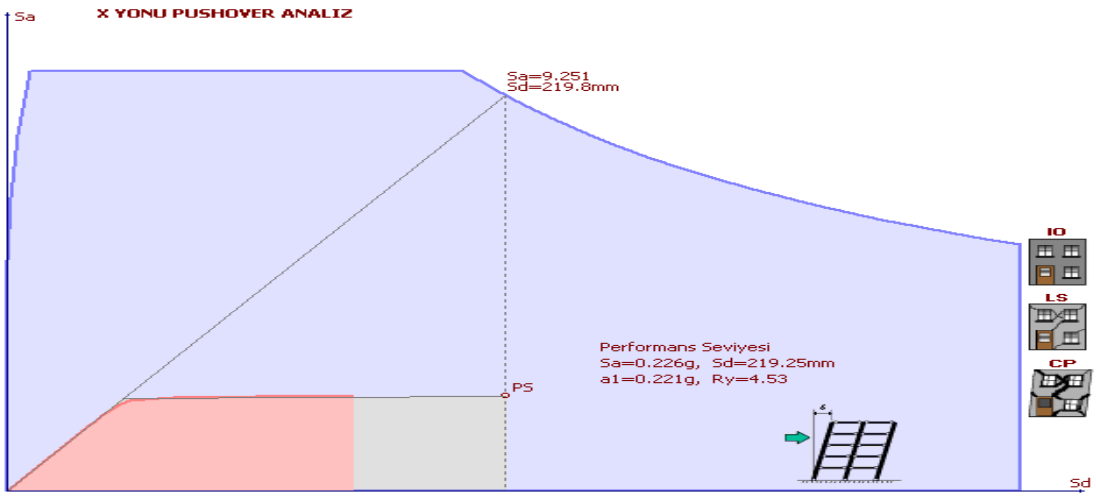


Şekil 5.35. Bina B 5 katlı basık kirişli x yönü pushover analizi

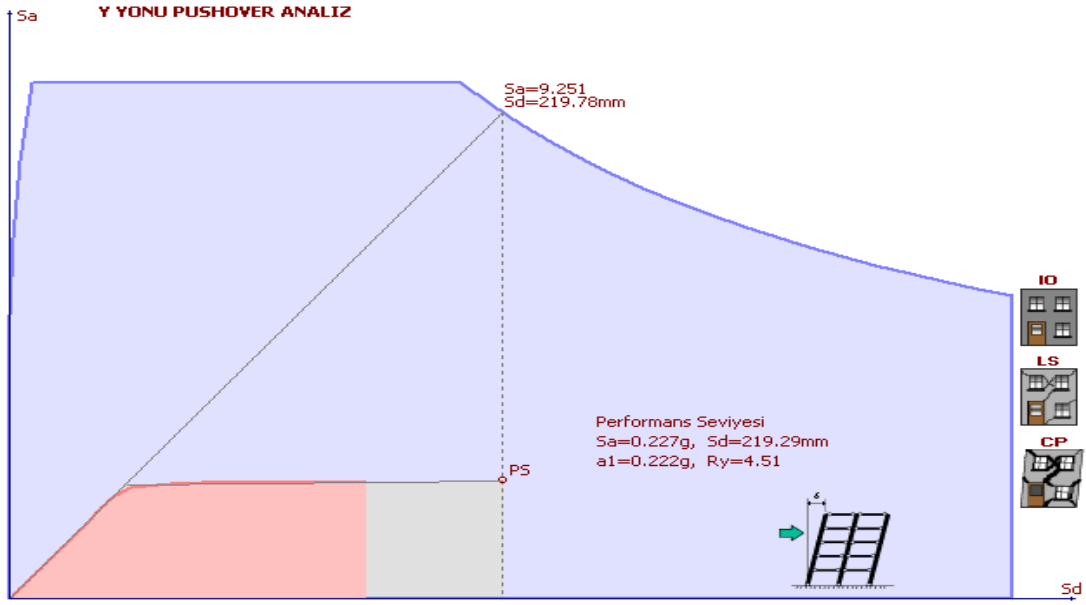


Şekil 5.36. Bina B 5 Katlı Basık Kirişli Y Yönü Pushover Analizi

5.4.11. Bina B 5 katlı kirişli

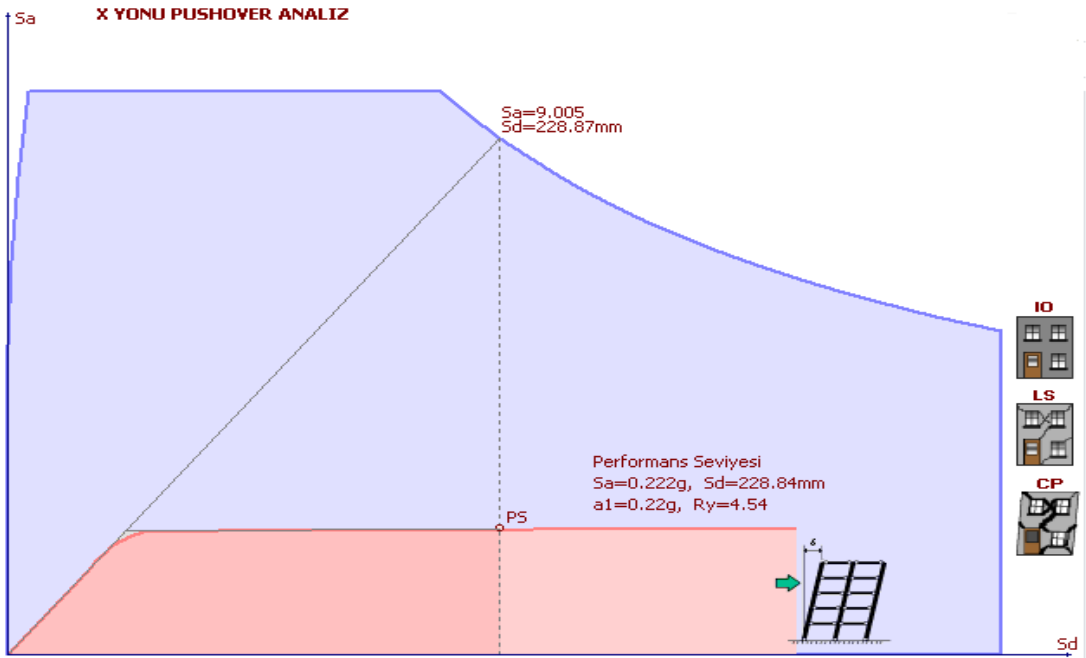


Şekil 5.37. Bina B 5 katlı kirişli x yönü pushover analizi

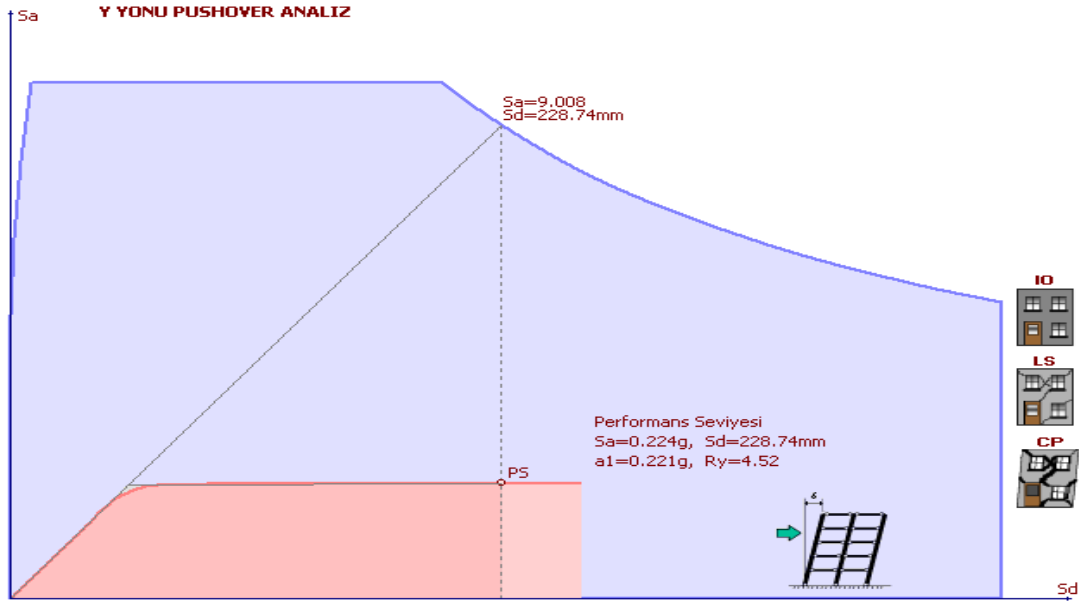


Şekil 5.38. Bina B 5 katlı kirişli y yönü pushover analizi

5.4.12. Bina B 5 katlı kirişsiz



Şekil 5.39. Bina B 5 katlı basık kirişsiz x yönü pushover analizi



Şekil 5.40. Bina B 5 katlı basık kirişsiz y yönü pushover analizi

Tablo 5.4. Bina B 5 katlının sonuçları

			Elastik Bölge		Elasto-Plastik Bölge			
			S_a	S_d	S_a	S_d	a_1	R_y
B5	Basık Kirişli	X	9,028	227,980	0,240	227,970	0,238	4,210
	Basık Kirişli	Y	9,029	227,950	0,239	227,930	0,236	4,230
	Kirişli	X	9,251	219,800	0,226	219,250	0,221	4,530
	Kirişli	Y	9,251	219,780	0,227	219,290	0,222	4,510
	Kirişsiz	X	9,005	228,870	0,222	228,840	0,220	4,540
	Kirişsiz	Y	9,008	228,740	0,224	228,740	0,221	4,520

Her binanın altına sonuçları tablo halinde de yazılarak karşılaştırma yapılması sağlandı.

BÖLÜM 6.

6.1.STA4 CAD Sonuçlarının Karşılaştırılması

6.1.1. Bina A 10 katli basık kirişli bina performans sonucu

Bina yatay yük kapasite oranı 1. kat : $V_r/V_e=398.89/251.54=1.586$

Belirgin Kiriş Hasar oranı=%60.0>%10 Hemen kullanım ×

Can güvenliği durumu,

Can güvenliği yeterlilik kontrolü:

Kiriş Hasar oranı=(IH=%0.0<=%30 ✓),(GB=%0 ✓)

Kolon Hasar oranı=(IH=%0.0<=%20 ✓),(GB=%0 ✓)

Ust kat Vc oranı=(IH=%0.0<=%40 ✓),(GB=%0 ✓)

Plastiklesen kolon Vc oranı=(BH+IH+GB=%0.0<=%30 ✓)

6.1.2. Bina A 10 katli kirişli bina performans sonucu

Bina yatay yük kapasite oranı 1. kat : $V_r/V_e=429.93/272.56=1.577$

Belirgin Kiriş Hasar oranı=%60.0>%10 Hemen kullanım ×

Can güvenliği yeterlilik kontrolü:

Kiriş Hasar oranı=(IH=%0.0<=%30 ✓),(GB=%0 ✓)

Kolon Hasar oranı=(IH=%0.0<=%20 ✓),(GB=%0 ✓)

Ust kat Vc oranı=(IH=%0.0<=%40 ✓),(GB=%0 ✓)

Plastiklesen kolon Vc oranı=(BH+IH+GB=%13.5<=%30 ✓)

6.1.3. Bina A 10 katli kirişsiz bina performans sonucu

Bina yatay yük kapasite oranı 1. kat : $V_r/V_e=347.98/232.21=1.499$

Belirgin Kiriş Hasar oranı= $\%50.0>\%10$ Hemen kullanım \times

Can güvenliği yeterlilik kontrolü:

Kiriş Hasar oranı= $(IH=\%0.0\leq\%30 \checkmark), (GB=\%0 \checkmark)$

Kolon Hasar oranı= $(IH=\%0.0\leq\%20 \checkmark), (GB=\%0 \checkmark)$

Ust kat Vc oranı= $(IH=\%0.0\leq\%40 \checkmark), (GB=\%0 \checkmark)$

Plastiklesen kolon Vc oranı= $(BH+IH+GB=\%0.0\leq\%30 \checkmark)$

6.1.4. Bina A 5 katli basık kirişli bina performans sonucu

Bina yatay yük kapasite oranı 1. kat : $V_r/V_e=250.52/146.81=1.706$

Plastiklesen kolon Vc oranı= $\%62.3>\%30 \times$

Göçmenin önlenmesi durumu yeterlilik kontrolü:

Göçme bölgesi Kiriş Hasar oranı= $\%0.0<\%20 \checkmark$

Kolon Vc oranı= $\%0.0<\%40 \checkmark$

Ust kat Vc oranı= $\%0.0<\%40 \checkmark$

Plastiklesen kolon Vc oranı= $\%62.3>\%30 \times$

6.1.5. Bina A 5 katli kirişli bina performans sonucu

Bina yatay yük kapasite oranı 1. kat : $V_r/V_e=254.73/150.24=1.695$

Belirgin Kiriş Hasar oranı= $\%60.0>\%10$ Hemen kullanım \times

Can güvenliği yeterlilik kontrolü:

Kiriş Hasar oranı= $(IH=\%0.0\leq\%30 \checkmark), (GB=\%0 \checkmark)$

Kolon Hasar oranı= $(IH=\%0.0\leq\%20 \checkmark), (GB=\%0 \checkmark)$

Ust kat Vc oranı= $(IH=\%0.0\leq\%40 \checkmark), (GB=\%0 \checkmark)$

Plastiklesen kolon Vc oranı= $(BH+IH+GB=\%25.6\leq\%30 \checkmark)$

6.1.6. Bina A 5 katli kirişsiz bina performans sonucu

Bina yatay yük kapasite oranı 1. kat : $V_r/V_e=230.19/153.82=1.497$

Plastiklesen kolon V_c oranı= $\%46.0>\%30 \times$

Göçmenin önlenmesi durumu yeterlilik kontrolü:

Göçme bölgesi Kiriş Hasar oranı= $\%0.0<\%20 \checkmark$

Kolon V_c oranı= $\%0.0<\%40 \checkmark$

Ust kat V_c oranı= $\%0.0<\%40 \checkmark$

Plastiklesen kolon V_c oranı= $\%46.0>\%30 \times$

6.1.7. Bina B 10 katli basık kirişli bina performans sonucu

Bina yatay yük kapasite oranı 1. kat : $V_r/V_e=953.86/569.21=1.676$

Belirgin Kiriş Hasar oranı= $\%71.4>\%10$ Hemen kullanım \times

Can güvenliği yeterlilik kontrolü:

Kiriş Hasar oranı= $(IH=\%0.0\leq\%30 \checkmark),(GB=\%0 \checkmark)$

Kolon Hasar oranı= $(IH=\%0.0\leq\%20 \checkmark),(GB=\%0 \checkmark)$

Ust kat V_c oranı= $(IH=\%0.0\leq\%40 \checkmark),(GB=\%0 \checkmark)$

Plastiklesen kolon V_c oranı= $(BH+IH+GB=\%6.9\leq\%30 \checkmark)$

6.1.8. Bina B 10 katli kirişli bina performans sonucu

Bina yatay yük kapasite oranı 1. kat : $V_r/V_e=989.06/595.41=1.66$

Belirgin Kiriş Hasar oranı= $\%71.4>\%10$ Hemen kullanım \times

Can güvenliği yeterlilik kontrolü:

Kiriş Hasar oranı= $(IH=\%0.0\leq\%30 \checkmark),(GB=\%0 \checkmark)$

Kolon Hasar oranı= $(IH=\%0.0\leq\%20 \checkmark),(GB=\%0 \checkmark)$

Ust kat V_c oranı= $(IH=\%0.0\leq\%40 \checkmark),(GB=\%0 \checkmark)$

Plastiklesen kolon V_c oranı= $(BH+IH+GB=\%0.0\leq\%30 \checkmark)$

6.1.9. Bina B 10 katli kirişsiz bina performans sonucu

Bina yatay yük kapasite oranı 1. kat : $V_r/V_e=886.87/546.97=1.621$

Belirgin Kiriş Hasar oranı=%66.7>%10 Hemen kullanım ×

Can güvenliği yeterlilik kontrolü:

Kiriş Hasar oranı=(IH=%0.0<=%30 ✓),(GB=%0 ✓)

Kolon Hasar oranı=(IH=%0.0<=%20 ✓),(GB=%0 ✓)

Ust kat Vc oranı=(IH=%0.0<=%40 ✓),(GB=%0 ✓)

Plastiklesen kolon Vc oranı=(BH+IH+GB=%7.0<=%30 ✓)

6.1.10. Bina B 5 katli basık kirişli bina performans sonucu

Bina yatay yük kapasite oranı 1. kat : $V_r/V_e=644.04/392.99=1.639$

Plastiklesen kolon Vc oranı=%35.7>%30 ×

Göçmenin önlenmesi durumu yeterlilik kontrolü:

Göçme bölgesi Kiriş Hasar oranı=%0.0<%20 ✓

Kolon Vc oranı=%0.0<%40 ✓

Ust kat Vc oranı=%0.0<%40 ✓

Plastiklesen kolon Vc oranı=%35.7>%30 ×

6.1.11. Bina B 5 katli kirişli bina performans sonucu

Bina yatay yük kapasite oranı 1. kat : $V_r/V_e=650.08/397.68=1.635$

Plastiklesen kolon Vc oranı=%38.2>%30 ×

Göçmenin önlenmesi durumu yeterlilik kontrolü:

Göçme bölgesi Kiriş Hasar oranı=%0.0<%20 ✓

Kolon Vc oranı=%0.0<%40 ✓

Ust kat Vc oranı=%0.0<%40 ✓

Plastiklesen kolon Vc oranı=%38.2>%30 ×

6.1.12. Bina B 5 katli kirişsiz bina performans sonucu

Bina yatay yük kapasite oranı 1. kat : $V_r/V_e=557.87/348.88=1.599$

Plastiklesen kolon Vc oranı=%45.1>%30 ×

Göçmenin önlenmesi durumu yeterlilik kontrolü:

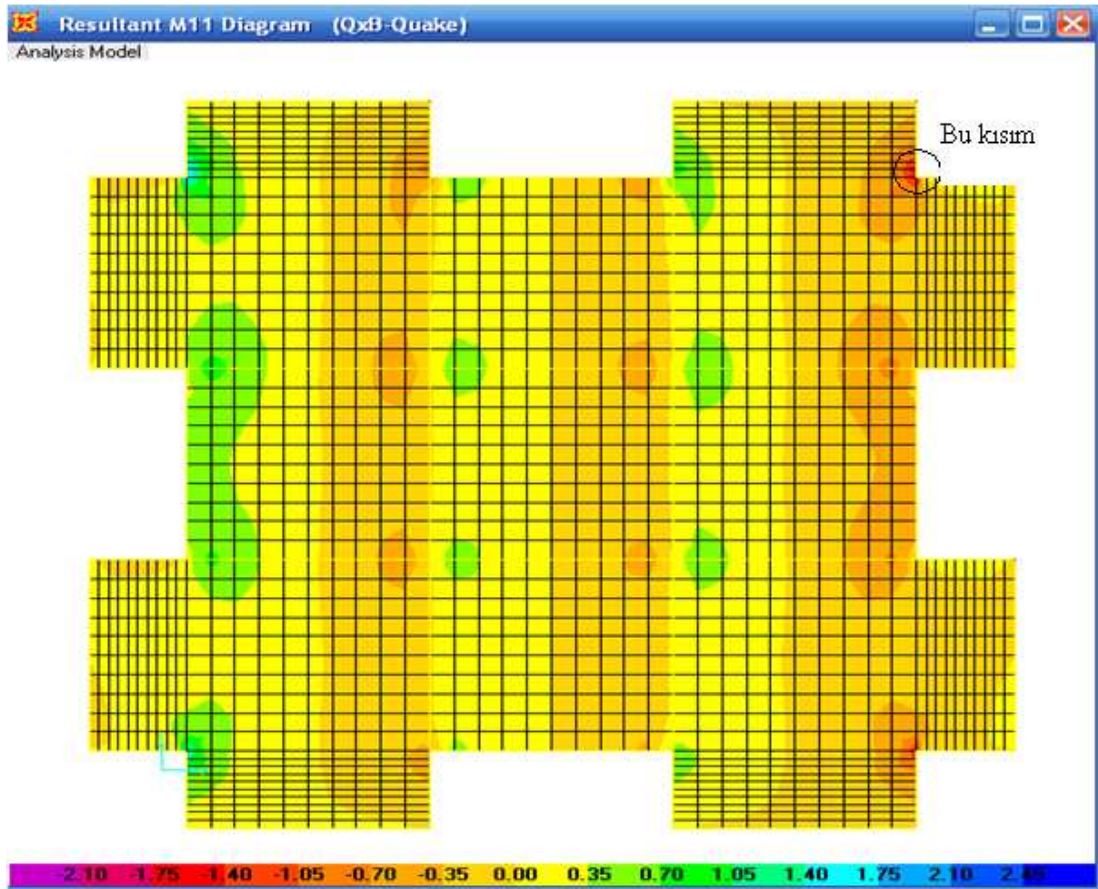
Göçme bölgesi Kiriş Hasar oranı=%0.0<%20 ✓

Kolon Vc oranı=%0.0<%40 ✓

Ust kat Vc oranı=%0.0<%40 ✓

Plastiklesen kolon Vc oranı=%45.1>%30 ×

6.2. SAP 2000' de Döşemelerin Hesaba Katılması



Şekil 6.1. SAP 2000' de döşeme birleşim bölgesi hesabı

Şekil 6.1.'de görüldüğü üzere belirtilen kolon döşeme birleşim bölgesinde yatay yüklerden oluşan ek momentlerden dolayı 1 m. genişlik için 3Φ10 ek donatı gerekmektedir. Simetrik olmasına rağmen iki yerdede çıkmama nedeni pozitif eksantiristeden dolayı %5 merkez üstüne verilen kuvvet etkisidir. Negatif eksantiriste içinde aynı sonuç simetrik alt kısımda çıkmaktadır.

BÖLÜM 7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Binaların performans analizi sonucunda oluşan hasar durumları ve kesme kuvveti kapasitesi – etkiyen kesme kuvveti değerleri karşılaştırma için aşağıda özetlenmiştir.

7.1.Sonuçların Değerlendirilmesi

7.1.1.Bina A 10 katlı

Binaya gelen taban kesme kuvveti kirişsizden normal kirişliye doğru artmıştır.

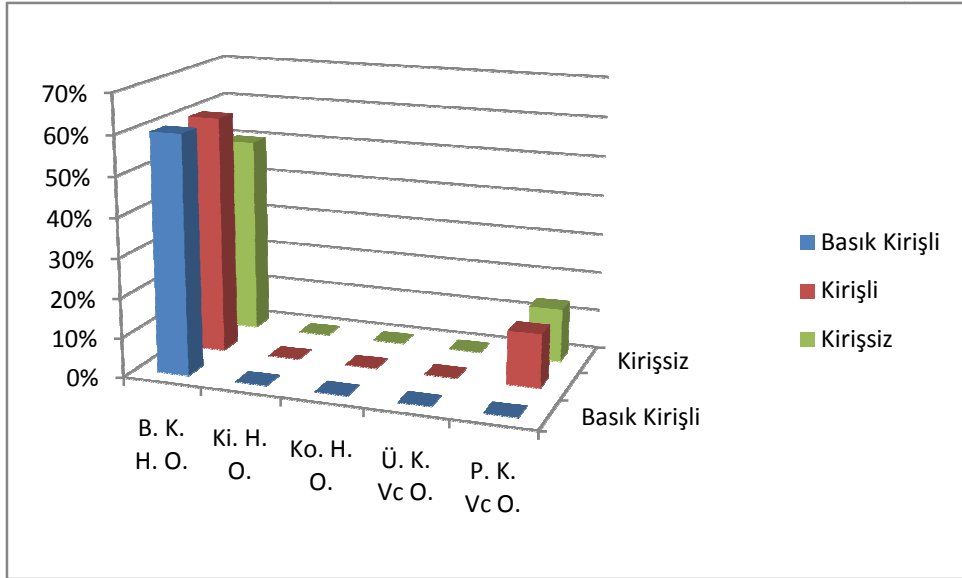
Kirişsizde daha az belirgin hasar görülmüştür.Kirişsizde %50 diğerlerinde %60.

Kesme kuvvetinden kolonlarda oluşan hasar noktaları aynı kalmıştır.

3 durumdada can güvenliği performans düzeyi sağlanmıştır.

Tablo 7.1. Bina A 10 katlının sonuçlarının değerlendirilmesi

	Basık Kirişli	Kirişli	Kirişsiz
Vr/Ve	1,586	1,577	1,499
B. K. H. O.	%60	%60	%50
Ki. H. O.	%0	%0	%0
Ko. H. O.	%0	%0	%0
Ü. K. Vc O.	%0	%0	%0
P. K. Vc O.	%0	%13,5	%13,5



Şekil 7.1. Bina A 10 katlıının sonuçlarının grafik değerlendirmesi

7.1.2.Bina A 5 katlı

Binaya gelen taban kesme kuvveti kirişsizden normal kirişliye doğru bir artış göstermemiş,düzensiz bir dağılım oluşmuştur.

Kirişsizde daha az belirgin hasar görülmüştür.Kirişsizde %50 diğerlerinde %60.

Kolonlarda kirişsiz ve basık kirişlide ileri hasar görülmüş, kirişlide belirli hasar sınırında kalmıştır.

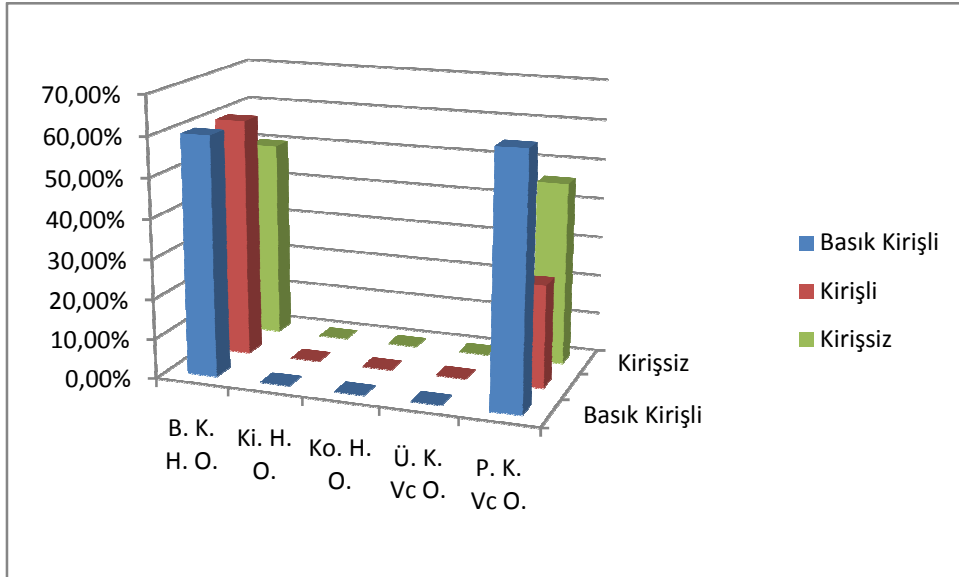
Kirişsiz ve basık kirişlide göçmenin önlenmesi performans seviyesinde kalırken,kirişlide can güvenliği performans seviyesinde kalınmıştır.

Kolonların büyütülmesi gerekti,değiştirilmeyince de kesmeden dolayı ileri hasar oluştu.

Görel kat ötelemeleri sınırına görede kirişsiz ve basık kirişlide 2. katlarda ileri hasar oluşmuştur.

Tablo 7.2. Bina A 5 katlının sonuçlarının değerlendirilmesi

	Basık Kirişli	Kirişli	Kirişsiz
Vr/Ve	1,706	1,695	1,497
B. K. H. O.	%60	%60	%50
Ki. H. O.	%0	%0	%0
Ko. H. O.	%0	%0	%0
Ü. K. Vc O.	%0	%0	%0
P. K. Vc O.	%62,3	%25,6	%46



Şekil 7.2. Bina A 5 katlının sonuçlarının grafik değerlendirilmesi

7.1.3.Bina B 10 katlı

Binaya gelen taban kesme kuvveti kirişsizden normal kirişliye doğru artmıştır.

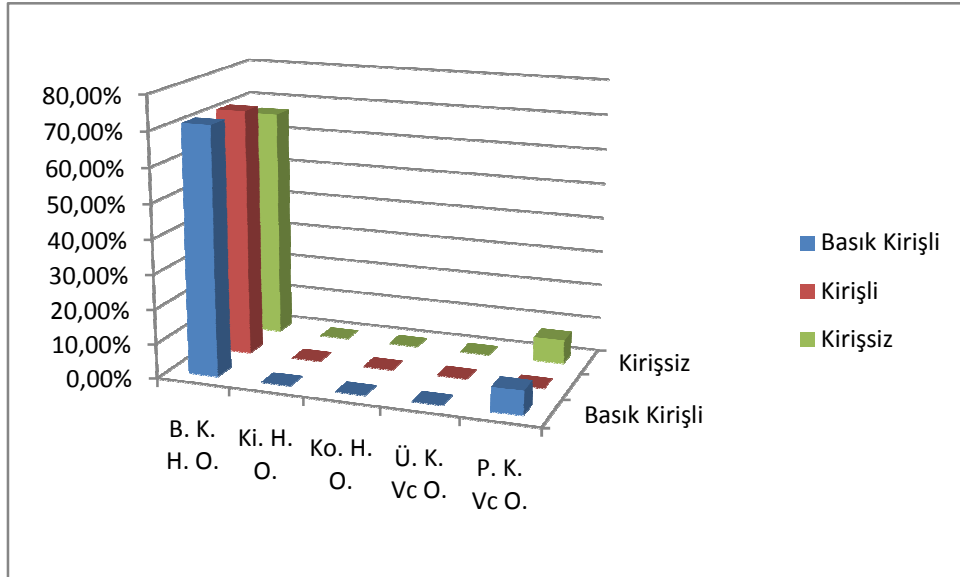
Kirişsizde daha az belirgin hasar görülmüştür.Kirişsizde %66.7 diğerlerinde %71,4.

Kesme kuvvetinden kolonlarda oluşan hasar noktaları aynı kalmıştır.

3 durumdada can güvenliği performans düzeyi sağlanmıştır.

Tablo 7.3. Bina B 10 katlının sonuçlarının değerlendirilmesi

	Basık Kirişli	Kirişli	Kirişsiz
Vr/Ve	1,676	1,66	1,621
B. K. H. O.	%71,4	%71,4	%66,7
Ki. H. O.	%0	%0	%0
Ko. H. O.	%0	%0	%0
Ü. K. Vc O.	%0	%0	%0
P. K. Vc O.	%6,9	%0	%7



Şekil 7.3. Bina B 10 katlının sonuçlarının grafik değerlendirilmesi

7.1.4.Bina B 5 katlı

Binaya gelen taban kesme kuvveti kirişsizden normal kirişliye doğru artmıştır.

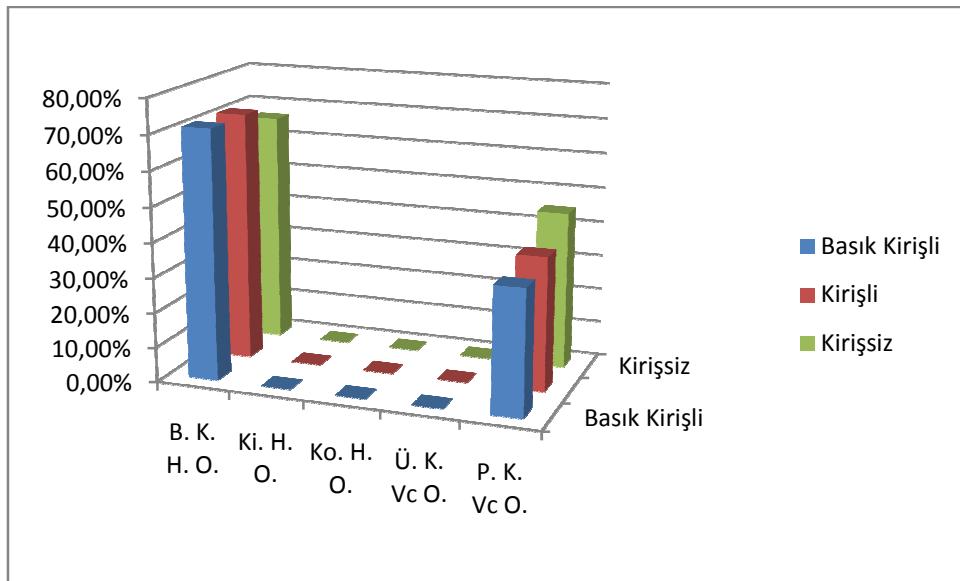
Kirişsizde daha az belirgin hasar görülmüştür. Kirişsizde %66,4 değerlerinde %71,4.

Kolonlarda 3 durumunda da belirli hasar sınırında kalmıştır.

Kirişsiz, basık kirişli ve kirişli modelin üçünde de göçmenin önlenmesi performans seviyesinde kalmıştır.

Tablo 7.4. Bina B 5 katlının sonuçlarının değerlendirilmesi

	Basık Kirişli	Kirişli	Kirişsiz
Vr/Ve	1,639	1,635	1,599
B. K. H. O.	%71,4	%71,4	%66,4
Ki. H. O.	%0	%0	%0
Ko. H. O.	%0	%0	%0
Ü. K. Vc O.	%0	%0	%0
P. K. Vc O.	%35,7	%38,2	%45,1



Şekil 7.4. Bina B 5 katlının sonuçlarının grafik değerlendirmesi

Bina A-5 Kirişsiz-Basık Kirişli ve B-5 Kirişsiz-Basık Kirişli-Kirişli binaları dışında ki tüm binalarda can güvenliği sağlanmıştır. Bina A-5 Kirişli de can güvenliği sağlanmış olması ve B-5 Kirişlinin can güvenliği sınırını sağlamasada sınıra yakın olması, diğer binalarda kirişsizden basık kirişli ve normal kirişliye doğru hasar oranlarının azalması, çerçeve sürekliliğinin binanın performansının artışıdaki etkisini göz önüne sermektedir. Genel olarak kirişsizden kirişliye doğru gidildikçe binanın deprem yükü taşıma kapasitesi artmaktadır. Binanın hiperstatiklik derecesi arttıkça (çerçeve sayısında diyebiliriz) eksik kiriş veya basık kirişlerden oluşan rijitlik kaybı tölere edilmekte ve hedef performans seviyesi sağlanmaktadır.

Sonuç olarak hiperstatiklik oranı yüksek ise kirişle bağlanmayan çerçeveler veya basık kirişle rijitliği azaltılmış çerçevelerin yapılmasında büyük bir sakınca olmamaktadır. Fakat hiperstatiklik oranı azaldıkça kirişle bağlanmayan çerçevelerde ileri hasar bölgeleri oluşmaya başlamaktadır. Bu da lineer statik hesapla yeterli görünen durumların nonlinear analizi yapıldığında gerekli güvenliği sağlayamayabildiğini ortaya koymuştur. Ayrıca B-5 Binasında tüm durumların istenen performans hedefine ulaşamaması, yeni yapılacak her binanın nonlinear hesaba göre boyutlandırılmasının faydalı olacağını göstermektedir. A-5 ve B-5 binalarında minimum kolon-kiriş boyutları kullanılmaya çalışıldığından itme (push over) analizi sonucunda diğer binalara göre daha kötü performans sergilemişlerdir.

Kirişsiz olan modellerde döşeme rijitlikleri STA-4 programında dikkate alınmamaktadır. Bununla beraber şuan Türkiyede bulunan bir çok paket betonarme tasarım programında da döşeme kolon birleşimi static hesapta göz önüne alınmamaktadır. Sap 2000 ile çözümlenerek dikkate alındığında ise döşemelerin kolonlarla birleşim bölgesinde ek donatıya gerek olduğu ve bundan dolayı birleşim bölgesi kontrolü yapılması gerektiği ıspatlanmıştır. Aksi takdirde yetersiz donatıdan dolayı bu kısımlarda oluşacak çatlaklardan dolayı döşemede belirgin hasarlar oluşacak, döşemenin kesme kuvveti dayanımı azalacak ve yüksek kesme kuvveti alan yerlerde ani göçmelere neden olabilecektir.

KAYNAKLAR

ATALAR A. , Statik İtme (Pushover) Yöntemi İle Çapraz Elemanlı Betonarme Çerçevelerin Performans Seviyelerinin Belirlenmesi, Y. Lisans, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 1-37, 2005.

ATC-40,. Seismic Evalutaion and Retrofit of Concrete Buildings, Cilt I and II Applied Technology Council, Redwood City, California, 1996.

AYDINOĞLU, M.N., An Incremental Response Spectrum Analysis Procedure Based on Inelastic Spectral Displacements for Multi-Mode Seismic Performance Evaluation, Bulletin of Earthquake Engineering, 1, 3–36, 2003.

BAL İ. E., ÖZDEMİR Z. , Çevre Çerçeve Kirişi Süreksizliğinin Yapı Deprem Davranışı Üzerindeki Etkileri, İMO İstanbul Bülteni, 10-18, 2006.

BALLARD, T.A. and Sedarat, H., SR5 Lake Washington Ship Canal Bridge Pushover Analysis, Computers and Structures, 72, 63-80, 1999.

CBSC,. International Conference of Building Officials, California Building Standarts Commission, California, 1995.

CELEP, Z. ve KUMBASAR, N., Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, Beta Dağıtım, İstanbul, 2004.

CHANDLER, A.M. and LAM, N.T.K., Performance-Based Design in Earthquake Engineering a Multidisciplinary Review, Engineering Structures, 23, 1525–1543. 2001.

CHINTANAPAKDEE, C. And Chopra, A.K., Evaluation of Modal Pushover Analysis Using Generic Frames, Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 32, 417–442, 2003.

CHOPRA, A.K. and GOEL, R.K., A Modal Pushover Analysis Procedure for Estimating Seismic Building, Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 31, 561–582, 2002.

CHOU, C. and UANG, C., A Procedure for Evaluating Seismic Energy Demand of Framed Structures, Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 32, 229–244, 2003.

COLEMAN, J. and SPACONE, E., Localization Issues In Force-Based Frame Elements, *Journal of Structural Engineering*, Vol. 127, No. 11, 2001.

EL-TAWIL, S., Kuenzli, M.C. and Hassan, M., Pushover of Hybrid Coupled Walls I Design and Modeling, *Journal of Structural Engineering*, 10, 1282–1289, 2002.

FEMA 273 / 356, Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings, Cilt I Federal Emergency Management Agency, Redwood City, California. 1996.

FILIATRAULT, A., Isoda, H. and Folz, B., Hysteretic Damping of Wood Framed Buildings, *Engineering Structures*, 25, 461–471, 2002.

GANZERLI, S., Pantelides, C.P. and Reaveley, L.D., Performance-Based Design Using Structural Optimization, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 29, 1677 – 1690, 2000.

HABIBULLAH, A. and Plye, S., Practical Three Dimensional Nonlinear Static Pushover Analysis in SAP2000, *Structure Magazine*, 1, 1-4, 1998.

ICBO, Committee Action and Challenge I Building Standards International Conference of Building Officials, California, 1996.

JAN, T.S., Liu, M.W. and Kao, Y., An Upper-Bound Pushover Analysis Procedure For Estimating The Seismic Demands of High-Rise Buildings, *Engineering Structures*, 26, 117–128, 2004.

KRAWINKLER, H. and Seneviratna, G.D.P.K., Pros and Cons of a Pushover Analysis of Seismic Performance Evaluation, *Engineering Structures*, Vol. 20, 8, 452-464, 1998.

LEE, H. S. and WOO W., S., Effect of Masonry Infills on Seismic Performance of a 3-Storey X Frame with Non-Seismic Detailing, *Earthquake Engineering And Structural Dynamics*, 31, 353–378, 2002.

LI, J.H., Su, R.K.L. and Chandler, A.M., Assessment of Low-Rise Building With Transfer Beam Under Seismic Forces, *Engineering Structures*, 25, 1515–1523, 2003.

LIU, M., Burns, S.A. and Wen, Y.K., Optimal Seismic Design of Steel Frame Buildings Based on Life Cycle Cost Considerations, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 32, 1313–1332, 2003.

MAHERI, M.R., Kousari, R. and Razazan, M., Pushover Tests on Steel X-Braced and Knee-Braced RC Frames, *Engineering Structures*, 25, 1697–1705, 2003.

MELE, E., Luca, A.D. and Giordano, A., Modelling and Analysis of a Basilica Under Earthquake Loading, *Journal of Cultural Heritage*, 4, 355–367, 2003.

MOGHADAM, A.S. and Tso, W.K., 3-D Pushover Analysis for Damage Assessment of Buildings Vol. 2, No. 3 / 23, 2000.

NIBS, Development of a Standardized Earthquake Loss Estimation Methodology, National Institute of Building Science, NIBS, FEMA, Washington, 1996.

QIAN, J. and Zhou, J., Full-Range Pushover Analysis of a RC Frame, Supported by Essential Project of the National Natural Science Foundation, 3, 337-344, 1999.

SALONIKIOS, T., Karakostas, C., Lekidis, V. and Anthoine, A., Comparative Inelastic Pushover Analysis of Masonry Frames, Earthquake Engineering and Structural, 25, 1515–1523, 2003.

SAP2000, 2003. Structural Analysis Program, Computer and Structures, Inc., University Avenue, Berkeley, California, 1995.

STA4-CAD V.13.1. Structural Analysis for Computer Aided Design, Türkiye, 2010.

SUSANTHA, K.A.S., Ge, H. and Usami, T., Cyclic Analysis And Capacity Prediction of Concrete-filled Steel Box Columns, Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 31, 195–216, 2002.

WONG, K.K.F. and Wang, Y., Energy-Based Design of Structures Using Modified Force Analogy Method, Wiley Interscience, No: 1, 50-72, 2003.

YILDIRIM, C. , 2007 Deprem Yönetmeliği'ne Göre Mevcut Bir Yapının Performansının Belirlenmesi Ve Bir Güçlendirme Önerisi, Y. Lisans, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, , 5-15 , 2008.

ZHENG, Y., Usami, T. and Ge, H., Seismic Response Predictions of Multi-Span Steel Bridges Through Pushover Analysis, Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 32, 1259–1274, 2003.

ÖZGEÇMİŞ

Dudu Kübra ERŞAN POLAT 01.10.1986'da İstanbul'da doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini İstanbul'da tamamladı. 2004 yılında Kartal Anadolu İmam Hatip Lisesi'nden mezun oldu. 2004 yılında başladığı Pamukkale Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümünü 2008 yılında bitirdi. 2008-2009 yılları arasında Erman İnşaat isimli firmada inşaat mühendisi olarak çalıştı. 2009 yılından itibaren Say Yapı Teknolojileri şirketinde proje mühendisi olarak görev yapmaktadır.