KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MEVCUT BETONARME BİR BİNANIN DEPREM GÜVENLİĞİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ VE ÇELİK ÇAPRAZLA GÜÇLENDİRME ÖNERİSİ

SEZER AYNUR

KOCAELİ 2017

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MEVCUT BETONARME BİR BİNANIN DEPREM GÜVENLİĞİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ VE ÇELİK ÇAPRAZLA GÜÇLENDİRME ÖNERİSİ

SEZER AYNUR

Yrd.Doç.Dr. Hilal MEYDANLI ATALAY
Danışman, Kocaeli Üniv. .....

Doç.Dr. Burcu AKÇAY ALDANMAZ
Jüri Üyesi, Kocaeli Üniv. .....

Yrd.Doç.Dr. Mehmet ÖZGÜR
Jüri Üyesi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniv. .....

Tezin Savunulduğu Tarih: 28.06.2017

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Ülkemiz aktif fayların bulunduğu bir deprem kuşağında yer almaktadır. Özellikle nüfusun yoğun olduğu bölgeler büyük risk altındadır ve son yıllarda meydana gelen depremler bu durumu doğrulamaktadır. Ortaya çıkan bu tablo, yeni yapıların depreme dayanıklı yapı tasarım kuralları dikkate alınarak titizlikle projelendirilmesi gerektiğini, ayrıca mevcut yapıların deprem güvenliğinin değerlendirilmesinde geleneksel yöntemlere alternatif olarak yeni yöntemlerin geliştirilmesi gerektiğini göstermiştir.

Bu sebeple depreme dayanıklı yapı tasarımı konusunda yapılan çalışmalar, doğrusal hesap yöntemleri yanında doğrusal olmayan hesap yöntemlerinin gelişmesini ve yaygınlaşmasını sağlamıştır. Bu yöntemlerin uygulanmasındaki esas amaç, talep edilen deprem etkisi altında yapı güvenliğinin tespit edilmesi ve deprem güvenliği yetersiz olan bir yapının güçlendirilmesidir.

Bu çalışmada mevcut betonarme bir binanın Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Esaslar (DBYBHY-2007)'de yer alan doğrusal elastik olmayan hesap yöntemlerinden Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi ile deprem güvenliği değerlendirilmiş ve çelik çapraz elemanlar eklenmesi yöntemi ile güçlendirilerek yapının hedeflenen deprem performans seviyesini sağlaması amaçlanmıştır.

Çalışma boyunca her an her konuda büyük desteğini gördüğüm ve bu çalışmanın ortaya çıkmasında büyük emeği olan değerli danışmanım Sn. Yrd.Doç. Dr. Hilal MEYDANLI ATALAY'a, benden her türlü maddi ve manevi desteğini esirgemeyen canım aileme ve biricik nişanlım Sn. Şahnaz KILIÇOĞLU'na en içten teşekkürlerimi sunarım.

Haziran - 2017 Sezer AYNUR

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR i
İÇİNDEKİLER ii
ŞEKİL DİZİNİ v
TABLO DİZİNİ viii
SİMGELER VE KISALTMALAR viii
ÖZET x
ABSTRACT xi
GİRİŞ 1
1. MEVCUT YAPILARIN GÜVENLİĞİNİN DEĞERLENDİRMESİ 2
1.1. Yapı Performansı 2
1.2. Mevcut Binalardan Bilgi Toplanması ve Bilgi Düzeyleri 3
1.2.1. Sınırlı bilgi düzeyi 3
1.2.2. Orta bilgi düzeyi 4
1.2.3. Kapsamlı bilgi düzeyi 4
1.3. Betonarme Elemanların Kesit Hasar Sınırları ve Hasar Bölgeleri 4
1.3.1. Betonarme elemanların kesit hasar sınırları 4
1.3.2. Betonarme elemanların kesit hasar bölgeleri 5
1.4. Taşıyıcı Sistem Deprem Performans Seviyeleri 6
1.4.1. Hemen kullanım performans seviyesi [HK] 6
1.4.2. Can güvenliği performans seviyesi [CG] 6
1.4.3. Göçme öncesi performans seviyesi [GÖ] 7
1.4.4. Göçme durumu 8
1.5. Deprem Etkisi 8
1.6. Binalar İçin Performans Hedefleri 9
2.DEPREM GÜVENLİĞİNİN BELİRLENMESİNDE KULLANILAN HESAP YÖNTEMLERİ 10
2.1. Giriş 11
2.2. Doğrusal Elastik Olmayan Hesap Yöntemi Kavramı 11
2.3. Doğrusal Elastik Olmayan Hesap Yöntemleri 12
2.3.1. Artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi 12
2.3.1.1. Yöntemin kullanılabilme koşulları 13
2.3.1.2. Artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi için genel ilke ve kurallar 13
2.3.1.3. Statik itme eğrisinin belirlenmesi 18
2.3.1.4. Deprem talep eğrisinin belirlenmesi 20
2.3.1.5. Statik itme eğrisinin modal kapasite eğrisine dönüştürülmesi 20
2.3.1.6. Deprem talep eğrisi eksen değişimi 21
2.3.1.7. Modal kapasite eğrisi ile deprem talep eğrisinin kesiştirilmesi 22
2.3.1.8. Doğrusal ve doğrusal olmayan spektral yer değiştirme 24
2.3.1.9. Spektral yer değiştirme oranı 24
2.3.1.10. Bina güvenlik seviyesinin belirlenmesi 26

2.3.2. Artımsal mod birleştirme yöntemi ile itme analizi 27
2.3.3. Zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemi 28
2.4. Plastik Mafsal Hipotezi 29
3.ARTIMSAL EŞDEĞER DEPREM YÜKÜ YÖNTEMİNE GÖRE BİNANIN DEPREM GÜVENLİĞİNİN BELİRLENMESİ 33
3.1. İncelenen Binanın Özellikleri 35
3.2. Binanın Modellenmesi 35
3.3. Mevcut Taşıyıcı Sistem Performansının Belirlenmesi 39
3.4 .Malzeme Özellikleri 40
3.5. Binaya Etki Eden Yükler 40
3.6. Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü Yönteminin Uygulanabilirliği 42
3.7. Çatlamış Kesitlere Ait Eğilme Rijitliklerinin Hesabı 43
3.8. Plastik Mafsal Özelliklerinin Belirlenmesi 43
3.8.1. Malzeme modelleri 45
3.8.1.1. Beton modeli 46
3.8.1.2. Donatı çeliği modeli 47
3.8.2. Kirişlerin moment-eğrilik ilişkisinin geliştirilmesi 47
3.8.3. Kolonların moment-eğrilik ilişkisinin çıkarılması 48
3.8.4. Kolonların kesit akma yüzeylerinin oluşturulması 49
3.8.5. Yapısal elemanların plastik mafsal özelliklerinin tanımlanması 50
3.8.5.1. Moment-eğrilik bağıntılarının tanımlanması 50
3.9. Statik İtme Analizi İçin Tanımlanan Analiz Durumları 51
3.10. Statik İtme Analizi 53
3.10.1. Yapısal elemanlarda birim şekil değiştirme istemlerinin belirlenmesi ve değerlendirilmesi 55
4.GÜÇLENDİRİLMİŞ BİNANIN DEPREM GÜVENLİĞİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ 58
4.1. Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü Yönteminin Uygulanabilirliği 58
4.2. Güçlendirilen Binanın Modellenmesi 59
4.3. Güçlendirilmiş Binanın Statik İtme Analizi Sonuçları 61
4.3.1. Yapısal elemanlarda birim şekil değiştirme istemlerinin belirlenmesi ve değerlendirilmesi 63
5. ÇELİK ÇAPRAZLAR İLE GÜÇLENDİRME ÖNERİSİ 65
5.1. Çelik Çaprazların Sisteme Tanımlanması 67
5.2. Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü Yönteminin Uygulanabilirliği 68
5.3. Çelik Çaprazla Güçlendirilmiş Yapının Modellenmesi 68
5.4. Statik İtme Analizi Sonuçları 69
5.4.1. Yapısal elemanlarda birim şekil değiştirme istemlerinin belirlenmesi ve değerlendirilmesi 71
6.ANALİZ SONUÇLARININ KARŞILAŞTIRILMASI VE DEĞERLENDİRME 73
6.1. Kolonların Performansının Karşılaştırılması 73
6.2. Kirişlerin Performansının Karşılaştırılması 76
6.3. Göreli Kat Ötelenmelerinin Karşılaştırılması 76
6.4. Taban Kesme Kuvveti-Tepe Deplasmanı Değerlerinin Karşılaştırılması 77

7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 79
KAYNAKLAR 81
EKLER 84
KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER 136
ÖZGEÇMİŞ 137

ŞEKİL DİZİNİ

Şekil 1.1. Kesit davranış eğrisi ve hasar sınırları 5
Şekil 2.1. Spektrum katsayısı S(T)..... 14
Şekil 2.2. Moment – plastik dönme eğrisi 18
Şekil 2.3. Statik itme eğrisi 19
Şekil 2.4. Yükleme-yer değiştirme 19
Şekil 2.5. Tasarım depremi için spektrum eğrisi..... 20
Şekil 2.6. Statik itme eğrisinin modal kapasite eğrisine dönüştürülmesi..... 21
Şekil 2.7. Deprem talep eğrisi eksen değişimi 22
Şekil 2.8. Elastik spektrum eğrisinin azaltılarak elasto-plastik spektrumun elde edilmesi 23
Şekil 2.9. Deprem talep eğrisi ile modal kapasite eğrisinin birlikte gösterimi 23
Şekil 2.10. $T_1^{(1)} \geq T_B$ durumu için elastik spektrum ile kapasite eğrisinin kesiştirilmesi..... 25
Şekil 2.11. Modal kapasite diyagramı bilineer gösterimi 25
Şekil 2.12. $T_1^{(1)} \leq T_B$ durumu için elastik spektrum ile kapasite eğrisinin kesiştirilmesi..... 26
Şekil 2.13. Moment-eğrilik diyagramı 29
Şekil 2.14. İdealleştirilmiş moment–eğrilik bağıntısı 30
Şekil 2.15. M3 mafsalı moment-dönme ilişkisi 32
Şekil 2.16. P mafsalı normal kuvvet-şekil değiştirme ilişkisi..... 32
Şekil 3.1. Binanın konumu ve fay hatlarının görünümü 36
Şekil 3.2. Binanın görünümü 36
Şekil 3.3. Taşıyıcı sistem kalıp planı 37
Şekil 3.4. Kolon aplikasyon planı 38
Şekil 3.5. Yapının matematiksel hesap modeli 39
Şekil 3.6. Beton için gerilme – şekil değiştirme davranışı..... 41
Şekil 3.7. Donatı çeliği için gerilme – şekil değiştirme davranışı 41
Şekil 3.8. C20 beton sınıfı için oluşturulan sargısız beton modeli 46
Şekil 3.9. C20 beton sınıfı için oluşturulan sargılı beton modeli 46
Şekil 3.10. S220 donatı çeliği sınıfı için oluşturulan model 47
Şekil 3.11. 25/60 cm kesitindeki kiriş için moment-eğrilik davranışı 48
Şekil 3.12. 25x60 cm boyutlarındaki kolonun 0° için moment – eğrilik bağıntısı 48
Şekil 3.13. 25x60 cm boyutlarındaki kolonun 45° için moment – eğrilik bağıntısı 48
Şekil 3.14. 25x60 cm boyutlarındaki kolonun 0° için akma yüzeyi 49
Şekil 3.15. 25x60 cm boyutlarındaki kolonun 90° için akma yüzeyi 50
Şekil 3.16. Boyutları 60x30 cm olan kirişin moment - eğrilik bağıntısının tanımlanması 51
Şekil 3.17. ITMEDUSEY analiz tipi tanımlanması 52
Şekil 3.18. X Doğrultusundaki ITMEX analiz durumunun tanımlanması..... 53

Şekil 3.19. Taban kesme kuvveti-tepe yer değiştirmesi 54
Şekil 3.20. Performans noktasına ulaştığı adımdaki taban kesme kuvveti-tepe yer değiştirmesi 54
Şekil 3.21. Binanın performans noktası 54
Şekil 3.22. Binanın tepe yer değiştirmesi istemine ulaştığı andaki plastik mafsallar konumları 55
Şekil 3.23. Zemin kat S1 kolonunun kesit hasar bölgesinin belirlenmesi 56
Şekil 4.1. Güçlendirilmiş yapının kolon aplikasyon planı 60
Şekil 4.2. Güçlendirilmiş yapının matematiksel modeli 61
Şekil 4.3. Taban kesme kuvveti-tepe yer değiştirmesi 62
Şekil 4.4. Performans noktasına ulaştığı adımdaki taban kesme kuvveti-tepe yer değiştirmesi 62
Şekil 4.5. Yapının performans noktası 62
Şekil 4.6. Binanın tepe yer değiştirmesi istemine ulaştığı adımdaki plastik mafsalların konumları 63
Şekil 5.1. Çelik çapraz çeşitleri 66
Şekil 5.2. Güçlendirme görünümü 67
Şekil 5.3. Yapının hesap modeli 69
Şekil 5.4. Statik itme analizi sonucunda oluşan taban kesme kuvveti-tepe yer değiştirmesi grafiği 70
Şekil 5.5. Performans noktasına ulaştığı adımdaki taban kesme kuvveti-tepe yer değiştirmesi grafiği 70
Şekil 5.6. Yapının performans noktası 71
Şekil 5.7. Binanın tepe yer değiştirmesi istemine ulaştığı adımdaki plastik mafsalların konumları 71
Şekil 6.1. Kolon performans karşılaştırılması 75
Şekil 6.2. Kirişlerin performans seviyelerinin karşılaştırılması (%) 76
Şekil 6.3. Yapıların kapasite eğrilerinin karşılaştırılması 78
Şekil C.1. 20/60 cm kirişin kesit görünüşü 131
Şekil C.2. 25/60 cm kirişin kesit görünüşü 131
Şekil C.3. 30/60 cm kirişin kesit görünüşü 131
Şekil C.4. S1-S3 kolonlarının eksenel yük-eğrilik diyagramı 132
Şekil C.5. S2 kolonunun eksenel yük-eğrilik diyagramı 132
Şekil C.6. S4 kolonunun eksenel yük-eğrilik diyagramı 133
Şekil C.7. S5 kolonunun eksenel yük-eğrilik diyagramı 133
Şekil C.8. S6 kolonunun eksenel yük-eğrilik diyagramı 134
Şekil C.9. S7 kolonunun eksenel yük-eğrilik diyagramı 134
Şekil C.10. S8 kolonunun eksenel yük-eğrilik diyagramı 135
Şekil C.11. S9-S10-S11 kolonlarının eksenel yük-eğrilik diyagramı 135

TABLO DİZİNİ

Tablo 1.1. Şekil değiştirme üst sınır değerleri 5
Tablo 1.2. Deprem etkisi parametreleri 9
Tablo 1.3. Binalar için deprem performans hedefleri 10
Tablo 2.1. Etkin yer ivmesi katsayısı 14
Tablo 2.2. Spektrum karakteristik periyotları 15
Tablo 2.3. Hareketli yük katılım katsayısı 15
Tablo 3.1. Düşey yük değerleri 41
Tablo 3.2. X-X doğrultusu için ek dış merkezlik göz önüne alınmaksızın, doğrusal elastik davranışa göre burulma düzensizlikleri 42
Tablo 3.3. 1., 2. ve 3. modlara ait periyot ve kütle katılım değerleri 42
Tablo 3.4. Etkin eğilme rijitlikleri 44
Tablo 3.5. Zemin kat S1 kolonunun hesap adımlarının gösterimi 56
Tablo 3.6. Zemin kat K101 kirişine ait kesit hasar durumu 57
Tablo 3.7. Mevcut binanın kolonlarının hasar sınırları 57
Tablo 4.1. İtme doğrultusu için ek dış merkezlik göz önüne alınmaksızın, doğrusal elastik davranışa göre burulma düzensizlikleri 59
Tablo 4.2. Güçlendirilmiş binanın kolonlarının hasar sınırları 64
Tablo 5.1. Itme doğrultusu için ek dış merkezlik göz önüne alınmaksızın, doğrusal elastik davranışa göre burulma düzensizlikleri 68
Tablo 5.2. Çelik çapraz elemanlar ile güçlendirilmiş binanın kolonlarının hasar sınırı 72
Tablo 6.1. Kolonların toplam performans değerleri 73
Tablo 6.2. Kolonların performans karşılaştırılması 74
Tablo 6.3. Kirişlerin toplam performans değerleri (%)..... 76
Tablo 6.4. Mevcut bina, güçlendirilmiş bina ve çelik çapraz elemanlarla güçlendirilmiş binanın göreli kat ötelemesi sınırları 77
Tablo 6.5. Yapısal güvenlik değerlerinin kıyaslanması 78
Tablo A.1. Mevcut binanın zemin, 1, 2,3 ve 4 kat kolon hasar bölgeleri 85
Tablo A.2. Güçlendirilmiş binanın zemin, 1, 2,3 ve 4 kat kolon hasar bölgeleri 90
Tablo A.3. Çelik çapraz elemanlarla güçlendirilmiş binanın zemin, 1, 2,3 ve 4 kat kolon hasar bölgeleri 95
Tablo B.1. Mevcut binanın zemin, 1, 2,3 ve 4 kat kirişlerinin hasar bölgeleri 100
Tablo B.2. Güçlendirilmiş binanın zemin, 1, 2,3 ve 4 kat kirişlerinin hasar bölgeleri 110
Tablo B.3. Çelik çapraz elemanlarla güçlendirilmiş binanın zemin, 1, 2,3 ve 4 kat kirişlerinin hasar bölgeler..... 120
Tablo C.1. Kolon geometrik özellikleri ve donatı tablosu 130
Tablo C.2. Kolonların akma eğriliği 130

SİMGELER VE KISALTMALAR

A_0 : Etkin yer ivmesi katsayısı
A(T) : Spektral ivme katsayısı
$a_1^{(i)}$: i. itme adımı sonunda elde edilen, birinci moda ait modal ivme
C_{R1} : Spektral yerdeğiştirme oranı
$d_1^{(i)}$: i. itme adımı sonunda elde edilen birinci moda ait modal yer değiştirme
d^e : Elastik yer değiştirme
d^{ep} : Elasto-plastik yer değiştirme
$(EI)_e$: Çatlamış kesite ait etkin eğilme rijitliği
$(EI)_o$: Çatlamamış kesite ait etkin eğilme rijitliği
E_c : Betonun elastisite modülü
E_s : Beton çeliğinin elastisite modülü
f_{cd} : Betonun hesap basınç dayanımı
f_{ck} : Betonun karakteristik basınç dayanımı
f_{cm} : Mevcut beton dayanımı
f_{ym} : Mevcut donatı akma gerilmesi
G_i : i. katın sabit yüklerinden oluşan ağırlık
g : Yerçekimi ivmesi
H : Çalışan doğrultudaki kesit boyu
H_i : i. katın yerden yüksekliği
I : Bina önem katsayısı
L_p : Plastik mafsal boyu
M : Eğilme momenti
M_p : Plastik moment değeri
m_i : i. kata ait kütle
N : Binadaki bodrum üzeri kat sayısı
N_d : Kolondaki normal kuvvet
n : Hareketli yük katılım katsayısı
n_{bi} : Burulma düzensizliği katsayısı
R : Taşıyıcı sistem davranış katsayısı
R_a : Deprem yükü azaltma katsayısı
Q_i : i katın hareketli yüklerinden oluşan ağırlık
S(T) : Spektrum katsayısı
$S_{ae}(T)$: Elastik spektral ivme
S_{de1} : Doğrusal elastik spektral yer değiştirme
S_{dil} : 1. moda ait doğrusal olmayan spektral yer değiştirme
T : Bina doğal periyodu
T_{A-B} : Zemin spektrum karekteristik periyotları
U_{xN1} : Binanın N. katında x deprem doğrultusundaki yer değiştirme
V_b : Taban kesme kuvveti
V_b : Toplam eşdeğer deprem yükü
W : Bina toplam ağırlığı

w_i : i. katın ağırlığı
β : Modal kütle katılım oranı
δ : Yer değiştirme
Δ_i : Binanın i. katındaki azaltılmış göreli kat ötelemesi
$(\Delta_i)_{ort}$: Binanın i. katındaki ortalama azaltılmış göreli kat ötelemesi
ε_{cu} : Kesitin en dış lifindeki beton basınç birim şekil değiştirmesi
ε_{cg} : Etriye içindeki bölgenin en dış lifindeki beton basınç birim şekil değiştirmesi
ε_s : Donatı çeliği birim şekil değiştirmesi
ε_{su} : Beton çeliğinin akmaya karsı gelen en büyük birim boy değişimi
ϕ_{xN1} : Binanın tepesinde (N.katında) x deprem doğrultusunda birinci moda ait modal genlik
ϕ_{i1} : i. katın yanal yer değiştirmesi
ϕ_p : Plastik eğrilik istemi
ϕ_t : Toplam eğrilik istemi
ϕ_y : Eşdeğer akma eğriliği
r_{x1} : X deprem doğrultusunda birinci moda ait katkı çarpanı
θ_p : Kesitte oluşan plastik dönme
γ_m : Malzeme güvenlik katsayısı

Kısaltmalar

BÇ : Beton Çeliği
CG : Can Güvenliği Performans Seviyesi
DBYBHY-2007 : Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik
GV : Kesit Güvenlik Sınırı
GÇ : Kesit Göçme Sınırı
GÖ : Göçme Öncesi Performans Seviyesi
HK : Hemen Kullanım Performans Seviyesi
MN : Kesit Minimum Hasar Sınırı
RC : Reinforced Concrete (Betonarme)
TS : Türk Standardı

MEVCUT BETONARME BİR BİNANIN DEPREM GÜVENLİĞİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ VE ÇELİK ÇAPRAZLA GÜÇLENDİRME ÖNERİSİ

ÖZET

Özellikle son yıllarda ülkemizde meydana gelen depremlerde binalarda oluşan hasarlar incelendiğinde, yetersiz dayanım, rijitlik ve sünekliğe sahip mevcut betonarme binalarda hasarların yoğunlaştığı tespit edilmiştir. Bu sebeple gelecekte meydana gelecek ve yerleşim bölgelerini etkileyecek olası bir depremde, depremin zararlarının azaltılabilmesi için öncelikle mevcut binaların göstereceği performansın belirlenmesi gerekmektedir. Yürürlükte olan deprem yönetmeliğinin talep ettiği minimum performans seviyesini sağlamayan binalar çeşitli güçlendirme yöntemleri ile güçlendirilmektedir. Güçlendirme yönteminin seçiminde binanın kullanım amacı ve mimari özelliklerinin de dikkate alınması gereklidir. Güçlendirme uygulaması yapılırken, aktif kullanılan binalarda, kullanım fonksiyonları engellenmeden güçlendirmek için çelik çaprazlar kullanılmaktadır.

Bu çalışmada, 1975 Deprem Yönetmeliği'ne göre projelendirilerek inşa edilmiş, 1999 Marmara Depremi'nde hasar almış betonarme bir bina incelenmiştir. Deprem sonrası binada meydana gelen yapısal hasarlar raporlanarak bina yürürlükte olan 1998 Deprem Yönetmeliği'ne göre hasarlı kolonların betonarme manto ile genişletilmesi ve sisteme betonarme perde elemanlar eklenmesi yöntemi ile güçlendirilmiştir. Uygulanan güçlendirme sonrasında bina halen kullanılmaya devam edilmektedir. Projelendirilmiş binanın ve güçlendirilmiş binaların taşıyıcı sistemi mevcut malzeme ve geometrik özellikleri dikkate alınarak matematiksel olarak modellenmiş ve 2007 Deprem Yönetmeliği'nde yer alan Artımsal Eşdeğer Hesap Yükü yöntemine göre itme analizleri yapılarak sonuçları bulunmuştur. Bu binalar üzerinde elde edilen sonuçlara göre, hem projelendirilmiş bina, hem de güçlendirilmiş binalar, 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan tasarım depreminde yönetmeliğin istediği Can Güvenliği (CG) performans hedefini karşılanamamaktadır.

Deprem güvenliği yetersiz betonarme binanın dayanımını artırmak için çelik çaprazlarla güçlendirilmesi çalışma kapsamında önerilmektedir. Bina taşıyıcı sistemine çelik çaprazlar, binanın kullanımını engellemeyecek şekilde mimari kısıtlar dikkate alınarak yerleştirmiştir. Çelik çaprazlar ile güçlendirilmiş bina modellenerek Artımsal Eşdeğer Hesap Yükü yöntemine göre itme analizleri yapılmıştır. Analiz sonuçları değerlendirilerek binanın Can Güvenliği (CG) performans hedefini sağladığı belirlenmiştir. Çelik çaprazla güçlendirmenin betonarme binanın yanal rijitliğine önemli ölçüde katkıda bulunduğu analiz sonuçlarından elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Betonarme Çerçeve, Çelik Çapraz, Deprem Performansı, Güçlendirme.

SEISMIC PERFORMANCE EVALUATION OF AN EXISTING REINFORCED CONCRETE BUILDING AND PROPOSAL OF STRENGTHENING BY STEEL BRACING

ABSTRACT

Especially in the recent years, when the damages of the buildings in the earthquakes that are happening in our country are examined, it has been determined that damages in existing reinforced concrete buildings with insufficient strength, rigidity and ductility are concentrated. For this reason, it is necessary to determine the performance of the existing buildings in order to reduce the damage of the earthquake in a possible future earthquake that will affect the settlement areas. Buildings that do not provide the minimum level of performance demanded by the existing earthquake regulations are strengthened by various strengthening methods. It is necessary to take into account the purpose and architectural characteristics of the building in selecting the strengthening method. When retrofitting is being used, steel bracings are used in the buildings where they are used actively in order to strengthen the usage functions without hindrance.

In this purpose the structure is examined which was built to the 1975 Turkish Seismic Code and damaged in 1999 Marmara Earthquake. This building has been strengthened according to 1998 Earthquake Code by damaged columns used coating and added reinforcement curtains after the earthquake and it is still continues to be used. The structural system of the projected buildings and reinforced buildings was modeled mathematically by taking into consideration the existing material and geometric features and the results were obtained by performing the push analysis according to the Incremental Equivalent Load method of 2007 Earthquake Regulation. According to the results obtained on these buildings, both the projected buildings and the reinforced buildings can not provide the Life Safety (LS) performance target that you want to design in a design earthquake with a probability of exceeding 10% in 50 years.

In order to increase the strength of the reinforced concrete building with insufficient earthquake safety, strengthening with steel bracing is suggested in the scope of the study. Steel braces to the building carrier system have been established, taking architectural considerations into account, so as not to interfere with the use of the building. The building modeled with steel bracings was modeled and thrust analyzes were performed according to the Incremental Equivalent Calculation Method. The analysis results were evaluated and it was determined that the building provides the Life Safety (LS) performance goal. The results obtained from the analysis that steel bracing-strengthening contributes significantly to lateral stiffness of reinforced concrete building.

Keywords: RC Frame, Steel Bracing, Seismic Performance, Strengthening.

GİRİŞ

Mevcut yapıların deprem dayanımının yeterli olmaması nedeniyle ülkemizde yaşanılan depremler önemli yapısal hasarlar ve can kayıpları meydana getirmiştir. Gelecekte meydana gelebilecek depremlerde olası deprem zararlarının azaltılabilmesi için öncelikle mevcut binaların deprem güvenliklerinin belirlenmesi önemlidir. Ülkemizde 2007 yılında yürürlüğe giren Deprem Yönetmeliği'nde (DBYBHY-2007) mevcut yapıların deprem güvenliklerinin belirlenmesinde uygulanabilecek yöntemler sunulmaktadır. Doğrusal elastik hesap yöntemleri belirli katsayılarla yaklaşık sonuçlar verebilse de, deprem kuvveti etkisinde meydana gelebilecek hasar tipleri ve büyüklükleri yapının deprem güvenliğinin belirlenmesi için yetersiz kalmaktadır.

Doğrusal elastik olmayan hesap yöntemleri ile farklı deprem kuvvetleri etkisi altında yapının göçme anına ulaşana kadarki yapısal davranışı belirlenebilmektedir. Bunun için öncelikle mevcut betonarme yapıların düşey yükler ile birlikte deprem yükleri etkisinde güvenliğinin belirlenmesinde; statik ve dinamik yükler, malzeme özellikleri, donatı detayları dikkate alınarak eleman kapasiteleri belirlenmektedir. Daha sonra göz önüne alınacak deprem etkisinin seçilmesi ve bu depremde yapıda ortaya çıkacak kesit etkileri, şekil değiştirme ve yer değiştirmelerin belirlenmesi gereklidir. Taşıyıcı sistem elemanlarının kapasite ve talepleri değerlendirilerek taşıyıcı sistem performans seviyesi belirlenmektedir. Ayrıca performans seviyesinin kabul edilebilir sınırlar arasında olup olmadığı da değerlendirilmektedir.

Yapılan bu çalışmanın amacı, ülkemizde deprem kuvvetine maruz kalmış mevcut betonarme binaları temsil etmek üzere seçilen, kolon ve kirişlerden oluşan çerçeve sistemin deprem performansının belirlenmesi için 2007 Türk Deprem Yönetmeliği'nde tanımlanan doğrusal olmayan hesap yöntemlerinden Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi'nin uygulanması, değerlendirilmesi ve incelenen betonarme binanın alternatif bir güçlendirme yöntemi olan çelik çaprazlarla güçlendirilerek deprem güvenliğinin artırılmasıdır.

1. MEVCUT YAPILARIN GÜVENLİĞİNİN DEĞERLENDİRMESİ

1.1. Yapı Performansı

DBYBHY-2007, deprem bölgelerinde bulunan bina türündeki yapıların deprem etkileri altındaki davranışlarının değerlendirilmesinde kullanmak üzere çeşitli yöntemler sunmaktadır. Bu yöntemlerden bazıları şekil değiştirme temeline dayalı, doğrusal elastik olmayan yöntemlerden oluşmaktadır.

Şekil değiştirme esasına dayalı bu yöntemlerde ortak amaç, verilen bir deprem için sünek davranışa ilişkin plastik şekil değiştirme istemlerinin, gevrek davranışa ilişkin iç kuvvet istemlerinin hesaplanması ve bu istemlerin kesitlerin şekil değiştirme ve iç kuvvet kapasiteleri ile karşılaştırılmasıyla eleman ve bina düzeyinde deprem performansı değerlendirilmesinin yapılmasıdır. Binaların deprem performansı yeni bir kavramdır. Deprem performansı; deprem güvenliği, "belirli bir deprem etkisi altında bir binada oluşabilecek hasarların düzeyi ve dağılımına bağlı olarak belirlenen yapı güvenliği durumu" olarak tanımlanabilir [1].

Mevcut bir binanın deprem güvenliğinin belirlenebilmesi için öncelikle o binanın yapısal durumunun bilinmesi gereklidir. Mevcut binadan toplanan taşıyıcı sistem özellikleri, geometrik boyutlar, malzeme özellikleri, donatı düzeni ve donatı detayları ile ilgili bilgiler kullanılarak binanın yapısal modeli oluşturulur. Düşey yükler ve deprem yükleri etkisinde elemanlarda meydana gelecek iç kuvvetler ve şekil değiştirmeler belirlenmektedir [2].

Bu bölümde, DBYBHY-2007'de belirtilen mevcut binalardan bilgi toplanması, binalardaki yapısal elemanların hasar sınır ve bölgeleri, bina performans seviyeleri, deprem risk seviyeleri ve binalar için hedeflenen performans düzeyleri tanımlanmaktadır.

1.2. Mevcut Binalardan Bilgi Toplanması ve Bilgi Düzeyleri

Mevcut binaların deprem güvenliğinin değerlendirilmesinde taşıyıcı sistem elemanlarının boyutlarının belirlenmesi için binanın taşıyıcı sistemi konusunda bilgi toplanması gerekmektedir. Taşıyıcı sistem elemanlarının kapasitelerinin belirlenmesinde ve deprem dayanımlarının değerlendirilmesinde kullanılacak eleman detayları ve boyutları, taşıyıcı sistem geometrisine ve malzeme özelliklerine ilişkin bilgiler, binaların mevcut proje ve raporlarından elde edilir. Bununla birlikte binada yapılacak gözlem ve ölçümlerden alınacak numune testleri ile malzeme özellikleri doğrulanmaktadır.

Binadan bilgi toplanması kapsamında yapılacak işlemler, yapısal sistemlerin tanımlanması, bina geometrisinin, temel sisteminin ve zemin özelliklerinin belirlenmesi, varsa mevcut hasarın ve evvelce yapılmış olan değişiklik ve/veya onarımların belirlenmesi, eleman boyutlarının ölçülmesi, malzeme özelliklerinin belirlenmesi, sahada derlenen tüm bu bilgilerin binanın varsa projesine uygunluğunun kontrolüdür.

Binanın incelenmesinden elde edilecek mevcut durum bilgilerinin kapsamına göre, her bina türü için Bilgi Düzeyi ve buna bağlı olarak Bilgi Düzeyi Katsayısı tanımlanır. Bilgi düzeyleri Sınırlı, Orta ve Kapsamlı olarak sınıflandırılmaktadır. Bilgi düzeyine bağlı olarak belirlenen Bilgi Düzeyi Katsayısı yapısal elemanların kapasitelerinin hesaplanmasında kullanılmaktadır [3].

1.2.1. Sınırlı bilgi düzeyi

Bina taşıyıcı sistem projeleri mevcut değildir. Taşıyıcı sistem özellikleri binada yapılacak ölçümler ile belirlenmektedir. Elde edilen bilgiler tüm betonarme elemanların ve dolgu duvarların her kattaki yerini, eksen açıklıklarını, yüksekliklerini ve boyutlarını içermektedir. Bu bilgiler, binanın hesap modelinin oluşturulabilmesi için yeterli olmalıdır. Temel sistemi bina içinde veya dışında açılacak yeterli sayıda inceleme çukuru ile belirlenir. Binadaki kısa kolonlar gibi benzeri geometrik olumsuzluklar kat planına ve kesitlere işlenir. Binanın komşu binalarla ilişkisi (ayrık, bitişik, derz var / yok) belirlenmelidir. Eleman yerinde mevcut detaylarının ve malzeme özelliklerinin belirlenmesi gerekmektedir. Malzeme testlerinden elde edilen

en düşük basınç dayanımı (f_{cm}), kesit ve eleman kapasitelerinin hesabında dikkate alınacaktır. Kapasite hesabında kullanılacak bilgi düzeyi katsayısı 0,70'dir. Sınırlı bilgi düzeyi "Deprem Sonrasında Hemen Kullanımı Gereken Binalar" ile "İnsanların Uzun Süreli ve Yoğun Olarak Bulunduğu Binalar" için uygulanamaz.

1.2.2. Orta bilgi düzeyi

Eğer binanın taşıyıcı sistem projeleri mevcut değilse, sınırlı bilgi düzeyine göre daha fazla ölçüm yapılması gerekmektedir. Eğer projeler mevcut ise sınırlı bilgi düzeyinde belirtilen ölçümler yapılarak proje bilgileri kontrol edilir. Kesit ve eleman kapasitelerinin hesabında (f_{cm}) mevcut beton basınç dayanımı olarak (ortalama basınç dayanımı – standart sapma) kabul edilir. Kapasite hesabında kullanılacak bilgi düzeyi katsayısı 0,90'dır.

1.2.3. Kapsamlı bilgi düzeyi

Binanın taşıyıcı sistem projeleri mevcuttur ve proje bilgilerinin kontrol edilmesi için yeterli düzeyde ölçüm yapılması gerekmektedir. Kesit ve eleman kapasitelerinin hesabında (f_{cm}) mevcut basınç dayanımı olarak (ortalama basınç dayanımı – standart sapma) kabul edilir. Kapasite hesabında kullanılacak bilgi düzeyi katsayısı 1,00'dir.

Bütün bilgi düzeylerinde, donatı mevcut akma gerilmesi olarak donatı karakteristik gerilmesi (f_{ym}) kullanılır. Kapasite hesabında beton ve donatının malzeme dayanımları, " γ_m" malzeme katsayıları ile azaltılmaz ve mevcut malzeme dayanımları kullanılır. Binanın bilgi düzeyine göre, eleman kapasitelerinin hesabında Bilgi Düzeyi Katsayıları dikkate alınmaktadır.

1.3. Betonarme Elemanların Kesit Hasar Sınırları ve Hasar Bölgeleri

1.3.1. Betonarme elemanların kesit hasar sınırları

Betonarme elemanların kesit hasar düzeylerinin belirlenmesinde, hasarları doğrudan yansıtan şekil değiştirme parametresi önemlidir. Bu şekil değiştirme kriterleri yönetmeliklerde farklı şekillerde tanımlanmaktadır. DBYBHY-2007'de taşıyıcı sistem eleman kesitleri sünek ve gevrek olarak sınıflandırılırlar. Gevrek elemanların elastik ötesi davranışı kısıtlanmıştır. Sünek elemanlar için, Minimum Hasar Sınırı

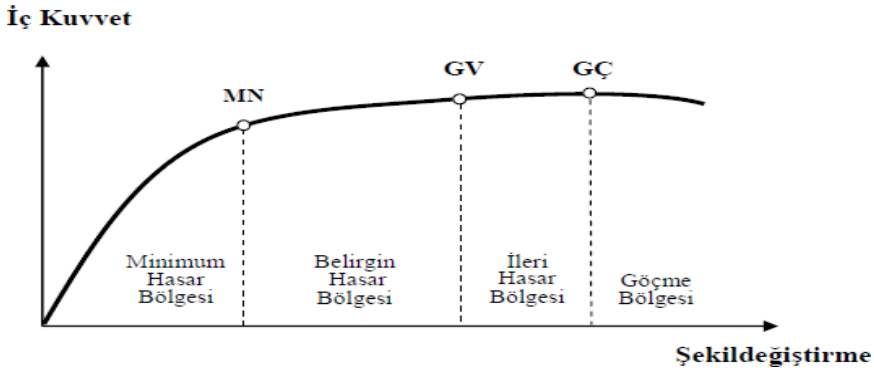
(MN), Güvenlik Sınırı (GV) ve Göçme Sınırı (GÇ) olmak üzere kesit sınır durumu tanımlanmıştır. Minimum hasar sınırı kritik kesitte elastik ötesi davranışın başlangıcı, güvenlik sınırı kesitin dayanımını güvenli olarak sağlayabileceği elastik ötesi davranışın sınırı, göçme sınırı ise kesitin göçme öncesi davranışının sınırı olarak tanımlanmaktadır (Şekil1.1). Plastik şekil değiştirmelerin meydana geldiği betonarme sünek taşıyıcı sistem elemanlarında, çeşitli kesit hasar sınırlarına göre izin verilen beton basınç birim şekil değiştirmesi ile donatı çeliği birim şekil değiştirme üst sınırları Tablo 1.1'de tanımlanmaktadır. Tabloda sunulan üst sınırlar incelendiğinde, hasar sınırının ilerlemesiyle donatıda daha büyük şekil değiştirmelere izin verildiği görülmektedir. Betonda minimum hasar sınırında, en dış betondaki (ε_{cu}) birim kısalması esas alınırken, güvenlik ve göçme sınırında enine donatı içinde kalan betonun (ε_{cg}) birim kısalması esas alınır [3].

Tablo 1.1. Şekil değiştirme üst sınır değerleri [3]

Hasar Sınırı	**Minimum Hasar Sınırı (MN)**	**Güvenlik Sınırı (GV)**	**Göçme Sınırı (GÇ)**
ε_{cu} / ε_{cg}	0,0035	$0,0035+0,01(\rho_s/\rho_{sm})\leq 0,0135$	$0,004+0,014(\rho_s/\rho_{sm})\leq 0,018$
ε_s	0,010	0,040	0,060

1.3.2. Betonarme elemanların kesit hasar bölgeleri

Sünek elemanlarda oluşacak iç kuvvet – şekil değiştirme davranışına göre kesit hasar bölgeleri Şekil 1.1.'de gösterilmektedir Kritik kesitlerin hasarı MN'ye ulaşmayan elemanlar Minimum Hasar Bölgesi'nde, MN ile GV arasında kalan elemanlar Belirgin Hasar Bölgesi'nde, GV ve GÇ arasında kalan elemanlar İleri Hasar Bölgesi'nde, GÇ'yi aşan elemanlar ise Göçme Bölgesi'nde yer almaktadır [3].



Şekil 1.1. Kesit davranış eğrisi ve hasar sınırları [3]

1.4. Taşıyıcı Sistem Deprem Performans Seviyeleri

Deprem hasarları kiriş, kolon, perde ve birleşim bölgesi gibi yapısal elemanlarda meydana gelmektedir. Eleman hasarlarının değerlendirilmesinde, hasarın incelenen elemanın sünek ya da gevrek davranışından kaynaklandığının belirlenmesi gerekir. Gevrek olarak hasar gören elemanların göçme bölgesinde kaldığı kabul edilir. Sünek olarak hasar gören elemanların hasarları ise hesaplanan iç kuvvet veya şekil değiştirme düzeylerine göre derecelendirilir. Kesit hasar sınırından eleman bazında hasar dereceleri belirlendikten sonra binanın her katındaki hasarlı elemanların, hasar derecesi, sayıları dikkate alınarak binanın deprem performansı belirlenir. DBYBHY-2007'de, binaların deprem performansı, uygulanan deprem etkisi altında binada oluşması beklenen hasarların durumu ile ilişkilidir ve dört farklı hasar durumu tanımlanmıştır. Değerlendirme, binanın her iki doğrultusu için ve her katta ayrı ayrı yapılmaktadır. Betonarme binaların deprem etkileri altında sağlaması gereken performans hedefleri aşağıda anlatılmıştır [2, 3].

1.4.1. Hemen kullanım performans seviyesi [HK]

Uygulanan deprem etkisi altında yapıda kalıcı yer değiştirmeler oluşmamıştır. Yapısal olmayan elemanlarda çatlamalar görülebilir, ancak bunlar onarılabilir seviyededir. Az sayıda yapısal elemanda akma sınırı aşılmış, yapı elemanları rijitlik ve dayanım özelliklerini korumakta ve elemanlarda oluşan hasar minimum düzeydedir. Herhangi bir katta, göz önüne alınan deprem doğrultusu için yapılan değerlendirmede kirişlerin en fazla %10'u Belirgin Hasar Bölgesi'nde bulunabilir. Ancak diğer taşıyıcı elemanların tümü Minimum Hasar Bölgesi'nde kalmalıdır. Eğer varsa, gevrek olarak hasar gören elemanların sünek duruma getirilmesi şartı ile bu durumdaki binaların Hemen Kullanım Performans Seviyesi'ni sağladığı kabul edilir [3].

1.4.2. Can güvenliği performans seviyesi [CG]

Uygulanan deprem etkisi altında, yapıda minimum seviyede kalıcı yer değiştirmeler oluşabilir. Yapısal olmayan elemanlarda hasarlar oluşmuş ancak kısmı göçmeler oluşmamıştır. Yapısal elemanların bir kısmında hasar oluşur, ancak bu elemanlar yatay rijitliklerini ve dayanımlarını kısmen korumaktadırlar.

Gevrek elemanların sünek duruma getirilmesi şartı ile aşağıdaki koşulları sağlayan bina Can Güvenliği Performans Düzeyi'nde kabul edilir.

a. Herhangi bir katta, göz önüne alınan deprem doğrultusu için, yapılan değerlendirmede ikincil (yatay yük taşıyıcı sisteminde yer almayan) kirişler hariç olmak üzere, kirişlerin en fazla % 30'u ve kolonların (b) maddesi uyarınca tanımlanmış kesimi İleri Hasar Bölgesi'ne geçebilir.

b. İleri Hasar Bölgesi'ndeki kolonların her bir katta kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine toplam katkısı % 20'nin altında kalmalıdır. En üst katta İleri Hasar Bölgesi'ndeki kolonların kesme kuvvetleri toplamının, o kattaki tüm kolonların kesme kuvvetleri 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, ilgili kattaki tüm kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine oranının % 30'u aşmaması gerekir.

Açıklanan koşulların da gösterdiği üzere, en üst katın, taşıyıcı sistem kararlılığındaki etkisi diğer katlara göre daha azdır. Bunun yanında, kirişlerde oran olarak verilen hasar durumu kolonlarda kolon kesme kuvvetine bağlı olarak verilmiştir. Bu, kolonların hasar durumu bakımından birbirinden daha net ayrılabilmesine olanak sağlamaktadır. Ayrıca kolonun iki ucunun da hasar bölgesine erişmesi, olumsuz bir durum olarak kabul edilmektedir [3].

1.4.3. Göçme öncesi performans seviyesi [GÖ]

Uygulanan deprem etkisi altında yapıda belirgin kalıcı yer değiştirmeler oluşmuştur. Yapısal olmayan elemanlarda hasar artmış, kısmi göçmeler oluşmuştur. Yapısal elemanların önemli kısmında hasar meydana gelmiştir. Bu elemanlar yatay rijitlikleri ve dayanımlarının önemli kısmını kaybetmişlerdir. Bazı düşey elemanlar eksenel kapasitesine ulaşmıştır. 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, göz önüne alınan deprem doğrultusu için, yapılan değerlendirmede, ikincil yani 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, ilgili kattaki tüm kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine oranının% 30'u aşmaması gerekir. Değerlendirme sonucu Göçme Öncesi Performans Seviyesi'nde olduğu düşünülen binanın kullanımı can güvenliği bakımından sakıncalıdır [3].

1.4.4. Göçme durumu

Uygulanan deprem etkisi altında yapı göçme durumuna ulaşır. Yapıda belirgin kalıcı yer değiştirmeler oluşmuştur. Yapısal olmayan elemanların önemli kısmı göçmüştür. Yapı tamamen göçmüştür veya daha sonra meydana gelebilecek bir depremde yıkılma olasılığı yüksektir. Düşey elemanların bir kısmı düşey yükleri taşıyabilmektedir, ancak yatay rijitlikleri ve dayanım kapasiteleri azalmıştır.

Bina Göçme Öncesi Performans Düzeyi'ni sağlamıyorsa Göçme Durumu'ndadır. Binanın kullanımı can güvenliği bakımından sakıncalıdır [3].

1.5. Deprem Etkisi

Türkiye bir deprem ülkesi olup, yüzölçümünün % 90'ı ve nüfusun % 92'si deprem bölgesi içinde yer almaktadır [4]. Yapıların maruz kaldığı dış etkiler arasında deprem etkisi önemli yer tutmaktadır. Depremler, yer kabuğu içinde biriken enerjinin, boşalması sırasında yer hareketleri meydana getirmektedir [5]. Depremin oluşumunda şekillenen yer hareketi hem yatayda hem de düşeyde kuvvetler oluşturarak yapıları etkilemektedir.

Bu sebeple yer hareketi sırasında ölçülen yer ivmesi değerleri depreme dayanıklı yapı tasarımında dikkate alınan önemli etkilerdir. Kaydedilmiş deprem ivme kayıtlarına bakıldığında yatay ivme bileşeninin düşey ivme bileşeninden daha yüksek ivme değerlerine sahip olması ve uygun şekilde projelendirilip inşa edilmiş yapılarda

düşey yükler altında büyük bir güvenlik faktörünün mevcut olması sebebi ile deprem hareketinin yatay bileşeninin yapı ve yapı elemanlarının üzerine etkileri yönetmelikler çerçevesinde değerlendirilmektedir. Ancak eksenel basınç kuvvetinin hakim olduğu yapı elemanlarında, deprem hareketinin düşey ivme bileşeninin etkisiyle iç kuvvetlerde önemli artışlar gözlenebilmektedir [6]. Depreme dayanıklı yapı tasarımında yatay deprem yüklerinin belirlenmesinde maksimum yer ivmesi Etkin Yer İvmesi katsayısı olarak göz önüne alınmaktadır.

Performansa dayalı tasarımda, talep edilen bina performans seviyesinin hangi deprem etkisi altında elde edilmesi gerektiğinin belirlenmesi gerekmektedir [7]. Tasarlanacak binalarda dikkate alınacak deprem etkisi, binanın kullanım amacına göre belirlenen bina önem katsayısı ve binada izin verilebilen hasar sınıfına göre seçilmektedir. Her binanın tasarımında tek bir deprem etkisi dikkate alınır. Binaların deprem güvenlik ve performanslarının değerlendirilmesinde göz önüne alınmak üzere, DBYBHY-2007'de üç farklı deprem etkisi tanımlanmıştır [3]. Deprem kuvveti, ortalama dönüş periyodu, 50 yılda aşılma olasılığı, maksimum deprem etkisi (g) açısından sınıflandırılmıştır ve Tablo 1.2' de gösterilmektedir.

Tablo 1.2. Deprem etkisi parametreleri [3]

Deprem Türü	**Maksimum Deprem Etkisi (g)**	**50 Yılda Aşılma Olasılığı**	**Ortalama Dönüş Periyodu**
Kullanım Depremi	0,2	%50	72 Yıl
Tasarım Depremi	0,4	%10	474 Yıl
En Büyük Deprem	0,6	%2	2475 Yıl

1.6. Binalar İçin Performans Hedefleri

Deprem yönetmeliğinde, genel anlamda binaların küçük depremleri hasarsız atlatması, büyük depremleri can güvenliğini sağlayan sınırlı hasarla atlatması ve çok büyük depremleri de toptan göçme olmadan atlatması hedeflenir. Deprem performans hedefi de verilen bir deprem türü için yapıdan beklenen performans seviyesinin seçilmesidir. Yapıda depremden sonra nasıl bir hasar seviyesi ve bununla ilgili olarak nasıl bir performans seviyesi kabul edilecektir, bunların belirlenmesinde hangi deprem esas alınacaktır, gibi soruların cevabının birleştirilmesi ile "Bina

Deprem Performans Amacı" tanımlanır [7]. Farklı deprem düzeylerinde binalar için hedeflenen minimum performans seviyeleri Tablo 1.3 ile gösterilmiştir. Tabloda görüldüğü üzere, farklı deprem etkilerinin aşılma olasılıklarına kullanım türlerine göre binalar için, hemen kullanım, can güvenliği veya göçme öncesi performans hedeflerinden birinin seçilmesi ve bina performansının değerlendirilmesi gerekmektedir.

Tablo 1.3. Binalar için deprem performans hedefleri [3]

Binanın Kullanım Amacı ve Türü	**Depremin Aşılma Olasılığı**		
	50 yılda %50	50 yılda %10	50 yılda %2
Deprem Sonrası Kullanımı Gereken Binalar: Hastaneler, sağlık tesisleri, itfaiye binaları, haberleşme ve enerji tesisleri, ulaşım istasyonları, vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, afet yönetim merkezleri, vb.	-	**HK**	**CG**
İnsanların Uzun Süreli ve Yoğun Olarak Bulunduğu Binalar: Okullar, yatakhaneler, yurtlar, pansiyonlar, askeri kışlalar, cezaevleri, müzeler, vb.	-	**HK**	**CG**
İnsanların Kısa Süreli ve Yoğun Olarak Bulunduğu Binalar: Sinema, tiyatro, konser salonları, kültür merkezleri, spor tesisleri	**HK**	**CG**	-
Tehlikeli Madde 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**	-

*** HK:** Hemen Kullanım; **CG:** Can Güvenliği; **GÖ:** Göçme Öncesi

2. DEPREM GÜVENLİĞİNİN BELİRLENMESİNDE KULLANILAN HESAP YÖNTEMLERİ

2.1. Giriş

Betonarme yapıların deprem hesabı ve performans değerlendirmesi yönetmeliklerde binaların doğrusal elastik ve doğrusal elastik olmayan davranış kabullerine dayalı, birbirinden oldukça farklı iki yöntem tanımlanmıştır [3, 8, 9]. Bu bölümde doğrusal olmayan hesap yöntemlerinden bahsedilecek ve ağırlıklı olarak Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi üzerinde durulacaktır.

Doğrusal elastik olmayan yöntemlerin amacı, verilen bir deprem için öncelikle kesit bazında sünek davranışa ilişkin plastik şekil değiştirme istemlerinin ve gevrek davranışa ilişkin iç kuvvet istemlerinin hesaplanmasıdır. Daha sonra bu istem büyüklükler, yine her kesit için tanımlanmış bulunan, şekil değiştirme kapasiteleri ve iç kuvvet kapasiteleri ile karşılaştırılır, önce kesit bazında ve daha sonra bina bazında yapısal performans değerlendirmesi yapılır ve deprem güvenliği belirlenir [2].

Doğrusal elastik olmayan analiz yöntemlerinde artan yükler altında sistemde bulunan yapısal elemanlar sırayla kapasitelerine ulaştıkça bu elemanlar tarafından taşınamayan yüklerin diğer elemanlara dağılmasına izin verilir. Böylece iç kuvvetlerin yeniden dağılımı doğrusal elastik hesap yöntemlerine göre daha gerçekçi bir şekilde hesaplanmaktadır [10].

2.2. Doğrusal Elastik Olmayan Hesap Yöntemi Kavramı

Doğrusal elastik olmayan yöntemlerinin değerlendirmesinde şekil değiştirme ve yer değiştirmeler göz önüne alınır. Belirli bir deprem yükü dağılımında binadaki yer değiştirme talebine ulaşıldığında, binanın beklenen performans hedefini sağlayıp sağlamadığı yani kapasitenin talebi karşılama yeterliliği kontrol edilir. Aşağıda kapasite, talep ve performans kavramları kısaca açıklanmıştır [11].

a. Kapasite**:** Mevcut bir binanın kapasitesi, taşıyıcı sistem elemanlarının geometrik ve mekanik özelliklerine bağlı olarak, binaya etkimesi muhtemel yatay ve düşey

yükler altında, yönetmelikte belirtilen kurallar kapsamında hesaplanabilen dayanım ve şekil değiştirme yeteneğidir. Bu yeteneğin sınırı yapısal stabilitenin bozulduğu veya önceden belirlenen bir deplasman limitine ulaşıldığı andır. Elastik sınırlara kadar olan kapasiteyi belirlemek için doğrusal analiz yöntemleri yeterli görülebilir. Fakat elastik ötesi kapasiteyi belirlemek için doğrusal elastik olmayan analizlere ihtiyaç duyulur. Yapılacak analizin sonucunda tepe yer değiştirmesi ve taban kesme kuvveti dikkate alınarak çizilen kapasite eğrisi elde edilir.

b. Talep**:** Göz önüne alınan deprem etkisinde binada ortaya çıkacak kesit etkileri, şekil değiştirme ve yer değiştirme değerleridir.

c. Performans: Belirli bir deprem etkisi altında bir binada oluşabilecek hasarların düzeyi ve dağılımına bağlı olarak belirlenen yapı güvenliği durumudur. Kapasitenin talebi karşılama durumu olarak düşünülebilir. Kapasite eğrisi ve talep yer değiştirme bulunduktan sonra performans kontrolü yapılır [8, 9].

2.3. Doğrusal Elastik Olmayan Hesap Yöntemleri

DBYBHY-2007' de üç farklı doğrusal elastik olmayan hesap yöntemi tanımlanmıştır. Bunlar Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi, Artımsal Mod Birleştirme Yöntemi ve Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi' dir. Bu çalışma kapsamında, Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi ayrıntılı bir şekilde ele alınacak, diğer yöntemler hakkında özet bilgi verilecektir.

2.3.1. Artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi

Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi'nde yapının analizi, birinci doğal (deprem doğrultusunda hakim) titreşim mod şekli ile orantılı olacak şekilde, deprem istem sınırına kadar monotonik olarak adım adım artırılan eşdeğer deprem yükleri etkisi altında gerçekleştirilmektedir [11]. Eşdeğer deprem yükleri yapıya bir defada değil adım adım arttırılarak uygulandığından bu yöntem "Tek Modlu Statik İtme Analizi" olarak da adlandırılır. Statik itme analizi, bilimsel altyapısı oturmuş ve kullanılabilir derecede pratik bir yöntemdir. Bu yöntem ile yapı elemanlarının hasarları sonrası yapı içindeki kuvvet dağılımı ve yapının davranışının nasıl değiştiği gibi birçok bilgi elde edilebilmektedir [12, 13].

2.3.1.1. Yöntemin kullanılabilme koşulları

Deprem performansı belirlenecek bir binada hangi hesap yönteminin uygulanmasının uygun olacağı, yapının taşıyıcı sistem özelliklerine bağlıdır. Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi birinci modun hakim olduğu, bina kat sayısı ve burulma düzensizliğinin belli sınırlar altında kaldığı şartlarda uygulanabilir. Bu koşullar aşağıdaki gibidir.

a. Bina kat sayısı bodrum hariç 8'den ve bodrum üzerinde toplam bina yüksekliği 25 metreden fazla olmamalıdır.

b. Analizi yapılacak binadaki herhangi bir katta ek dış merkezlik göz önüne alınmaksızın doğrusal elastik davranışa göre hesaplanan burulma düzensizliği katsayısı $\eta_{bi} = (\Delta_i)_{max} / (\Delta_i)_{ort} < 1,4$ olmalıdır.

c. Göz önüne alınan deprem doğrultusunda, doğrusal elastik davranış esas alınarak hesaplanan birinci (hakim) titreşim moduna ait etkin kütlenin toplam bina kütlesine oranının en az 0,70 olması gereklidir.

2.3.1.2. Artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi için genel ilke ve kurallar

DBYBHY-2007'ye göre mevcut veya güçlendirilmiş binaların deprem performansının belirlenmesi amacıyla doğrusal elastik veya doğrusal elastik olmayan hesap yöntemlerinin uygulanmasında aşağıda listelenen kabuller dikkate alınmaktadır.

1. Yeni binalar için tanımlanan deprem etkisinde kullanılan ivme spektrumu, 50 yılda aşılma olasılığı % 10 olan tasarım depremini esas almaktadır. Mevcut binaların değerlendirilmesinde ise, binanın kullanım amacına ve türüne bağlı olarak, tasarım depreminin yanında, 50 yılda aşılma olasılığı % 50 olan kullanım depremi ve 50 yılda aşılma olasılığı % 2 olan en büyük deprem düzeyleri tanımlanmıştır. Kullanım depremi için tanımlanan spektrum ordinatları, tasarım depremi için tanımlanan ordinatların yaklaşık yarısı olarak alınacaktır. En büyük deprem için tanımlanan spektrum ordinatları ise, tasarım depremi için tanımlanan ordinatların yaklaşık 1,5 katı olarak kabul edilmiştir. Deprem hesabında, yeni binaların tasarımında kullanılan

bina önem katsayısı (I) kullanılmayacaktır. Deprem yüklerinin belirlenmesi için esas alınacak Spektral İvme Katsayısı, A(T), Denklem (2.1);

$$A(T) = A_0.I.S(T)$$

$$S_{ae}(T) = A(T).g \qquad (2.1)$$

ile verilmiştir. Elastik İvme Spektrumu'nun ordinatı olan Elastik Spektral İvme, $S_{ae}(T)$, Spektral İvme Katsayısı ile yerçekimi ivmesinin (g) çarpımına karşı gelmektedir [3]. Denklem (2.1)'de tanımlanan Etkin Yer İvmesi Katsayısı A_0, Tablo 2.1'de tanımlanmıştır.

Tablo 2.1. Etkin yer ivmesi katsayısı [3]

Deprem Bölgesi	**A_0**
1	0,40
2	0,30
3	0,20
4	0,10

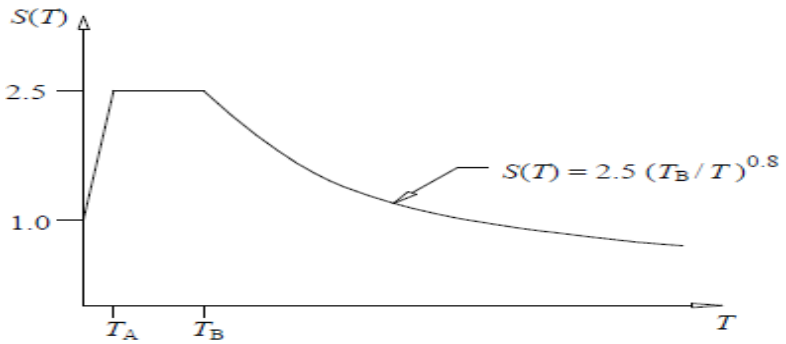
Denklem (2.1)'de tanımlanan Spektrum Katsayısı S(T), yerel zemin koşullarına ve bina doğal periyoduna (T) bağlı olarak Denklem (2.2);

$$S(T) = 1 + 1{,}5\frac{T}{T_A} \qquad 0 \le T \le T_A$$

$$S(T) = 2{,}5 \qquad T_A \le T \le T_B$$

$$S(T) = 2{,}5\left[\frac{T_B}{T}\right]^{0{,}8} \qquad T_B \le T \qquad (2.2)$$

ile hesaplanır (Şekil 2.1.).



Şekil 2.1. Spektrum katsayısı S(T) [3]

Denklem (2.2)'de tanımlanan Spektrum Karekteristik Periyotları, T_A ve T_B, DBYBHY-2007'ye uygun olarak Tablo 2.2'de verilmiştir.

Tablo 2.2. Spektrum karakteristik periyotları [3]

Yerel Zemin Sınıfı	**T_A (s)**	**T_B (s)**
Z1	0,10	0,30
Z2	0,15	0,40
Z3	0,15	0,60
Z4	0,20	0,90

2. Binaların deprem performansı, yapıya etkiyen düşey yüklerin ve deprem etkilerinin birleşik etkileri altında değerlendirilecektir

Deprem yüklerinin hesabında, sabit yükler (g_i), hareketli düşey yükler (q_i), hareketli yük katılım katsayısı (n) kullanılarak kat ağırlıkları (w_i) Denklem (2.3);

$$w_i = g_i + n.\ q_i \tag{2.3}$$

ile tanımlanmıştır. Hareketli Yük Katılım Katsayısı (n), Tablo 2.3 'de verilmektedir.

Tablo 2.3. Hareketli yük katılım katsayısı [3]

Binanın Kullanım Amacı	**n**
Depo, antrepo, vb.	0,80
Okul, öğrenci yurdu, spor tesisi, sinema, tiyatro, konser salonu, garaj, lokanta, mağaza, vb.	0,60
Konut, işyeri, otel, hastane, vb.	0,30

Binanın deprem yüklerinin hesaplanmasında kullanılacak toplam ağırlığı (W), Denklem (2.4);

$$W = \sum_{i=1}^{N} w_i \tag{2.4}$$

ile tanımlanmıştır. Göz önüne alınan deprem doğrultusunda, binanın tümüne etkiyen Toplam Eşdeğer Deprem Yükü (Taban Kesme Kuvveti), (V_t), bina katlarına etkiyen deprem yüklerinin toplamı olup Denklem (2.5);

$$V_t = \frac{W A(T_1)}{R_a(T1)} \geq 0{,}10 A_0\, I W \tag{2.5}$$

ile hesaplanmaktadır. Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü Yönteminde Toplam Eşdeğer Deprem Yükü'nün bina katlarına ağırlıkları oranında dağıtılması gerekmektedir.

3. Deprem kuvvetleri binaya her iki doğrultuda ayrı ayrı etki ettirilecektir.

4. Binanın taşıyıcı sistem modeli, deprem yükleri ile düşey yüklerin ortak etkileri altında yapı elemanlarında oluşacak iç kuvvet, yer değiştirme ve şekil değiştirmeleri hesaplamak için yeterli doğrulukta hazırlanacaktır.

5. Döşemelerin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, her katta iki yatay yer değiştirme ile düşey eksen etrafında dönme serbestlik dereceleri göz önüne alınacaktır. Kat serbestlik dereceleri her katın kütle merkezinde tanımlanacak, ayrıca ek dış merkezlik uygulanmayacaktır.

6. Mevcut binaların taşıyıcı sistemlerindeki belirsizlikler, yönetmelikte belirtilen bilgi düzeyi katsayıları ile hesap yöntemlerinde dikkate alınacaktır.

7. Mevcut beton ve donatı çeliği dayanımı olarak, DBYBHY-2007'de tanımlanan bilgi düzeylerine göre belirlenen dayanımlar esas alınacaktır.

8. Betonun maksimum basınç birim şekil değiştirmesi 0,003, donatı çeliğinin maksimum birim şekil değiştirmesi 0,01 olarak dikkate alınacaktır.

9. Betonarme sistemlerin eleman boyutlarının tanımında birleşim bölgeleri sonsuz rijit uç bölgeleri olarak göz önüne alınacaktır.

10. Eğilme etkisindeki betonarme elemanlarda çatlamış kesite ait etkin eğilme rijitlikleri $(EI)_e$ kullanılacaktır. Daha kesin bir hesap yapılmadıkça, etkin eğilme rijitlikleri için aşağıda verilen değerler kullanılacaktır:

a) Kirişlerde: $(EI)_e = 0{,}40\ (EI)_o$
b) Kolon ve perdelerde,
$N_D/(A_c\ f_{cm}) \leq 0{,}10$ olması durumunda: $(EI)_e = 0{,}40\ (EI)_o$
$N_D/(A_c\ f_{cm}) \geq 0{,}40$ olması durumunda: $(EI)_e = 0{,}80\ (EI)_o$

Eksenel basınç kuvveti (N_D)'nin ara değerleri için doğrusal enterpolasyon yapılabilir. N_D, deprem hesabında esas alınan toplam kütleler ile uyumlu yüklerin göz önüne alındığı ve çatlamamış kesitlere ait $(EI)_o$ eğilme rijitliklerinin kullanıldığı bir ön düşey yük hesabı ile belirlenecektir. Deprem hesabı için başlangıç durumunu

oluşturan düşey yük hesabında ise, yukarıda belirtildiği şekilde elde edilen etkin eğilme rijitliği $(EI)_e$ kullanılarak, deprem hesabında esas alınan kütleler ile uyumlu yüklere göre yeniden yapılacaktır. Deprem hesabında da aynı rijitlik değerleri kullanılacaktır.

11. Betonarme tablalı kirişlerin pozitif ve negatif plastik momentlerinin hesabında tabla betonu ve içindeki donatı hesaba katılabilir.

12. Betonarme elemanlarda kenetlenme veya bindirme boyunun yetersiz olması durumunda, kesit kapasite momentinin hesabında ilgili donatının akma gerilmesi kenetlenme veya bindirme boyundaki eksikliği oranında azaltılabilir.

13. Zemindeki şekil değiştirmelerin yapı davranışını etkileyebileceği durumlarda zemin özellikleri hesap modeline yansıtılacaktır.

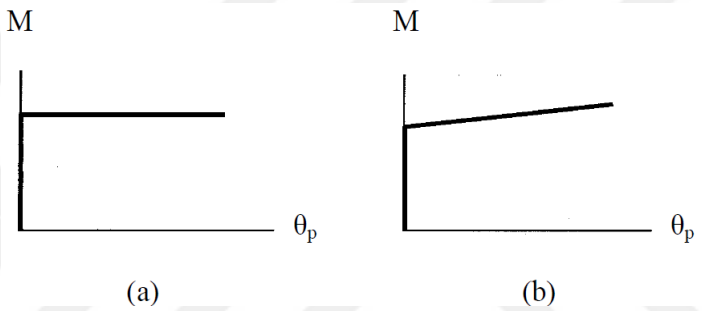
14. Malzeme bakımından doğrusal olmayan davranışın idealleştirilebilmesi için, yığılı plastik davranış modeli esas alınmıştır. Basit eğilme durumunda plastik mafsal hipotezine karşı gelen bu modelde, çubuk eleman olarak idealleştirilen kiriş, kolon ve perde türü taşıyıcı sistem elemanlarındaki iç kuvvetlerin plastik kapasitelerine eriştiği sonlu uzunluktaki bölgeler boyunca, plastik şekil değiştirmelerin düzgün yayılı biçimde oluştuğu varsayılmaktadır. Plastik mafsal boyu kesit yüksekliğinin yarısı olarak kabul edilir [14].

15. Plastik mafsalların, deprem etkisinde en çok zorlanan kolon ve kirişlerin uçlarına, perdelerde ise her katta kat seviyesinde oluşabileceği kabul edilir.

16. Betonarme perdelerde, plastik kesitlerin her katta perde kesiminin alt ucuna konulmasına izin verilebilir. U, T, L veya kutu kesitli perdeler, bütün kolları birlikte çalışan tek perde olarak idealleştirilmelidir. Binaların bodrum katlarında rijit çevre perdelerinin bulunması durumunda, bu perdelerden üst katlara doğru devam eden perdelerin plastik kesitleri bodrum üstünden başlamak üzere konulmalıdır.

17. Eğilme momenti yanında normal kuvvet de bulunan kolon kesitlerinde plastik mafsal kesitlerinin güç tükenme (karşılıklı etki) çizgileri (yüzeylerinin) mevcut malzeme dayanımları kullanılarak belirlenir ve eğrisel değişimin yeterli yaklaşık doğrularla ifade edilebileceği kabul edilebilir.

18. İç kuvvet-plastik şekil değiştirme bağıntılarında pekleşme etkisi (plastik dönme artışına bağlı olarak plastik moment artışı) yaklaşık olarak terk edilebilir (Şekil 2.2a). Bu durumda, bir veya iki eksenli eğilme ve eksenel kuvvet etkisindeki kesitlerde plastikleşmeyi izleyen itme adımlarında, iç kuvvetlerin akma yüzeyinin üzerinde kalması koşulu ile plastik şekil değiştirme vektörünün akma yüzeyine yaklaşık olarak dik olması koşulu göz önüne alınacaktır. Pekleşme etkisinin göz önüne alınması durumunda (Şekil 2.2b), bir veya iki eksenli eğilme ve eksenel kuvvet etkisindeki kesitlerde plastikleşmeyi izleyen itme adımlarında iç kuvvetlerin ve plastik şekil değiştirme vektörünün sağlaması gereken koşullar, ilgili literatürden alınan uygun bir pekleşme modeline göre tanımlanacaktır [14, 15, 16].



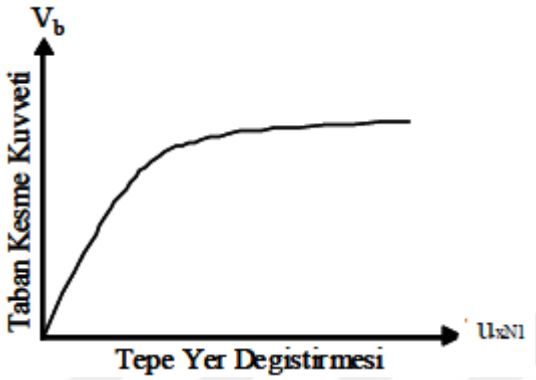
Şekil 2.2. Moment – plastik dönme eğrisi [14]

19. Eşdeğer Deprem Yükü Yönteminde, eşdeğer deprem yükü dağılımının, taşıyıcı sistemdeki plastik kesit oluşumlarından bağımsız biçimde sabit kaldığı varsayımı yapılabilir. Bu durumda yük dağılımı, analizin başlangıç adımında doğrusal elastik davranış için hesaplanan birinci (deprem doğrultusundaki hakim) doğal titreşim mod şekli genliği ile ilgili kütlenin çarpımından elde edilen değerle orantılı olacak şekilde tanımlanacaktır [11].

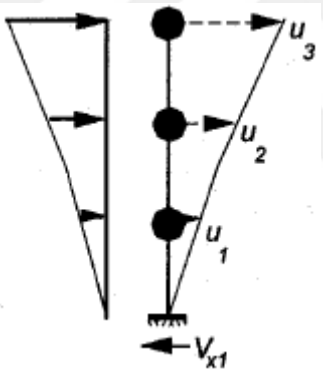
2.3.1.3. Statik itme eğrisinin belirlenmesi

Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi'nde yapısal davranış statik itme eğrisi ile ifade edilir (Şekil 2.3). Statik itme eğrisi, taban kesme kuvveti ile yapının tepe noktasının yatay yer değiştirmesi arasındaki ilişkiyi göstermektedir ve yapıların yatay yük altındaki dayanım ve süneklik özelliklerini yansıtmaktadır. Yapının geometrik konfigürasyonu, kesit ve malzeme özellikleri ile elastik ötesi davranış dikkate alınarak taşıyıcı sistemin adım adım matematiksel modeli oluşturulur. Modele kat kütleleri ile uyumlu düşey yükler etkitilerek doğrusal elastik olmayan

statik analiz yapılır. Bu analizin sonuçları, statik itme analizinin başlangıç koşulları olarak dikkate alınır. Bu yüklemenin sonucunda da taban kesme kuvveti ile yapının tepe noktasının yer değiştirmesi arasındaki statik itme eğrisi, yapının kapasite eğrisi elde edilmektedir (Şekil 2.4).



Şekil 2.3. Statik itme eğrisi

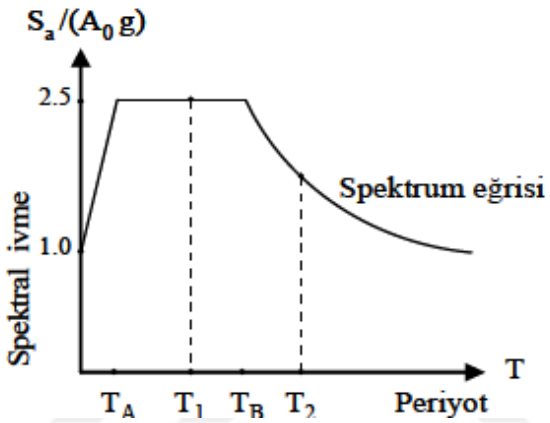


Şekil 2.4. Yükleme-yer değiştirme

1.moda (hakim moda) ait doğal titreşim periyodunun 1 saniye ya da daha az olduğu binalar için yüksek modların yapıya etkileri göz ardı edilebilir düzeydedir. Statik itme eğrisinde yatay kuvvet adım adım arttıkça, yatay yer değiştirmeler ve plastik şekil değiştirmeler artmaktadır. Bunun sonucunda taşıyıcı sistemde plastik mafsallar oluşmakta ve taşıyıcı sistem elemanlarında hasarlar gözlenebilmektedir. Statik itme eğrisinin adımları, kesitlerde plastik mafsalların oluşma sırasının izlenmesi ve sistem davranışının değerlendirilmesi bakımından önemli bilgiler içerir [11].

2.3.1.4. Deprem talep eğrisinin belirlenmesi

Deprem talep eğrisi spektrum eğrisi ile ifade edilmektedir. Deprem etkisi talep eğrisi, spektral ivme ile Tablo 2.2'de tanımlanan ve yerel zemin sınıflarına göre belirlenen spektrum karakteristik periyotlarını dikkate alan eksenler arasındaki bağıntı çizilerek elde edilir. Tasarım Depremi, bina önem katsayısı 1 olan yeni konut binaları için göz önüne alınan, 50 yılda aşılma olasılığı % 10, ortalama dönüş periyodu yaklaşık 474 yıl olan deprem etkisine karşı gelmektedir. Şekil 2.5 ile Tasarım depremi için tanımlanan spektrum eğrisi gösterilmiştir.



Şekil 2.5. Tasarım depremi için spektrum eğrisi [11]

2.3.1.5. Statik itme eğrisinin modal kapasite eğrisine dönüştürülmesi

Taşıyıcı sistem kapasitesini, taban kesme kuvveti ve yatay yer değiştirme ilişkisini ve yapının elastik ötesi davranışını gösteren Statik itme eğrisi ile tanımlanmaktadır. Statik itme eğrisini depremin sistemden talebini gösteren ve elastik davranışı yansıtan spektrum eğrisi ile bir araya getirebilmek ve talep ile kapasitenin kesim noktasının oluşturabilmek için, her iki davranışın eksen takımlarının aynı olması gerekmektedir. Bu sebeple Statik İtme Eğrisi bir eksen değişimine tabi tutulur. Taban kesme kuvveti (V_{x1}), modal ivmeye (a_1), tepe yer değiştirmesi (U_{N1}) ve modal yer değiştirmeye (d_1) dönüştürülür. Bu dönüşümler Denklem (2.6), (2.7), (2.8) ve (2.9);

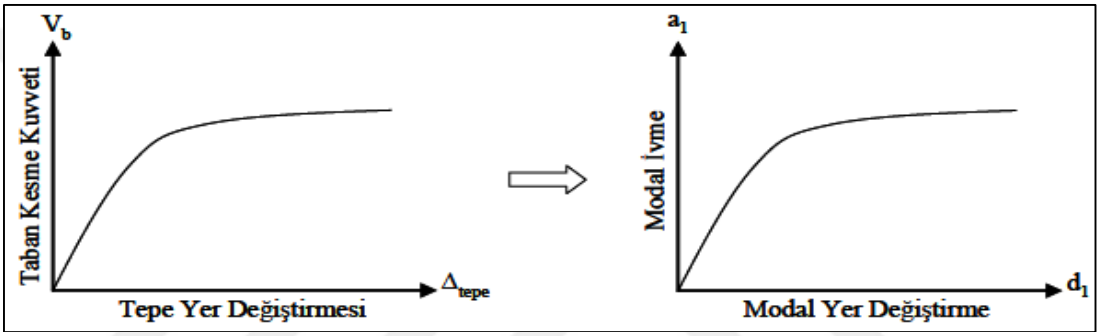
$$\Gamma_{x1} = \left[\frac{\sum_{i=1}^{N}(m_i \emptyset_{i1})}{\sum_{i=1}^{N}(m_i \emptyset_{i1}^2)} \right] \quad (2.6)$$

$$M_1 = \left[\frac{\left(\sum_{i=1}^{N}(m_i \emptyset_{i1})\right)^2}{\sum_{i=1}^{N}(m_i \emptyset_{i1}^2)} \right] \quad (2.7)$$

$$a_1^{(i)} = \frac{V_b}{M_1} \tag{2.8}$$

$$d_1^{(i)} = \frac{u_{xN1}^{(i)}}{r_{x1}\emptyset_{xN1}} \tag{2.9}$$

ile ifade edilmiştir. Statik itme eğrisini modal kapasite eğrisine dönüştürmek için önce denklem (2.6) ve (2.7) kullanılarak birinci doğal titreşim modu için modal katılım çarpanı (Γ_{x1}) ve 1. modal kütle (M_1) hesaplanır. Daha sonra denklem (2.8) ve (2.9) kullanılarak statik itme eğrisi (kapasite eğrisi) modal kapasite eğrisine (Modal ivme-Modal Yer değiştirme eğrisine) dönüştürülür (Şekil 2.6).



Şekil 2.6. Statik itme eğrisinin modal kapasite eğrisine dönüştürülmesi [11]

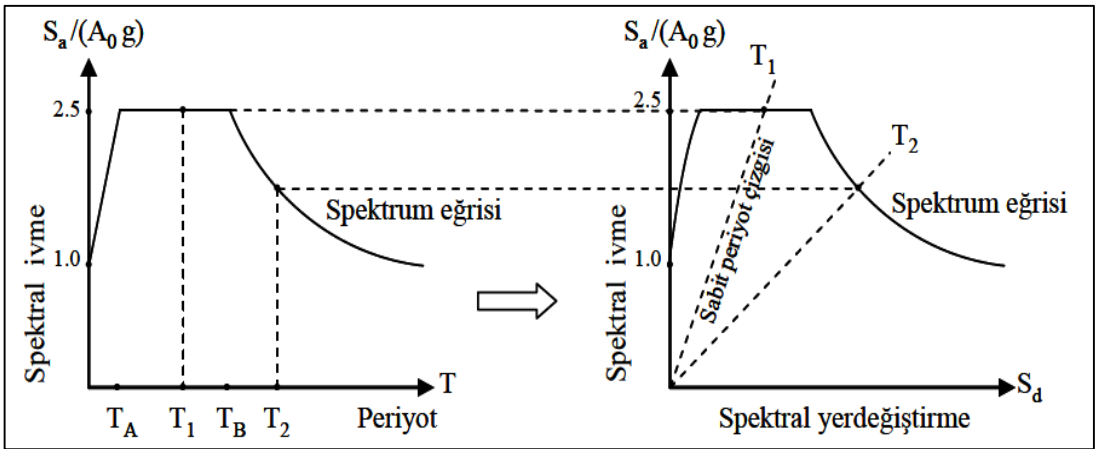
2.3.1.6. Deprem talep eğrisi eksen değişimi

Depremin sistemden talebini gösteren ve elastik davranışı yansıtan spektrum eğrisi Denklem (2.10);

$$S_d = S_a \left(\frac{T}{2\pi}\right) 2 \tag{2.10}$$

kullanılarak dönüşümü gerçekleştirilebilir.

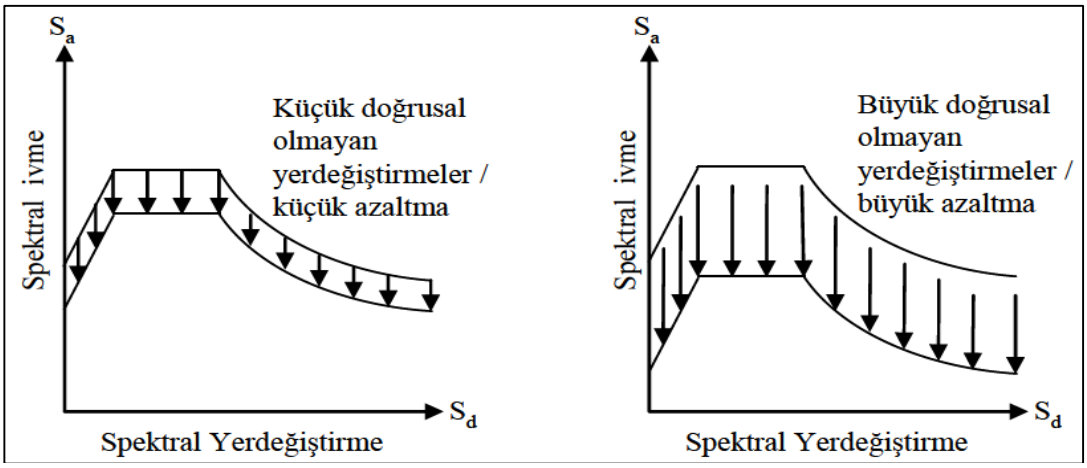
Talep eğrisinin yatay ekseni spektral yer değiştirmeye dönüştürülür (Şekil 2.7).



Şekil 2.7. Deprem talep eğrisi eksen değişimi [11]

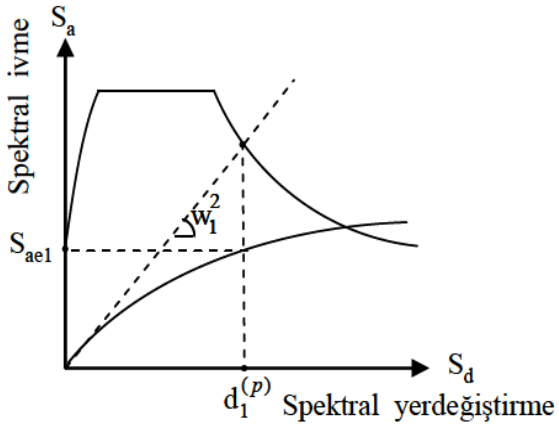
2.3.1.7. Modal kapasite eğrisi ile deprem talep eğrisinin kesiştirilmesi

Modal kapasite ve deprem talep eğrilerinin kesiştirilmesi ile depremin talebine sistemin verdiği cevap, yani karşı gelen denge durumu bulunur. Depremin talebi, elastik spektrum eğrisi ile tanımlanmıştır. Buna karşılık sistemin kapasitesi, doğrusal olmayan davranışla elde edilmiştir. Bu durumda, depremin elastik talep eğrisi, sistemin doğrusal olmayan davranışı göz önüne alınarak azaltılır ve kesişme noktası bulunur. Ancak, bu azaltma sistemin doğrusal olmayan davranışına bağlı olur. Büyük elasto-plastik yer değiştirmeler daha büyük sönüme sebep olacağı için elastik spektrum eğrisinin azaltılması da daha büyük olur (Şekil 2.8). Ancak talep eğrisinin bu tür azaltılması değişik parametreler bağlı olduğu için seçilecek basit bir azaltma katsayısı ile bu işin yapılması kolay değildir. DBYBHY-2007, kapasite eğrisinin talep eğrisi gibi elastik duruma çevrilmesi ile dönüşümün yapılmasını önermektedir. Bu işlem kapasite eğrisinin başlangıç teğetinin çizilmesiyle kolayca yapılabilmektedir [11].



Şekil 2.8. Elastik spektrum eğrisinin azaltılarak elasto-plastik spektrumun elde edilmesi [9]

Başlangıç eğimine çizilen teğetin elastik spektrum eğrisi ile kesişimi hem dikkate alınan deprem talebi, hem de sistemin ona verdiği yatay yer değiştirme cevabı elde edilir. Ancak, her iki eğri de elastik tabanlı olduğu için bulunan nokta da sistemin elastik olmasına karşı gelir. Eşit yer değiştirme kuralı kullanılarak elastik sistem için elde edilen elastik yer değiştirmeden (d^{e}_{max}), elasto-plastik yer değiştirmeye (d^{ep}_{max}) geçilir (Şekil 2.9). Buna göre periyodu büyük olan yapılarda elastik ve elasto-plastik yer değiştirmelerin yaklaşık olarak eşit olduğu kabul edilirken, periyodu küçük olan yapılarda elasto-plastik yer değiştirme elastik yer değiştirmenin spektral yer değiştirme oranı (C_{R1}) ile büyütülerek elde edilir [11, 15].



Şekil 2.9. Deprem talep eğrisi ile modal kapasite eğrisinin birlikte gösterimi [11]

2.3.1.8. Doğrusal ve doğrusal olmayan spektral yer değiştirme

Doğrusal elastik olmayan spektral yer değiştirme (S_{di1}), itme analizinin ilk adımında, doğrusal elastik davranış esas alınarak hesaplanan birinci (hakim) moda ait ($T_1^{(1)}$) başlangıç periyoduna karşı gelen doğrusal elastik (lineer) spektral yer değiştirmeye (S_{de1}) bağlı olarak Denklem (2.11);

$$S_{di1} = C_{R1} S_{de1} \tag{2.11}$$

ile elde edilir [3]. Doğrusal elastik (lineer) spektral yer değiştirme (S_{de1}), itme analizinin ilk adımında birinci moda ait elastik spektral ivme (S_{ae1}) 'den Denklem (2.12);

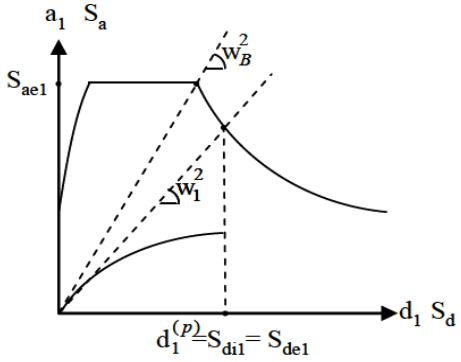
$$S_{de1} = \frac{S_{ae1}}{(w_1^{(1)})^2} \tag{2.12}$$

ile hesaplanır [3].

2.3.1.9. Spektral yer değiştirme oranı

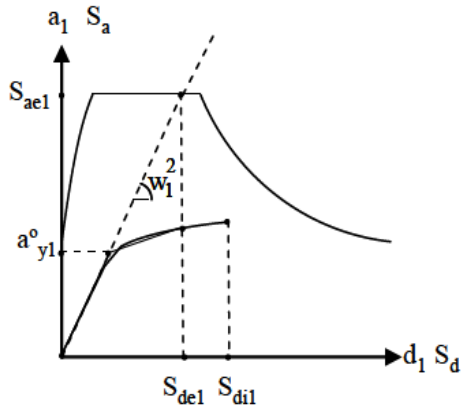
Denklem (2.11) de yer alan spektral yer degiştirme oranı (C_{R1}), başlangıç periyodu olan $T_1^{(1)}$ in ($T_1^{(1)} = 2\pi / w_1^{(1)}$) değerine bağlı olarak aşağıda anlatılan biçimlerde ifade edilebilir [3]. ($T_1^{(1)}$) başlangıç periyodunun, tasarım depremi ivme spektrumundaki karakteristik periyot (T_B)' ye eşit veya daha uzun olması durumunda ($T_1^{(1)} \geq T_B$ veya $(w_1^{(1)})^2 \leq w_B^2$) doğrusal elastik olmayan (nonlineer) spektral yer değiştirme (S_{di1}), eşit yer değiştirme kuralı uyarınca doğal periyodu yine ($T_1^{(1)}$) olan eşlenik doğrusal elastik sistem'e ait lineer elastic spektral yer değiştirme (S_{de1})'e eşit alınacaktır (Şekil 2.10). Buna göre Denklem (2.11)'deki spektral yer değiştirme oranı C_{R1} = 1 alınır [3].

($T_1^{(1)}$) başlangıç periyodunun, tasarım depremi ivme spektrumundaki karakteristik periyot (T_B)'den daha kısa olması durumunda ($T_1^{(1)} \geq T_B$ veya $(w_1^{(1)})^2 \leq w_B^2$) ise, spektral yer değiştirme oranı (C_{R1}) aşağıdaki şekilde hesaplanır [3].



Şekil 2.10. $T_1^{(1)} \geq T_B$ durumu için elastik spektrum ile kapasite eğrisinin kesiştirilmesi [11]

a. İtme analizi sonucunda elde edilen modal kapasite diyagramı, Şekil 2.11 ile gösterildiği üzere, yaklaşık olarak iki doğrulu (bi-lineer) bir diyagrama dönüştürülür. Bu diyagramın başlangıç doğrusunun eğimi, itme analizinin ilk adımındaki (i=1) doğrunun eğimi olan birinci moda ait özdeğere, $(w_1^{(1)})^2$, eşit alınır($T_1^{(1)}= 2\pi /w_1^{(1)}$).



Şekil 2.11. Modal kapasite diyagramı bilineer gösterimi [11]

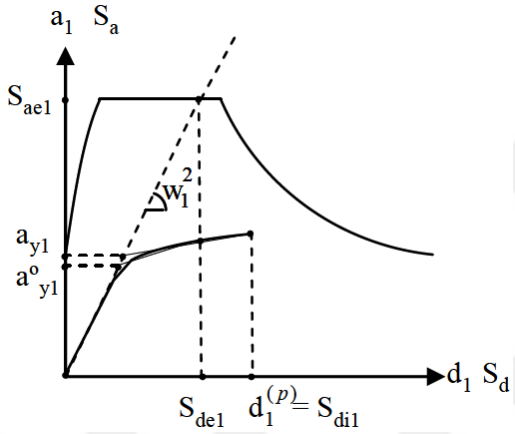
b. Ardışık yaklaşımın ilk adımında C_{R1} = 1 kabulü yapılarak eşdeğer akma noktasının koordinatları eşit alanlar kuralı ile belirlenir. Sekil 2.12.'de görülen (a_{y1}) esas alınarak (C_{R1}) aşağıdaki Denklem (2.13);

$$C_{R1} = \frac{1+(R_{y1}-1)T_B/T_1^1}{R_{y1}} \geq 1 \qquad (2.13)$$

ile şekildeki gibi tanımlanır [3]. Bu bağlantıda (R_{y1}) birinci moda ait dayanım azaltma katsayısını göstermektedir. (R_{y1}) aşağıda ki Denklem (2.14);

$$R_{R1} = \frac{S_{ae1}}{a_{y1}} \qquad (2.14)$$

ile şekilde tanımlanır [3]. Denklem (2.14)'de bulunan (C_{R1}) kullanılarak Denklem 2.14'e göre hesaplanan (S_{dil}) esas alınarak eşdeğer akma noktasının koordinatları, Şekil 2.12 ile gösterildiği üzere, eşit alanlar kuralı ile yeniden belirlenir ve bunlara göre (a_{y1}) , (R_{y1}) ve (C_{R1}) tekrar hesaplanır. Ardışık iki adımda elde edilen sonuçların kabul edilebilir ölçüde birbirlerine yaklaştıkları adımda ardışık yaklaşıma son verilir [3].



Şekil 2.12. $T_1^{(1)} \leq T_B$ durumu için elastik spektrum ile kapasite eğrisinin kesiştirilmesi [11]

Modal kapasite eğrisi ile deprem talep eğrisinin birleştirilmesi ile ortaya çıkan değerler kullanılarak yeni bir tepe noktası yer değiştirmesi istemi elde edilir. Analiz, ilk aşamalarda uygulanan itme analizinde talep edilen yer değiştirmeye ulaşılamamışsa tekrarlanır. Yeni tepe noktası yer değiştirmesine ulaşıldığı adımdaki değerler, performans değerlendirmesinde yani yapının deprem güvenliğinin belirlenmesinde kullanılır [3].

2.3.1.10. Bina güvenlik seviyesinin belirlenmesi

Performans noktasının belirlenmesinden sonra, depremin talebine karsı sistemin elasto-plastik davranışla yapacağı yer değiştirme, plastik mafsal yerleri, plastik mafsal dönmeleri(θ_p) ve dolayısıyla plastik eğrilikler (ϕ_p) bulunur. Bu plastik eğriliklere kesitin plastikleşmeye erişinceye kadar yaptığı akma elastik eğriliği de eklenerek Denklem (2.15);

$$\Phi_t = \Phi_y + \Phi_p \quad (2.15)$$

ile toplam eğriliği (ϕ_t) bulunabilir [11]. Denklemdeki (L_p) plastik mafsal boyudur. (L_p), çalısan doğrultudaki kesit boyunun yarısı eşittir. Plastik mafsal dönmeleri, taşıyıcı sistem elemanlarının plastik mafsal oluşan kısımlarından elde edilir. Eşdeğer akma eğriliği Denklem (2.16);

$$\Phi_y = \frac{2.1\varepsilon_{sy}}{h} \quad (2.16)$$

Kullanılarak hesaplanabilir [17]. Toplam eğrilik belirlendikten sonra kesitteki şekil değiştirme durumu yani betonun en büyük kısalması ve donatının en büyük uzaması hesap edilebilir. Bu değerler Bölüm 2.3.1'de anlatılan performans durumlarına ait sınır değerlerle karşılaştırılarak kesitin bulunduğu hasar durumu belirlenir. Kesitten elemanlara ve sonra katlara geçilerek binanın performans durumu ve yapı güvenliği tespit edilir. Kesitlerde DBYBHY-2007 Ek 7B.'de yer alan sargılı ve sargısız beton modelleri ve donatı çeliği modeli hakkındaki kurallar dikkate alınarak moment-eğrilik ilişkisi tanımlanmalıdır.

2.3.2. Artımsal mod birleştirme yöntemi ile itme analizi

Artımsal Mod Birlestirme Yöntemi ile itme analizi, deprem istem limitine kadar her bir titreşim modunda monotonik olarak adım adım arttırılan ve birbirleri ile uygun biçimde ölçeklendirilen modal yer değiştirmeler veya onlarla uyumlu modal deprem yükleri esas alınarak yapılır. Mod Birleştirme Yöntemi, ardışık iki plastik mafsal oluşumu arasındaki her bir itme adımında artımsal olarak uygulanır. Bu itme adımlarında taşıyıcı sistemde meydana gelen yer değiştirme, plastik şekil değiştirme ve iç kuvvet artımları ile bu büyüklüklere ait birikimli değerler ve son itme adımında deprem istemine karsı gelen maksimum değerler hesaplanır. Artımsal Mod Birleştirme Yöntemi tüm binalara uygulanabilir. Bu yöntemde, önce doğrusal elastik sistemin titreşim modları hesaplanır ve her moda ait modal kuvvetler binaya birbirinden bağımsız şekilde ayrı ayrı uygulanarak statik itme analizi yapılır. Ancak her modun statik itme analizi sırasında oluşan elastik ötesi etkiler birbirlerinden bağımsız olamayacağı için bu durumun bazı ilave yaklaşık hesaplarla düzeltilmesi gerekir. Daha sonra elde edilen modal değerler bir istatistiksel yöntemle birleştirilir. Çok modlu statik itme analizi henüz gelişmekte olan bir araştırma konusudur. Çok

modlu statik itme analizi için geliştirilmekte olan birbirinden farklı yöntemler mevcuttur ve bu yöntemler farklı sonuçlar vermektedir. Yöntemin karmaşıklığı uygulamasını kısıtlamaktadır. İtme analizi yöntemlerinin hassasiyeti arttıkça, yapılan hesap miktarı zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemine yaklaşmakta ve amacını yitirmektedir [10].

2.3.3. Zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemi

Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemi' nin amacı, taşıyıcı sistemdeki doğrusal olmayan davranış göz önüne alınarak deprem ivme kaydının adım adım sisteme uygulanmasıdır. Analiz sırasında her bir zaman artımında sistemde meydana gelen yer değiştirme, plastik şekil değiştirme ve iç kuvvetler ile bu büyüklüklerin deprem istemine karşı gelen maksimum değerleri hesaplanır.

Zaman tanım alanında doğrusal elastik olmayan analizde, taşıyıcı sistem elemanlarının tekrarlı yükler altındaki dinamik davranışını temsil eden iç kuvvet şekil değiştirme bağıntıları, teorik ve deneysel geçerlilikleri kanıtlanmış olmak kaydı ile ilgili literatürden yararlanılarak tanımlanır. Kullanılan ivme kayıtları yapay yolla üretilmiş veya daha önceden kaydedilmiş gerçek veya benzetilmiş deprem yer hareketleri olarak dikkate alınmaktadır. Kaydedilmiş veya benzeştirilmiş yer hareketlerinin kullanılması durumunda en az üç deprem yer hareketi üretilir ve bunların yapay yer hareketlerinin kullanılması durumunda verilen tüm koşulları sağlması gerekir. Doğrusal veya doğrusal olmayan hesapta, üç yer hareketi kullanılması durumunda sonuçların maksimumu, en az yedi yer hareketi kullanılması durumunda ise sonuçların ortalaması tasarım ve değerlendirme için esas alınır [18].

Zaman tanım alanında doğrusal elastik olmayan hesapta yapay yer hareketlerinin kullanılması durumunda, aşağıdaki özellikleri taşıyan en az üç deprem yer hareketi üretilir.

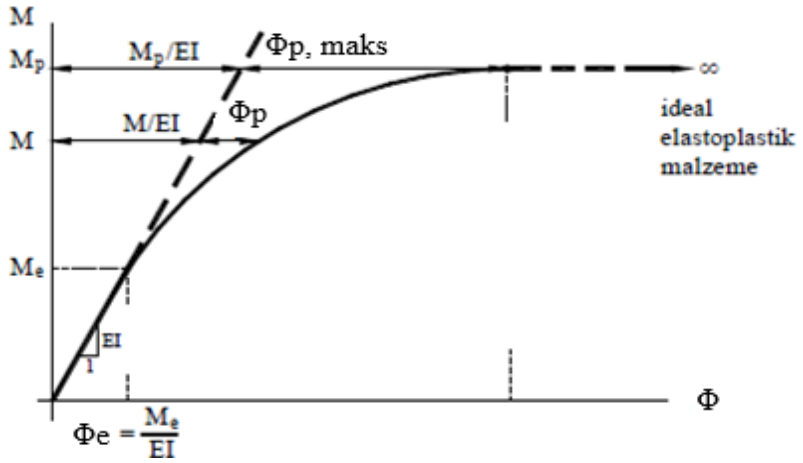
a) Kuvvetli yer hareketi kısmının süresi, binanın birinci doğal titreşim periyodunun 5 katından ve 15 saniyeden daha kısa olmamalıdır.

b) Üretilen deprem yer hareketinin sıfır periyoda karşı gelen spektral ivme değerlerinin ortalaması (A_{og})'den daha küçük olmamalıdır.

c) Yapay olarak üretilen her bir ivme kaydına göre % 5 sönüm oranı için yeniden bulunacak spektral ivme değerlerinin ortalaması, göz önüne alınan deprem doğrultusundaki birinci (hakim) periyod (T_1)'e göre $0{,}2T_1$ ile $2T_1$ arasındaki periyodlar için, yönetmelikte tanımlanan ($S_{ae}(T)$) elastik spektral ivmelerinin % 90'ından daha az olmamalıdır [3].

2.4. Plastik Mafsal Hipotezi

Doğrusal olmayan davranış gösteren yapılarda, doğrusal olmayan şekil değiştirmelerin plastik mafsal atanan belirli kesitlerde toplandığı varsayımı yapılmaktadır. Toplam şekil değiştirmelerin, doğrusal şekil değiştirmelere oranı olarak kabul edilen süneklik oranının büyük olduğu ve doğrusal olmayan şekil değiştirmelerin küçük bir bölgeye toplandığı sistemlerde, doğrusal olmayan eğilme şekil değiştirmelerinin plastik mafsal adı verilen belirli bölgelerde toplandığı, bunun dışındaki bölgelerde ise sistemin doğrusal-elastik davrandığı kabul edilebilir. Bu hipoteze, plastik mafsal hipotezi adı verilir. Şekil 2.13'de bir kesitindeki gerçek eğilme momenti-eğrilik bağıntısı verilen, doğrusal olmayan malzemeden yapılmış bir çubuk elemanı gösterilmiştir.



Şekil 2.13. Moment-eğrilik diyagramı [16]

Yeterli sünekliğe sahip olan betonarme kesitlerin eğilme momenti-eğrilik bağıntıları incelendiğinde, bu bağıntıların iki farklı bölgeden oluştuğu gözlenir. Birinci bölgede, beton ve beton çeliği doğrusal davranış bölgesinde kaldığı için, eğilme momenti-eğrilik bağıntısında da benzer özellikte ortaya çıkar. Ancak beton ve çelik gerilmelerinin artmasına paralel olarak, doğrusal olmayan gerilme-şekil değiştirme

ilişkisinin kesitin davranışında etkili olmaya başlaması, eğilme momenti-eğrilik bağıntısının da doğrusal davranıştan ayrılmasına sebep olur. Eğilme momenti-eğrilik bağıntısının ikinci bölgesinde eğri yataya yakın olur. Bu bölgede elastik ötesi, elastoplastik davranış etkilidir. Kesite etkiyen eğilme momentinde çok küçük artış meydana gelirken, eğrilik belirgin bir şekilde artar ve eğriliğin sınır değerine erişmesi ile kesitte güç tükenmesi meydana gelir. Bu hipotezde, çubuk elemanı üzerinde (L_p) uzunluğundaki bir bölgede toplanmış olan plastik (doğrusal-olmayan) şekil değiştirmeler Denklem (2.16) ve (2.17);

$$\theta_p = \int_0^{l_p} \Phi_p d_s \tag{2.16}$$

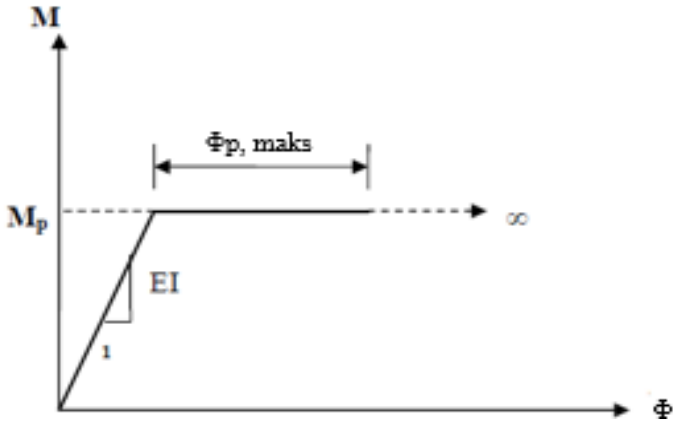
$$L_p = 0{,}5d \tag{2.17}$$

'ye göre belirlenir. Betonarme elemanda plastik mafsal boyu (L_p) olarak ifade edilen mesafe içerisinde meydana gelen eğrilik yoğunlaşması sebebi ile kesitte dönme meydana gelir. (θ_p), plastik mafsalın dönmesini göstermektedir. Plastik mafsal hipotezinin uygulanması, gerçek moment-eğrilik bağıntısının Denklem (2.18) ve (2.19);

$$M \leq M_p \succ \Phi = \frac{M}{EI} \tag{2.18}$$

$$M = M_p \succ \Phi \longrightarrow \Phi_p \tag{2.19}$$

şeklinde iki doğru parçası olarak idealleştirilmesine karşı gelmektedir (Şekil 2.14), [16, 19].



Şekil 2.14. İdealleştirilmiş moment–eğrilik bağıntısı

Artan dış yükler altında plastik mafsalın dönmesi artarak dönme kapasitesi adı verilen bir sınır değere eşit olunca, meydana gelen büyük plastik şekil değiştirmeler nedeniyle kesit kullanılamaz duruma gelir.

Plastik dönme kapasitesini etkileyen faktörler;

• Beton ve çeliğin σ-ε eğrilerini belirleyen (ε_{cu}) ve (ε_{su}) sınır birim boy değişimlerine,

• Betonarme betonunun (ε_{cu}) sınır birim boy değerini etkileyen sargı donatısı oranı,

• Plastik bölge uzunluğunu etkileyen kesit yüksekliği,

• Eğilme momenti diyagramının şekli ve kesitteki eksenel kuvvet seviyesidir.

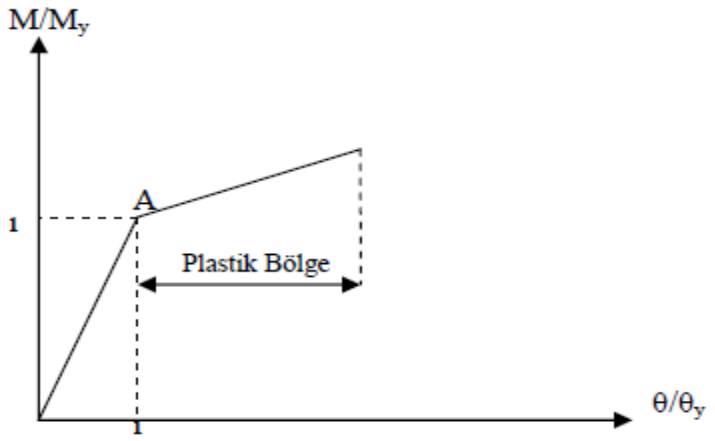
Plastik mafsal hipotezinin esasları genel olarak aşağıda verilmiştir:

• Bir kesite eğilme momenti artarak (M_p) plastik moment değerine eşit olunca, o kesite bir plastik mafsal oluşur. Daha sonra kesitteki eğilme momenti $M=M_p$ olarak sabit kalır ve kesit serbestçe döner. Plastik mafsaldaki (φ_p) plastik dönmesi artarak maksimum değerine ulaşınca kesit dönme kapasitesine ulaşır ve kullanılamaz duruma gelir.

• Plastik mafsallar arasında sistem, doğrusal-elastik davranır.

• Kesite eğilme momentine ek olarak normal kuvvet de etkiyorsa, (M_p) plastik momenti yerine, kesitteki (N) normal kuvvetine bağlı olarak karşılıklı etki diyagramından bulunan indirgenmiş plastik moment (M_p) değeri kullanılır.

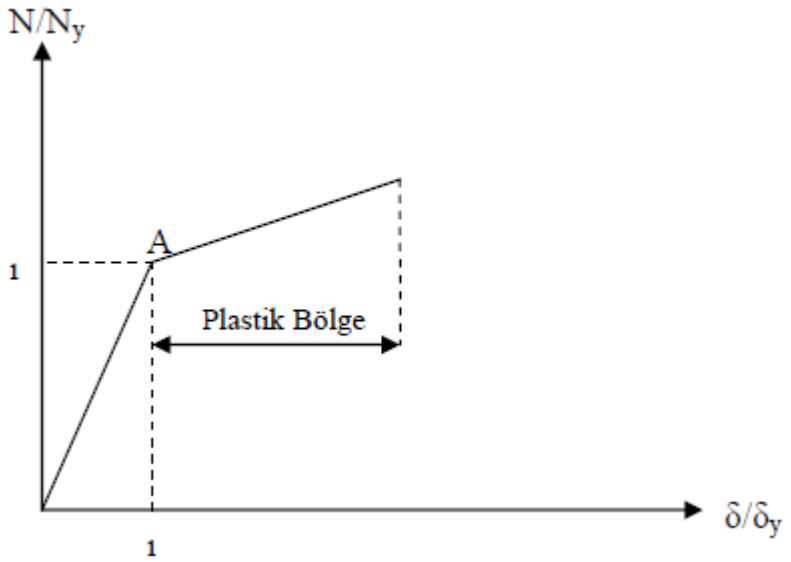
Taşıyıcı sistemin modeli yapısal analiz programları ile oluşturulurken betonarme elemanlarda oluşan iç kuvvetler arasındaki etkileşime göre eleman uçlarına mafsallar farklı şekillerde tanımlanmaktadır. (M3) mafsalı betonarme çubuklarda eğilme momenti ve dönme arasındaki ilişkiyi tanımlamaktadır. Sabit eksenel kuvvet ve tek eksenli eğilme etkisi altındaki kesitlerin doğrusal olmayan davranışını tanımlamak için kullanılmaktadır. Şekil 2.15'de gösterilen (M3) plastik mafsalı moment – dönme ilişkisinde momentler kesite plastik sekil değiştirmelerin başladığı (M_y) momentine göre, dönme değerleri ise kesite plastik sekil değiştirmelerin başladığı (θ_y) dönmesine göre normalleştirilmiş şekilde ifade edilmektedir. Kesite plastik sekil değiştirmelerin başladığı duruma A noktası karşılık gelmektedir.



Şekil 2.15. M3 mafsalı moment-dönme ilişkisi

Birleşik veya eğik eğilme etkisi altındaki betonarme çubuklarda eğilme momenti normal kuvvet arasındaki etkileşiminin tanımlanması için (PMM) mafsalı kullanılmaktadır. Kesite ait elde edilen akma yüzeyi eğrilerinin idealleştirilmiş şekli mafsal özelikleri olarak tanımlanmaktadır.

Sadece eksenel yük etkisi altındaki çubuk elemanlarda normal kuvvet – şekil değiştirme ilişkisinin tanımlanması için (P) mafsalı kullanılmaktadır [16, 19]. Gergi çubukları veya dolgu duvarlar bu mafsal tipinin kullanımının uygun olduğu elemanlardır. (P) mafsalına ait sekil değiştirme ilişkisi Şekil 2.16'da verilmiştir [20].



Şekil 2.16. P mafsalı normal kuvvet-şekil değiştirme ilişkisi

3. ARTIMSAL EŞDEĞER DEPREM YÜKÜ YÖNTEMİNE GÖRE BİNANIN DEPREM GÜVENLİĞİNİN BELİRLENMESİ

Deprem etkisi altında mevcut binaların yapısal performanslarının belirlenmesi ve güçlendirme analizleri için kullanılacak doğrusal elastik olmayan hesap yöntemlerinin amacı, verilen bir deprem için sünek davranışa ilişkin plastik şekil değiştirme istemleri ile gevrek davranışa ilişkin iç kuvvet istemlerinin hesaplanmasıdır. Doğrusal olmayan analiz yöntemleri, yapıların göçme anına kadar olan davranışına dair oldukça yaklaşık sonuçlar vermektedir. Ayrıca deprem etkisinde binanın davranışı ile ilgili mekanizma durumlarını gösterecek sonuçlar sunabildiği için gerçekçi çözümler üretilmesine olanak tanır. Yapıların elastik ötesi davranışlarındaki değişimin belirlenmesi, güçlendirme uygulamalarının ne kadar etkili olduğunun belirlenmesi amacıyla da kullanılmaktadır. Bu bölümde, önceki bölümlerde anlatılan doğrusal elastik olmayan hesap yöntemlerinden Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi (Tek Modlu Statik İtme Analizi) ile mevcut betonarme bir konut yapısının deprem güvenliğinin belirlenmesi üzerine sayısal bir inceleme yapılacaktır. Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi ile performans değerlendirmesi adımları aşağıdaki gibi özetlenebilir;

1. Yöntemin kullanılabilmesi için gerekli olan ve Bölüm 2.3.1.2'de açıklanan şartların bina için uygunluğu kontrol edilir.

2. Binanın taşıyıcı sistem modeli oluşturularak hareketli ve sabit düşey yükler modele tanıtılır.

3. Modal genliklerle orantılı kat kesme kuvvetleri rijit diyafram olarak idealleştirilen döşemelerin bulunduğu katların kütle merkezlerine etkitilir ve eksantrisite ihmal edilebilir. Bu analiz zati yükleri de kapsar.

4. Eğilme etkisindeki betonarme elemanlarda çatlamış kesite ait etkin eğilme rijitlikleri $(EI)_e$ kullanılır.

5. Yapıyı oluşturan elemanların plastik mafsal özellikleri tanımlanır. Plastik mafsal boyu olarak adlandırılan plastik şekil değiştirme bölgesinin uzunluğu, çalışan doğrultudaki kesit boyunun yarısına eşit alınacaktır. Genel olarak üç tip plastik mafsal kullanılır.

6. Artımsal itme analizinden önce, kütlelerle uyumlu düşey yüklerin göz önüne alındığı bir doğrusal olmayan statik analiz yapılır. Konut tarzı yapılarda G+0,3Q yüklemesi uygundur. Bu analizin sonuçları, artımsal itme analizinin başlangıç koşulları olarak dikkate alınır.

7. İtme analizi başlangıçta tahmini bir deplasman değeri için uygulanır. Bu değer için bina yüksekliğinin % 2 ~ 4 mertebesi olasıdır. Tahmini hedef deplasman değeri normalin çok üstünde olursa, sistem bu deplasman sınırına ulaşamayacağından analiz tamamlanamayacaktır.

8. İtme analizi sonucunda, taşıyıcı sisteme birinci (hakim) titreşim modu ve kat kütleleri ile orantılı uygulanan yatay yük etkisi altındaki, statik itme eğrisi elde edilir. Statik itme eğrisi bir eksen değişimine tabi tutularak modal kapasite eğrisine dönüştürülür.

9. Göz önüne alınan depreme bağlı olarak periyot-spektral ivme değerleri ile talep eğrisi oluşturulur. Talep eğrisinin eksen dönüşümü yapılarak spektral yer değiştirme-spektral ivme eğrisi elde edilir.

10. Deprem spektrum eğrisi ile modal kapasite eğrisi karşılaştırılarak hedef deplasman sınırı tayin edilir.

11. Her iki yatay doğrultu için hedef deplasman üst sınır alınır ve itme analizi tekrarlanır.

12. Tek modlu statik itme analizinin hedef deplasman sınırına ulaştığı son adımında elemanlardaki birim şekil değiştirme, iç kuvvet ve dönme değerleri tespit edilir.

13. Belirlenen şekil değiştirmeler, kesit hasar sınırlarına karşı gelen beton ve donatı çeliği şekil değiştirmeleri ile karşılaştırılarak kesitin yer aldığı hasar bölgesi belirlenir.

3.1. İncelenen Binanın Özellikleri

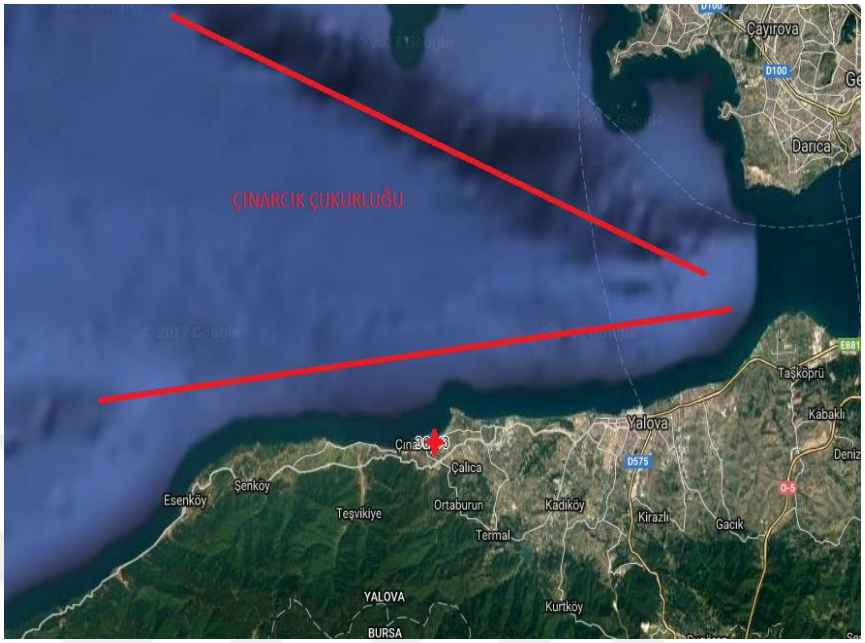
İncelenen bina 1975 Deprem Yönetmeliği'ne göre projelendirilmiş ve 1997 yılında inşa edilmiştir. Yalova il sınırları içerisinde bulunan yapı 1999 Marmara Depreminde hasar aldıktan sonra [21], yürürlükteki 1998 Deprem Yönetmeliğine göre güçlendirilmiş ve halen kullanılmaya devam edilmektedir. Binanın konumu Şekil 3.1'de gösterilmektedir. Planda boyutları 6,00 m x 12,00 m olan, zemin kat ve 4 normal kat olmak üzere toplam 5 katlı betonarme bir konut binasıdır. Kat yüksekliği, zemin katta 3,5 metre ve diğer katlarda 3,0 metre olmak üzere, toplam 15,5 metredir (Şekil 3.2). Binanın projeleri mevcuttur. Bina X doğrultusunda (kısa doğrultu) 2 açıklıktan, Y doğrultusunda (uzun doğrultu) ise 4 açıklıktan oluşmaktadır. Bina taşıyıcı sistemi her iki doğrultuda betonarme çerçevelerden oluşmaktadır. Taşıyıcı sistem kirişleri, 20x60 cm, 25x60 cm, 30x60 cm olarak boyutlandırılmıştır. Döşeme tipi, kalınlığı 12 cm ve 14 cm olan çift doğrultuda çalışan plak döşemelerdir (Şekil 3.3). 25x45cm ile 25x65 cm arasında değişen farklı kesitlere sahip kolonlar ile taşıyıcı sistem oluşturulmuştur. Binada perde bulunmamaktadır (Şekil 3.4).

İncelenen bina DBYBHY-2007'ye göre Z4 zemin sınıfı üzerinde ve Deprem Bölgeleri Haritasına göre birinci deprem bölgesinde inşaa edilmiştir. Binanın kullanım amacı konut olduğundan bina önem katsayısı I=1 olarak alınmıştır. Proje üzerinde yer alan malzeme özellikleri C14 kalite beton, S220 donatı çeliği olarak belirlenmiştir. Ayrıca yerinde yapılan tahribatsız beton test ölçümlere göre beton sınıfı C20 olarak tespit edilmiştir. Binada etriye sıklaştırması yapılmamış, boyuna donatılarda ve etriyelerde herhangi bir korozyon hasarına rastlanmamıştır [21]. Binanın projeleri mevcut olduğundan kapsamlı bilgi düzeyi olduğu değerlendirilmiş ve bilgi düzeyi katsayısı 1,0 olarak dikkate alınmıştır.

3.2. Binanın Modellenmesi

Çalışmada kesit analizleri ve sistem analizler için bilgisayar yazılımlarından faydalanılmıştır. Kesit analizleri için kullanılan XTRACT kesit analiz yazılımı sayesinde, betonarme kiriş ve kolonlara ait moment–eğrilik davranışı, kolonlara ait akma yüzeylerinin tanımlanması ve hasar bölgelerini belirleyen beton ve donatı

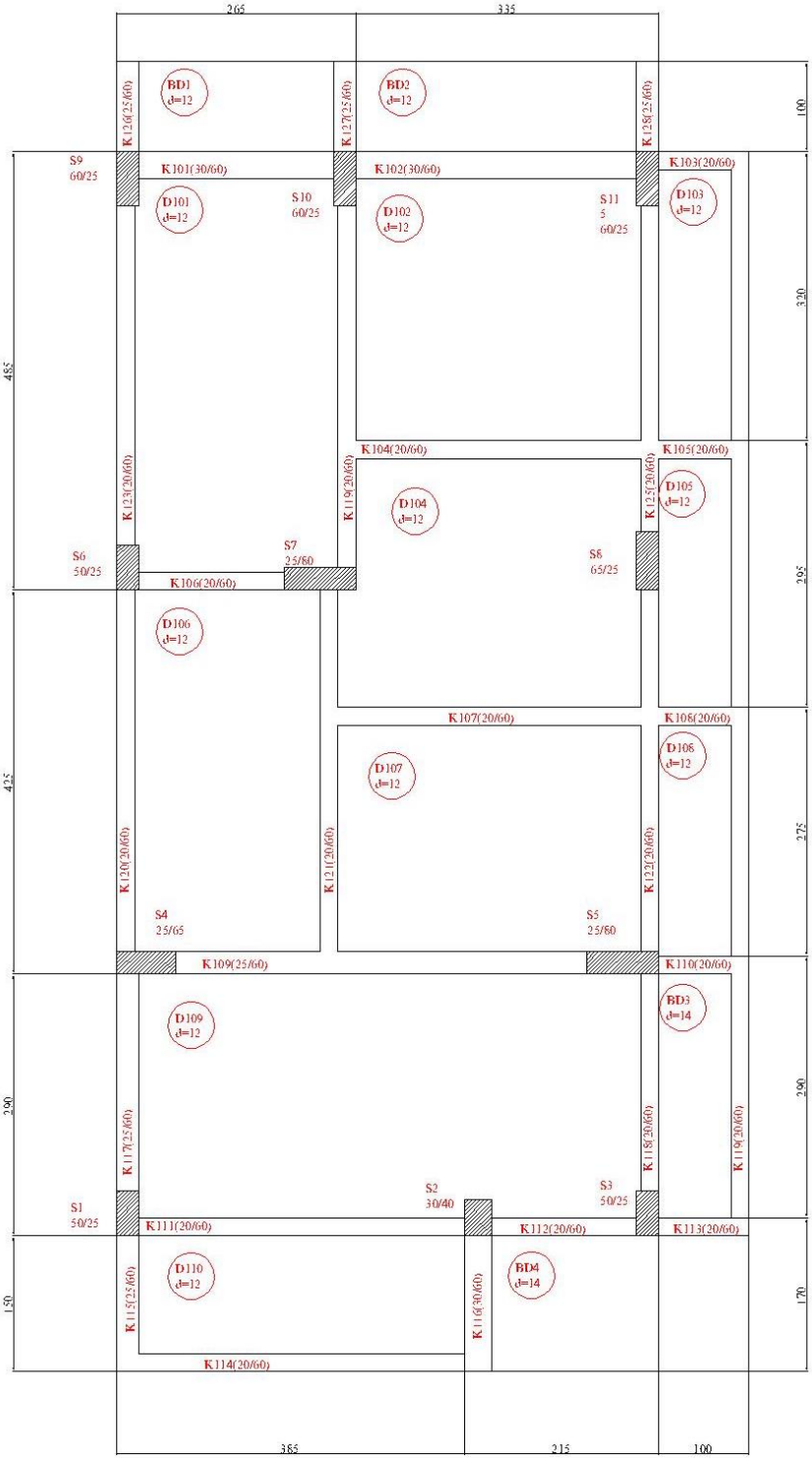
çeliğinin sınır şekil değiştirmelerine bağlı eksenel kuvvet-eğrilik bağıntıları belirlenmiştir [22].



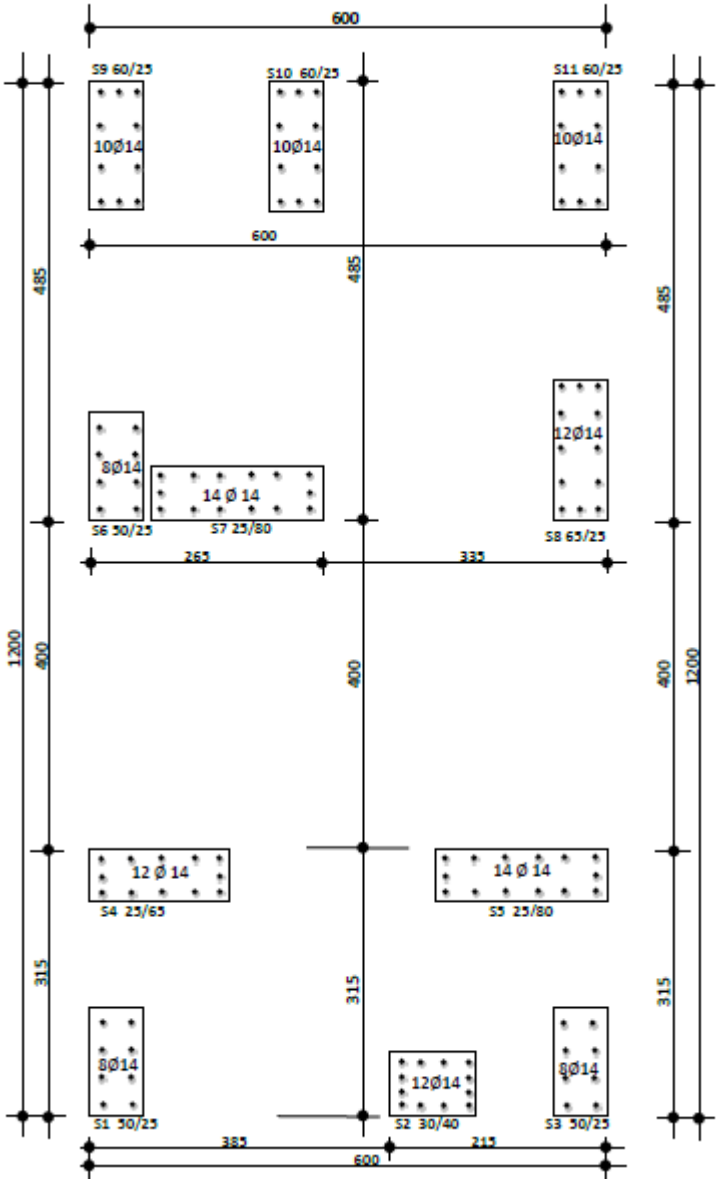
Şekil 3.1. Binanın konumu ve fay hatlarının görünümü



Şekil 3.2**.** Binanın görünümü



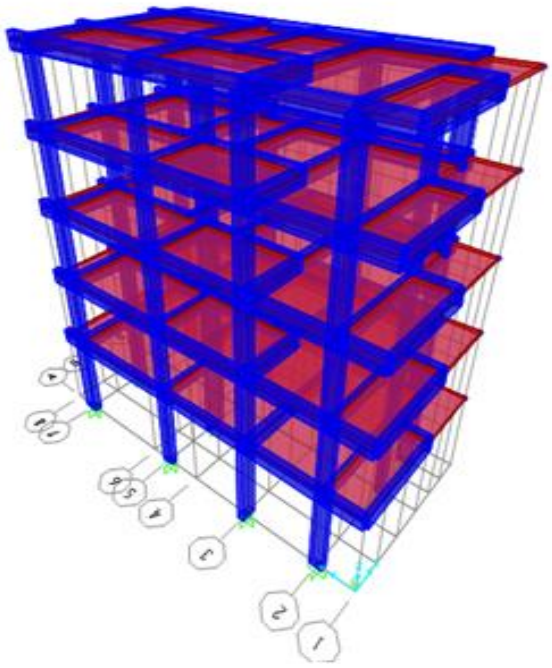
Şekil 3.3. Taşıyıcı sistem kalıp planı



Şekil 3.4. Kolon aplikasyon planı

Artırılan kuvvet etkileri altında oluşan moment ve eksenel kuvvet kapasiteleri ile beton ve donatı çeliğinde farklı moment değerleri için meydana gelen birim şekil değiştirmeleri kolaylıkla kıyaslanabilmiştir. Doğrusal elastik ve doğrusal elastik olmayan yapısal sistem analizler için kullanılan SAP2000 yazılımı pek çok akademik ve güncel çalışmada yaygın olarak kullanılan çok amaçlı bir analiz programıdır [20]. Binayı meydana getiren taşıyıcı sistem elemanlarının malzeme özellikleri, çubuk elemanların kesit özellikleri, birleşim şekilleri, taşıyıcı sisteme etkiyen yükler, deprem yükü tanımı gibi binanın matematik modelini oluşturan tüm kavramların programa tanıtılması ve ilgili sistem elemanlarına atanması ile hesap modeli

oluşturulur. Bununla birlikte tasarımda kolon kiriş birleşim bölgelerinin sonsuz rijit olduğu, temel seviyesinde kolonların ankastre mesnetlendiği, kat seviyelerinde yatay düzlemde rijit diyafram olduğu kabul edilmiştir. Yapısal bilgiler dikkate alınarak binanın matematiksel modeli SAP2000 v18.2.0 programı ile oluşturulmuştur (Şekil 3.5). Yapı özdeğer analizi yapılarak her bir modda oluşan doğal titreşim periyotları ve kütle katılım oranları belirlenir. Doğrusal elastik olmayan hesap yönteminin uygulanabilmesi için çatlamış kesit eğilme rijitliklerinin belirlenebilmesi için, düşey yükler etkisinde sistemin lineer statik analizi gerçekleştirilir. Analiz sonucu elde edilen verilerden, çatlamış kesit eğilme rijitlikleri ve yapı ağırlığı hesaplanır. Ayrıca düşey yükler etkisinde kolonlara gelen eksenel kuvvetler, düşey yükler ve deprem yükleri etkisinde sistemde meydana gelen yatay ötelenmeler belirlenmektedir.



Şekil 3.5. Yapının matematiksel hesap modeli

3.3. Mevcut Taşıyıcı Sistem Performansının Belirlenmesi

Çalışma kapsamında mevcut betonarme konut binasının deprem performansı doğrusal elastik olmayan hesap yöntemlerinden "Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi (Tek Modlu Statik İtme Analizi)" uygulanarak incelenecektir. Bu yöntem binanın deprem etkisindeki davranışını daha gerçekçi yansıttığından hesaplamalar, bu yönteme göre yapılmıştır. Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü Yönteminde binanın

tüm elemanlarının deformasyon davranışları tanımlanarak hesaplamalarda malzemenin plastiklik kapasitesi de dikkate alınmaktadır. Bu yöntemde, yatay yükler ve düşey yükler binaya adım adım etkitilmekte ve yükleme arttıkça oluşan mafsallar tespit edilmektedir. Hedeflenen tepe deplasmana ulaşıldığında binanın performans noktası belirlenmektedir. Bu binanın tasarımında 50 yılda aşılma olasılığı % 10 deprem altında "Can Güvenliği" performans hedefini sağlaması hedeflenmektedir. Yatay deprem kuvvetleri belirlenerek katlar seviyesinde binaya etkitilir. Daha sonra yapılan doğrusal statik analizi sonucunda elde edilen yer değiştirme ve düzensizlik kriterleri açısından sonuçlar değerlendirilerek yapının doğrusal elastik olmayan tek modlu statik itme analizi uygulanabilirliği değerlendirilmiştir.

3.4. Malzeme Özellikleri

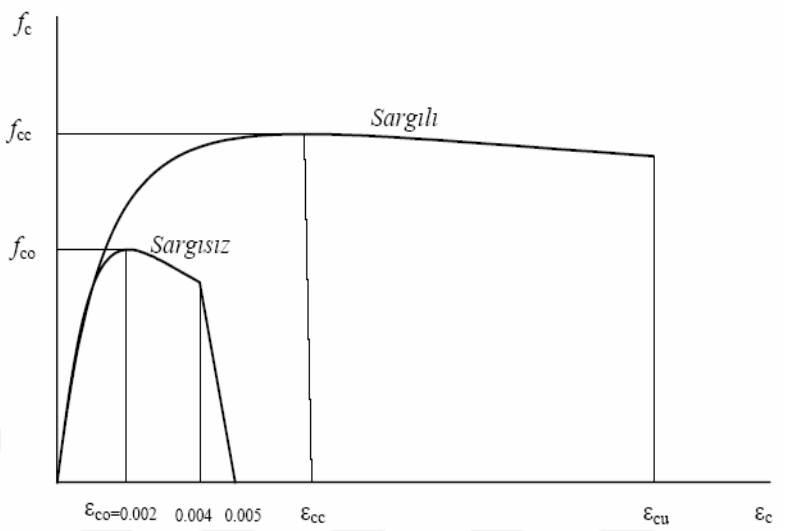
Yapı taşıyıcı sisteminin modellenmesinde beton ve donatı çeliği karakteristiklerinde TS500 yapı tasarım yönetmeliğindeki malzeme tanımları esas alınmıştır. C20 betonuna ait karakteristik basınç dayanımı (f_{ck}) 20 MPa olup, donatı çeliği için de S220'ye ait minimum akma dayanımı (f_{yk}) 220 MPa olarak alınmıştır [23]. Bu değerler kullanılarak çubuk elemanlara ait malzeme tanımlanması gerçekleştirilmiş olur. Bu malzemelere ait özellikler Şekil 3.6 ve Şekil 3.7'de gösterilmekte ve aşağıda bağıntılar ile tanımlanmaktadır.

- Çeliğin maksimum birim uzaması $\varepsilon_{su} = 0,1$
- Çelik sınıfı S220 $f_y = 220000$ kN/m^2
- Betonun birim kısalması $\varepsilon_{cu} = 0,004$

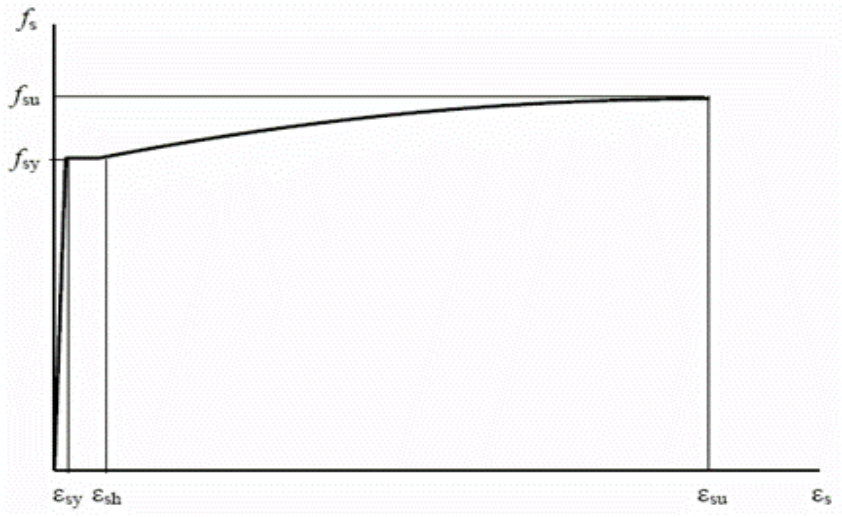
3.5. Binaya Etki Eden Yükler

Taşıyıcı sistemi oluşturan kolon, kiriş ve döşeme elemanlarının ağırlıkları sistemin sabit yüklerini oluşturmakta ve eleman hacmi ile malzeme birim hacim ağırlığının çarpımı ile bulunmaktadır. Duvar ağırlıkları ayrı ayrı hesaplanarak kirişlere etkitilmiştir. Kirişlere etkiyen kaplama ve duvar yükleri TS 500 ve TS 498'e göre belirlenmiş ve Tablo 4.1'de gösterilmektedir [23, 24]. Konutlarda kullanılacak minimum hareketli yük değeri 2,00 kN/m² , merdiven sahanlıklarında 3,50 kN/m², balkonlarda ve çatı terasında ise 5,00 kN/m² yük değeri esas alınmıştır [24]. Bina taşıyıcı sistemine etkiyen sabit ve hareketli yükler çeşitli kombinasyonlar

kullanılarak birleştirilir ve kirişler üzerine düzgün yayılı yük halinde etkitilir. Kolon, kiriş ve döşeme ağırlıkları program tarafından otomatik olarak hesaba katılmıştır.



Şekil 3.6. Beton için gerilme – şekil değiştirme davranışı [3]



Şekil 3.7. Donatı çeliği için gerilme – şekil değiştirme davranışı [3]

Tablo 3.1. Düşey yük değerleri

Beton birim hacim ağırlığı	25 kN/m²
Sap ve kaplama yükü	2,00 kN/m²
Dış duvar çizgisel yük	7,40 kN/m²
İç duvar çizgisel yükü	5,80 kN/m²

3.6. Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü Yönteminin Uygulanabilirliği

Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi'nin mevcut binaya uygulanabilmesi için gerekli geometrik koşullar Bölüm 2.3.1.2'de anlatılmıştır. Buna göre;

a) Binadaki toplam kat sayısı 5'tir ve bina toplam yüksekliği 15,5 metredir. Toplam kat sayısı 8'i ve bodrum üzerindeki bina yüksekliği 25 metreyi aşmamaktadır.

b) Binada herhangi bir katta ek dış merkezlik göz önüne alınmaksızın doğrusal elastik davranışa göre hesaplanan burulma düzensizliği katsayısı

$\eta_{bi} = \Delta_{(i)max} / \Delta_{(i)ort} < 1,4$ olmalıdır. X yönü için hesaplanan burulma düzensizlik değerleri Tablo 3.2'de sunulmaktadır. Sonuçlar incelendiğinde kontrol edilen yön için $\eta_{bi} < 1,4$ şartı sağlanmıştır.

Tablo 3.2. X-X doğrultusu için ek dış merkezlik göz önüne alınmaksızın, doğrusal elastik davranışa göre burulma düzensizlikleri

Kat	$d_{i,min}$	$d_{i,max}$	$(\Delta_i)_{max}$	$(\Delta_i)_{min}$	$(\Delta_i)_{ort}$	η_{bi}	$\eta_{bi}<1,4$
Zemin	0,072	0,010	0,010	0,072	0,085	1,16	UYGUN
1	0,163	0,208	0,110	0,092	0,100	1,09	UYGUN
2	0,249	0,307	0,010	0,086	0,093	1,07	UYGUN
3	0,318	0,386	0,078	0,069	0,074	1,06	UYGUN
4	0,362	0,434	0,049	0,044	0,046	1,05	UYGUN

c) Göz önüne alınan deprem doğrultusunda, doğrusal elastik davranış esas alınarak hesaplanan birinci (hakim) titreşim moduna ait etkin kütlenin toplam bina kütlesine oranının en az 0,70 olması gereklidir. Hakim modların kütle katılım oranı olarak da ifade edilen bu değerler, aşağıda tabloda sunulmaktadır.

Tablo 3.3. 1., 2. ve 3. modlara ait periyot ve kütle katılım değerleri

Mod	Periyot	Kütle Katılım Oranı(%)
1.	1,16	0,78
2.	1,07	0,07
3.	1,04	0,0007

Bu değerlendirmeler sonucunda binanın, DBYBHY-2007 sunulan Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi'nin uygulanabilmesi için gereken şartları sağladığı belirlenmiştir.

3.7. Çatlamış Kesitlere Ait Eğilme Rijitliklerinin Hesabı

Eğilme etkisindeki betonarme elemanlarda çatlamış kesite ait etkin eğilme rijitlikleri $(EI)_e$ kullanılır. Binadaki bütün kirişler için başka hiçbir tahkike gerek duyulmaksızın başlangıç eğilme rijitliğinin % 40 kadarı çatlamış kesit eğilme rijitliği olarak hesaba katılmıştır. Kolonlar için eksenel kuvvet etkisi ve kesit alanlarına göre bu değerler değişmektedir. DBYBHY-2007'de etkin eğilme rijitlikleri için kullanılması önerilen değerler kirişlerde Denklem (3.1), kolon ve perdelerde Denklem (3.1a) ve (3.1b) ile gösterilmiştir.

$$(EI)_e = 0{,}40\ (EI)_o \qquad (3.1)$$

$N_D / (A_c\ f_{cm}) \leq 0{,}10$ olması durumunda: $(EI)_e = 0{,}40\ (EI)_o$ (3.1a)

$N_D / (A_c\ f_{cm}) \geq 0{,}40$ olması durumunda: $(EI)_e = 0{,}80\ (EI)_o$ (3.1b)

Eksenel basınç kuvveti N_D'nin ara değerleri için doğrusal enterpolasyon yapılabilir.

(N_D), deprem hesabında esas alınan toplam kütlelerle uyumlu yüklerin göz önüne alındığı ve çatlamamış kesitlere ait $(EI)_o$ eğilme rijitliklerinin kullanıldığı bir ön düşey yük hesabı ile belirlenmiştir. Binadaki bütün kolonlar için çatlamış kesit eğilme rijitlikleri hesaplanmıştır ve bulunan sonuçlar itme analizinden önce elemanlara tanıtılmıştır.

Yapılan özdeğer analizi sonucunda doğal titreşim periyotları, T_x= 1,17 sn ve T_y= 1,07 sn olarak tespit edilmiştir.

3.8. Plastik Mafsal Özelliklerinin Belirlenmesi

Plastik mafsalların özellikleri moment eğrilik ilişkileri ile tanımlanmaktadır. Kiriş ve kolonlar için eleman uçlarında tanımlanacak plastik kesitler, mevcut malzeme dayanımları ve maksimum birim şekil değiştirme değerleri dikkate alınarak oluşturulan akma yüzeyleri olarak modellenmektedir.

Tablo 3.4. Etkin eğilme rijitlikleri

Kolon	Kolon Boyutu (cm x cm)	f_{cm} (MPa)	N_D (kN)	Kat	Katsayı
S1	50/25	20	575	ZEMİN	0,57
S2	30/40	20	441	ZEMİN	0,51
S3	50/25	20	568	ZEMİN	0,56
S4	25/65	20	643	ZEMİN	0,53
S5	25/80	20	990	ZEMİN	0,59
S6	50/25	20	472	ZEMİN	0,51
S7	25/80	20	893	ZEMİN	0,56
S8	65/25	20	927	ZEMİN	0,64
S9	60/25	20	392	ZEMİN	0,44
S10	60/25	20	561	ZEMİN	0,51
S11	60/25	20	640	ZEMİN	0,55
S1	50/25	20	456	1.KAT	0,50
S2	30/40	20	357	1.KAT	0,46
S3	50/25	20	452	1.KAT	0,50
S4	25/65	20	514	1.KAT	0,47
S5	25/80	20	792	1.KAT	0,53
S6	50/25	20	375	1.KAT	0,46
S7	25/80	20	713	1.KAT	0,50
S8	65/25	20	736	1.KAT	0,56
S9	60/25	20	314	1.KAT	0,40
S10	60/25	20	445	1.KAT	0,46
S11	60/25	20	512	1.KAT	0,49
S1	50/25	20	341	2.KAT	0,44
S2	30/40	20	270	2.KAT	0,41
S3	50/25	20	338	2.KAT	0,44
S4	25/65	20	384	2.KAT	0,42
S5	25/80	20	595	2.KAT	0,46
S6	50/25	20	281	2.KAT	0,41
S7	25/80	20	535	2.KAT	0,44
S8	65/25	20	550	2.KAT	0,49
S9	60/25	20	236	2.KAT	0,40
S10	60/25	20	332	2.KAT	0,41
S11	60/25	20	386	2.KAT	0,43
S1	50/25	20	228	3.KAT	0,40
S2	30/40	20	181	3.KAT	0,40

Tablo 3.4.(Devam) Etkin eğilme rijitlikleri

Kolon	Kolon Boyutu (cm x cm)	f_{cm} (MPa)	N_D (kN)	Kat	Katsayı
S3	50/25	20	224	3.KAT	0,40
S4	25/65	20	254	3.KAT	0,40
S5	25/80	20	397	3.KAT	0,40
S6	50/25	20	188	3.KAT	0,40
S7	25/80	20	356	3.KAT	0,40
S8	65/25	20	366	3.KAT	0,41
S9	60/25	20	158	3.KAT	0,40
S10	60/25	20	220	3.KAT	0,40
S11	60/25	20	258	3.KAT	0,40
S1	50/25	20	117	4.KAT	0,40
S2	30/40	20	89	4.KAT	0,40
S3	50/25	20	111	4.KAT	0,40
S4	25/65	20	122	4.KAT	0,40
S5	25/80	20	198	4.KAT	0,40
S6	50/25	20	95	4.KAT	0,40
S7	25/80	20	178	4.KAT	0,40
S8	65/25	20	184	4.KAT	0,40
S9	60/25	20	78	4.KAT	0,40
S10	60/25	20	220	3.KAT	0,40
S11	60/25	20	129	4.KAT	0,40

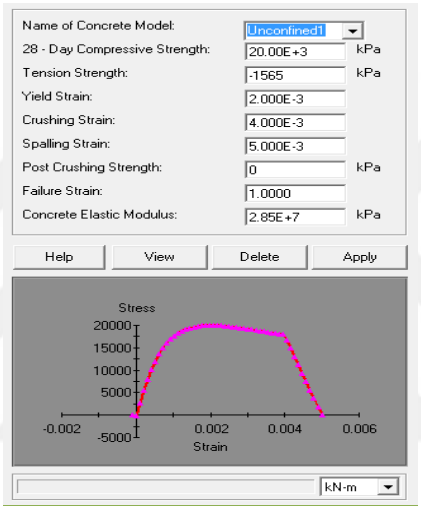
Moment-eğrilik ilişkilerinin elde edilebilmesi için kesitin doğru şekilde modellenmesi ve uygun malzeme modellerinin seçilmesi gereklidir. Bu çalışmada plastik mafsal özelliklerinin belirlenmesi için XTRACT v.3.0.8 kesit analiz programından yararlanılmış olup malzeme modelleri aşağıda açıklanmaktadır.

3.8.1. Malzeme modelleri

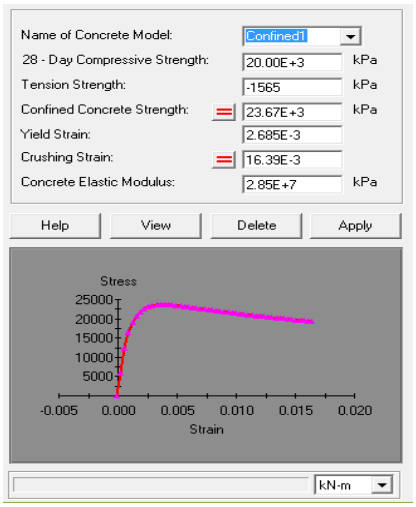
Kesit analizinde, DBYBHY-2007, Ek 7B'de belirtilen birim uzama ve kısalma sınır kriterlere uygun olarak üretilen beton ve donatı çeliği malzeme modelleri kullanılmıştır.

3.8.1.1. Beton modeli

Kesit betonun modellenmesinde, çekirdek betonu ve kabuk betonu olmak üzere iki ayrı model kullanılmıştır. Sargısız (kabuk) beton modelinde doğrudan Deprem Yönetmeliği'nde belirtilen birim uzama sınır değerleri kullanılırken, sargılı(çekirdek) beton modelinde yine aynı bölümde ifade edilen formülasyonlar kullanılarak hesaplanan sargılı beton dayanımı ve maksimum basınç birim şekil değiştirme değerleri kullanılmıştır. Kullanılan beton modelleri Şekil 3.8 ve Şekil 3.9'da gösterilmiştir.



Şekil 3.8. C20 beton sınıfı için oluşturulan sargısız (kabuk) beton modeli



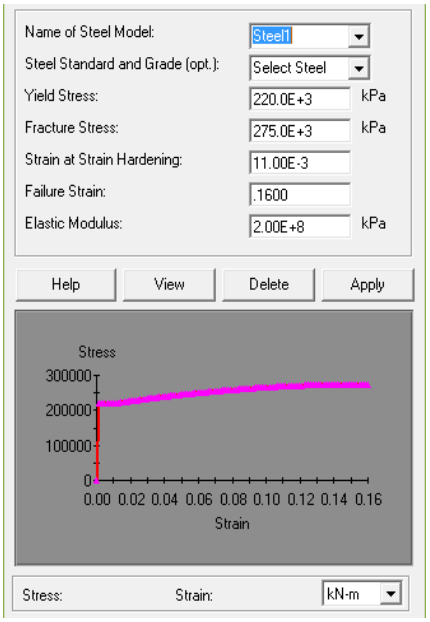
Şekil 3.9. C20 beton sınıfı için oluşturulan sargılı(çekirdek) beton modeli

3.8.1.2. Donatı çeliği modeli

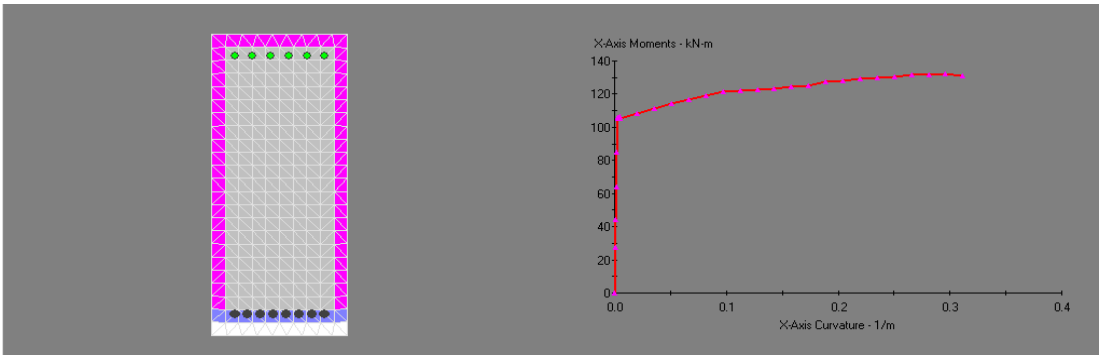
S220 donatı çeliği için, DBYBHY-2007, Ek 7B bölümünde açıklanan birim uzama ve kısalma sınır değerlerine göre malzeme modeli oluşturulmuştur (Şekil 3.10).

3.8.2. Kirişlerin moment-eğrilik ilişkisinin geliştirilmesi

Kirişlerde, eğilme etkisi doğrultusundaki moment - eğrilik bağıntıları kirişlerin doğrusal olmayan davranışını göstermektedir. Kesit kapasitesi analizinde, kiriş kesitinde donatının akmaya başladığı, diğer bir deyişle doğrusal elastik davranışın sonlanıp, doğrusal olmayan elasto-plastik davranışa geçtiği ve sınır şekil değiştirmelerle sınırlanan birim dönme açısına kadar bir moment - eğrilik eğrisini iterasyon ile hesaplar. Bu şekilde kirişin kapasite momentini, akma eğriliğini ve kopma anında ulaşabildiği eğriliğini tanımlar. SAP2000'de bu eğri, plastik mafsal hipotezine göre iki doğrulu bir grafik olarak optimize edilmiştir. XTRACT programı hesapladığı moment - eğrilik bağıntısını oluşturan her noktada, beton ve donatı malzemelerinin şekil değiştirme ve gerilme değerlerini de hesaplar. Bu değerler, statik itme analizi sonucunda elemanlarda oluşan hasar tespitinde kullanılacaktır. Şekil 3.11'de 25/60 cm boyutlarındaki bir kirişe ait, moment-eğrilik davranışı gösterilmektedir.



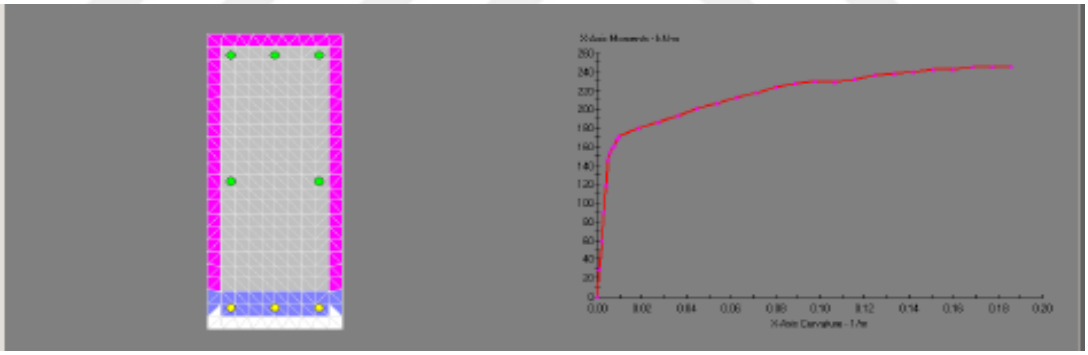
Şekil 3.10. S220 donatı çeliği sınıfı için oluşturulan model



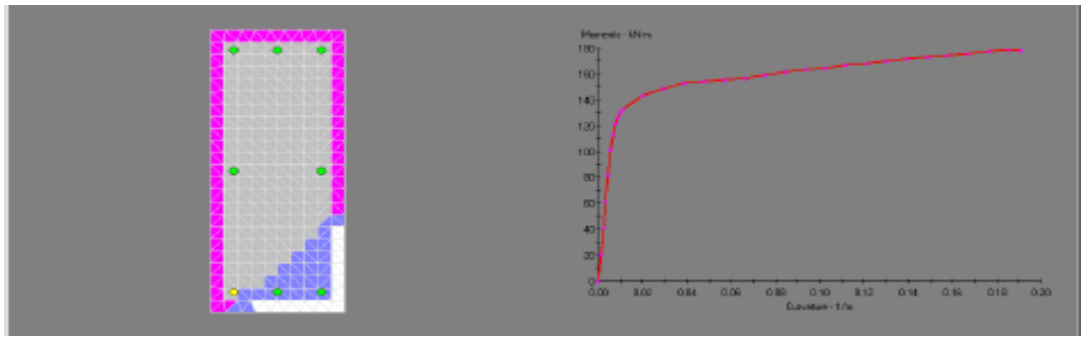
Şekil 3.11. 25/60 cm kesitindeki kiriş için moment-eğrilik davranışı

3.8.3. Kolonların moment-eğrilik ilişkisinin çıkarılması

Her iki doğrultuda eğilme etkisi ve eksenel kuvvet etkisi altındaki kolonların ve kirişlerden moment - eğrilik bağıntısı olarak tek farkı, en az iki doğrultu için moment-eğrilik bağıntısına sahip olmasıdır. Kirişler için tanımlanan diğer bilgiler, kolonlar için de geçerlidir. Ayrıca, kolonların hasar tespitinde eksenel kuvvetin de etkisi dikkate alınmaktadır. Şekil 3.12 ve Şekil 3.13'de 25x60 cm boyutlarındaki bir kolonun 0° ve 45° için moment - eğrilik bağıntıları gösterilmiştir.



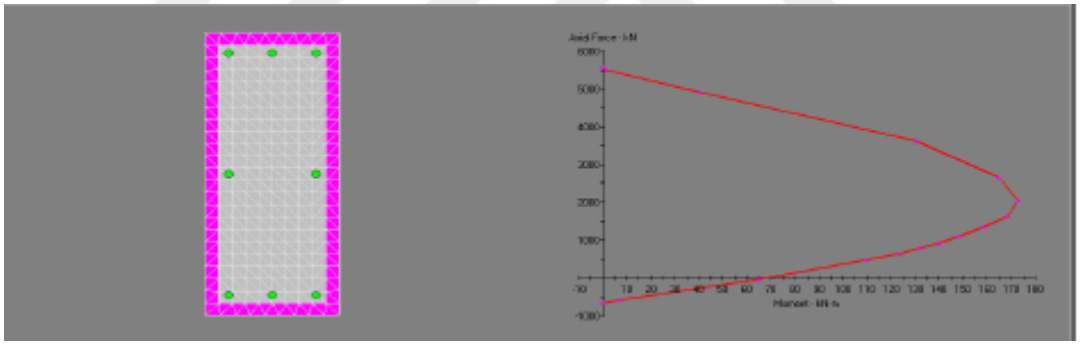
Şekil 3.12. 25x60 cm boyutlarındaki kolonun 0° için moment - eğrilik bağıntısı



Şekil 3.13. 25x60 cm boyutlarındaki kolonun 45° için moment - eğrilik bağıntısı

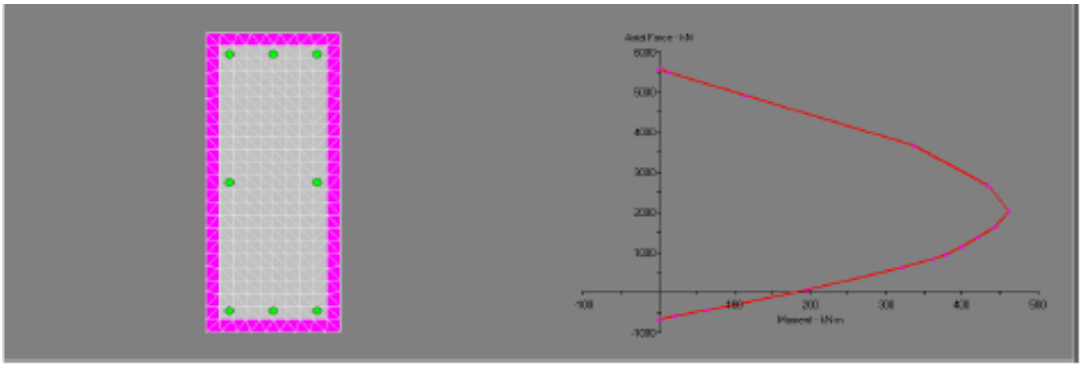
3.8.4. Kolonların kesit akma yüzeylerinin oluşturulması

Kolonlarda, plastik mafsal özelliklerine, moment eğrilik bağıntılarına ek olarak, eksenel kuvvete ve her iki doğrultuda eğilmeye maruz kaldıkları için akma yüzeylerinin de eklenmesi gerekir. XTRACT programı kolonlarda akma yüzeylerini oluşturan eksenel kuvvet-moment bağıntılarını istenilen doğrultularda hesaplamaktadır. Yapının kolon donatılarının simetrik olduğu ve bir burulma düzensizliği olmadığını göz önüne alınarak, 0°, 45° ve 90° derecelerden geçen eksenel kuvvet - moment bağıntıları çıkartılmıştır. XTRACT'de açılara göre bu verilerin hesaplanması, hangi doğrultuya ait olduğu konusunda belirsizlik yaratabilir. Burada, tanımlanan kolonların, sabit eksenel kuvvetler altında atalet momentlerinin büyük olduğu eksenin, yani elemanın uzun olan boyuna dik olan eksenin moment değerlerinin diğer eksene göre daha büyük olması olabilir. Şekil 3.14 ve Şekil 3.15'de boyutları 25x60 cm olan kolonun 0° ve 90° derecedeki eksenel kuvvet – moment bağıntıları gösterilmiştir.



Şekil 3.14. 25x60 cm boyutlarındaki kolonun 0° için akma yüzeyi

Kesit analizinden elde edilen akma yüzeylerinin kolon donatı konfigürasyonu simetrik olduğundan akma yüzeyinin de simetrik olduğu kabulü ile yarı diyagram elde edilmektedir ve yapısal analiz programına veriler aynı şekilde tanımlanmaktadır.



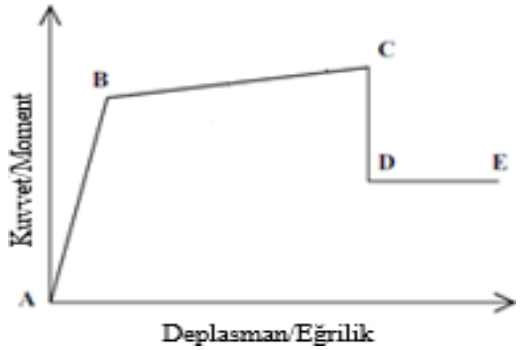
Şekil 3.15. 25x60cm boyutlarındaki kolonun 90° için akma yüzeyi

3.8.5. Yapısal elemanların plastik mafsal özelliklerinin tanımlanması

Binadaki yapısal elemanlar analiz programına tanımlanırken plastik mafsal özelliklerinin kesit analiz programından alınan verilerle tanımlanabilmesi için çubuk elemanların lokal eksenlerine ve konumlarına dikkat edilmelidir. Simetrik donatılı olmayan kesitlerin, eksenlerin pozitif ve negatif taraflarında, moment-eğrilik bağıntıları değiştiğinden yapısal tanımlamada bu durum göz önünde bulundurulmaktadır.

3.8.5.1. Moment-eğrilik bağıntılarının tanımlanması

Yapısal elemanların moment-eğrilik bağıntısı kesit analiz sonuçlarından elde edilmekte ve yapısal veri olarak tanımlanırken bazı dönüşümler yapılmaktadır. Eğrilik değerleri o kesite ait eğilme doğrultusundaki plastik mafsal boyu (L_p) ile çarpılarak, dönme değerleri elde edilir ve yapısal modele tanımlanır. Her bir kesit için elde edilen moment–eğrilik davranışı idealize edilerek doğrusal elastik olmayan davranışı gösteren 5 nokta değeri tanımlanmaktadır. Şekil 3.16'de gösterilen A-B-C-D-E gibi performans noktaları ile tanımlanan deformasyon eğrisinde A noktası başlangıç noktasıdır. B akma noktasını temsil eder. B noktası için hedeflenen deformasyon değerine bakılmaksızın B noktasına kadar mafsalda herhangi bir deformasyon meydana gelmez. C noktası, itme analizi için nihai kapasiteyi temsil eder. E noktası, toplam göçme noktasını temsil eder. Eğer mafsalın göçmesi istenmiyorsa büyük bir değer tanımlanabilir. Kirişlerde ve kolonlarda performans noktaları kesit analizinden elde edilen davranış eğrileri idealize edilerek tanımlanmaktadır.



Şekil 3.16. Boyutları 60x30 cm olan kirişin moment - eğrilik bağıntısının tanımlanması [2]

Artımsal eşdeğer deprem yükü yönteminde plastik mafsalların deprem sırasında en fazla zorlanan kolon ve kiriş uçlarında, ayrıca perdelerin her katta kat hizasındaki birleşim bölgelerinde yoğunlaştığı kabul edildiğinden bu bölgelere plastik mafsal tanımlanmıştır. Plastik mafsallar tanımlanırken hem eğilme momenti hem de eksenel kuvvete maruz kalan kolon ve perde kesitlerine (PMM) tipi mafsallar tanımlanırken, eksenel kuvvet düzeyi oldukça düşük olan kirişlere de (M3) tipi mafsallar atanmıştır. Plastik mafsallar kolon, kiriş ve perde elemanlarına başlangıç ve bitiş uçlarını simgeleyen 0 ve 1 rölatif uç tanımlamaları ile gerçekleştirilir.

3.9. Statik İtme Analizi İçin Tanımlanan Analiz Durumları

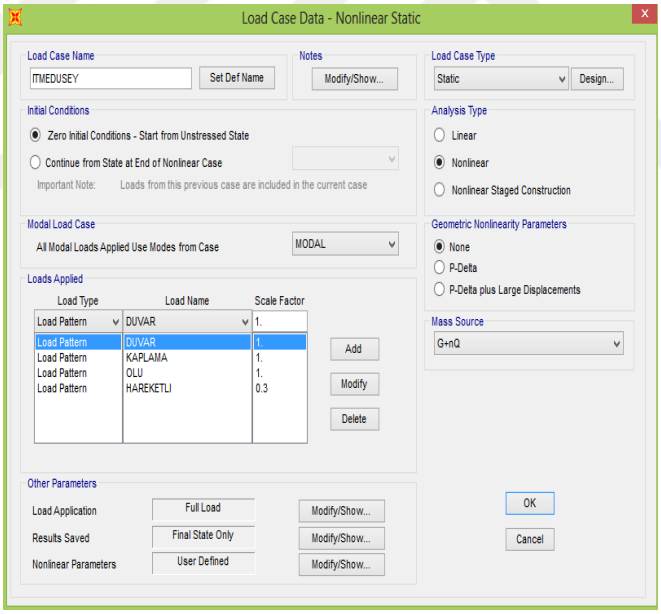
Hesap modeli oluşturulan binada, SAP2000 yapısal analiz programı ile yapılacak olan itme analizi için, ilk olarak düşey doğrultuda yapının sabit ve hareketli yüklerden oluşan yapı ağırlığını temsil eden itme analizi (ITMEDUSEY) durumu tanımlanarak analiz gerçekleştirilir. Daha sonra bu analiz sonuçları başlangıç değerleri kabul edilerek X doğrultusunda itme analizi (ITMEX) tanımlanmıştır.

ITMEDUSEY, düşey doğrultuda binanın toplam ağırlığını temsil eden hareketli ve sabit yüklerin oluşturduğu yükleme kombinasyonunu içeren doğrusal olmayan bir analiz modelini ifade etmektedir. Bu analizde bulunan OLU, KAPLAMA, DUVAR ve HAREKETLİ yüklemeleri doğrusal olarak önceden tanımlanmış yüklemelerdir. Statik itme analizi durumlarında tepe yer değiştirmesi, yapının en üst kat kütle merkezi noktasının ya da bu noktaya yakın bir noktanın yer değiştirmesi olarak izlenmektedir. Bu nokta SAP2000'de analiz durumlarının uygulama kontrolü bölümünde tanımlanmaktadır (Şekil 3.17). ITMEDUSEY analiz durumunda, itme

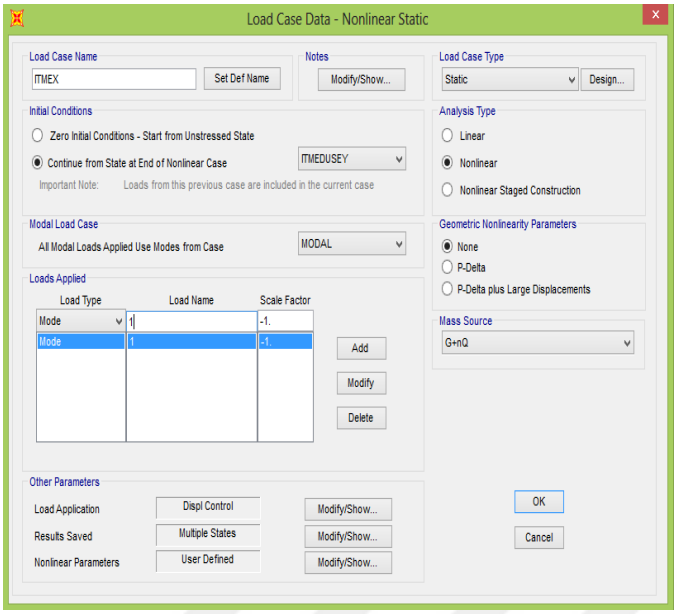
analizi gerilmelerin sıfır olduğu ilk durumdan yapının en alt uç noktalarına toplam düşey yükün tamamı indirilene kadar devam eder ve her doğrultuda tepe deplasmanı belirlenen üst kat noktasında kaydedilmektedir.

ITMEX, analiz durumu, ITMEDUSEY yüklemesinin bittiği yerden, X doğrultusunda statik itme analizine devam etmektedir. Tepe yer değiştirmesi kontrolü ile analizin üst katta belirlenen kat kütle merkezi noktasının ne kadar yer değiştirme yapılacağına karar verilebilmektedir.

Talep tepe yer değiştirmesini bulmak için yapılan ilk statik itme analizinde bu yer değiştirme yapının toplam yüksekliğinin %2~4'ü kadar seçilmelidir, aksi takdirde büyük yer değiştirme değerleri seçilip başlatılan, statik itme analizi belirli adımdan sonra sonuç vermemektedir. Şekil 3.18'de ITMEX analiz durumunun Sap2000'de tanımlanması gösterilmiştir.



Şekil 3.17. ITMEDUSEY analiz tipi tanımlanması

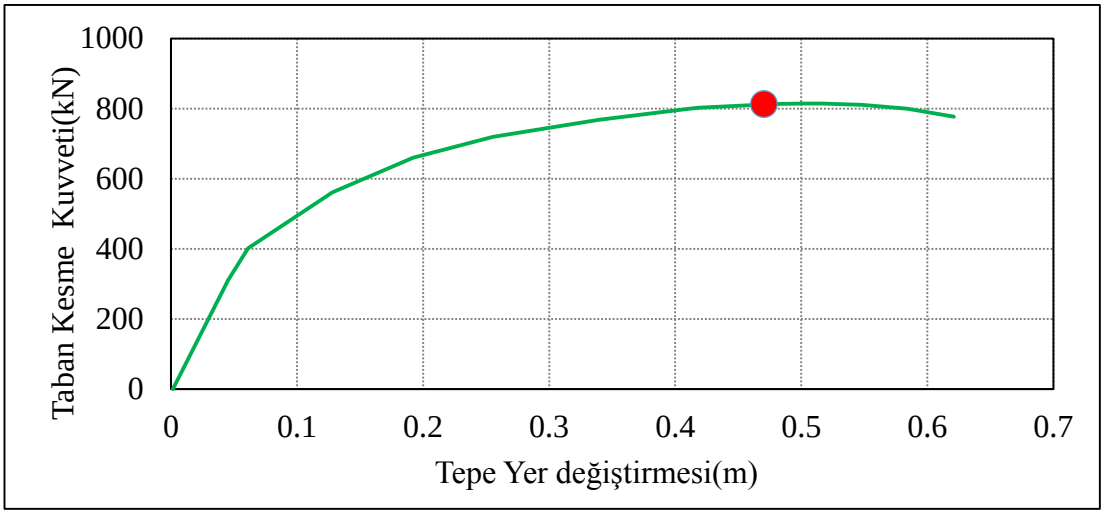


Şekil 3.18. X Doğrultusundaki ITMEX analiz durumunun tanımlanması

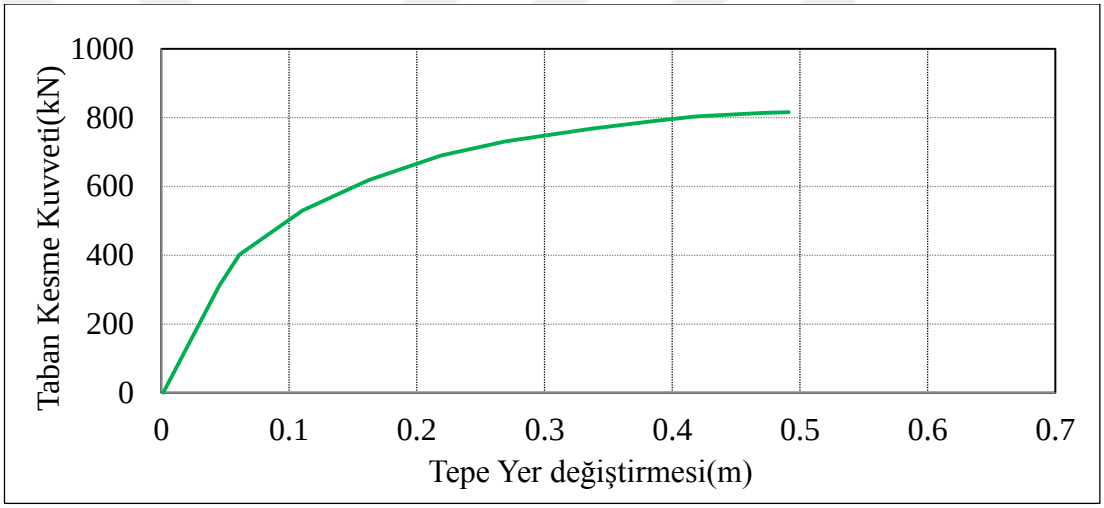
3.10. Statik İtme Analizi

X-X doğrultusunda yapılan itme analizinde, tepe yer değiştirme kontrolü için sınır değer 0,62 m olarak alınmıştır. Yapılan itme analizinden sonra binanın 0,62 m kadar itildiği ve binanın bu sınır değere kadar 777 kN'luk taban kesme kuvveti oluştuğu tespit edilmiştir. Şekil 3.19'de statik itme analizi sonucunda oluşan taban kesme kuvveti-tepe yer değiştirmesi grafiği gösterilmiştir.

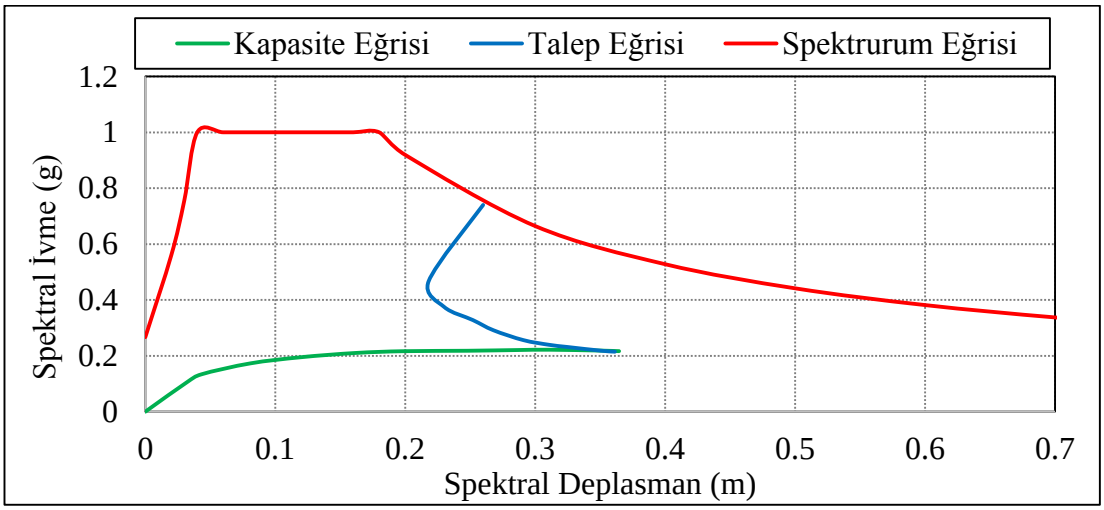
Binanın X yönünde deprem hedef performans noktası için tekrarlanan Statik İtme Analizi sonucunda Şekil 3.20'de verilen grafik elde edilmiş ve tepe yer değiştirmesi istemi talebine ulaştığı adımdaki değerler kaydedilmiştir. Hedef nokta için tekrarlanan analizde, binanın performans noktası 0,471 m ve 813 kN olarak kabul edilmiştir. Şekil 3.21'de yapının performans noktası gösterilmiştir. Ayrıca, Şekil 3.22'de binanın tepe yer değiştirmesi istemine ulaştığı adımda oluşan plastik mafsalların konumları gösterilmektedir. Bölüm 2'de anlatılan bilgiler ışığında, betonarme sistemi oluşturan eleman kesitlerinin plastik dönmeleri, plastik eğriliğe dönüştürülmüş ve DBYBHY-2007'de tanımlanan birim şekil değiştirme sınır değerlerine göre kesitlerin hasar bölgeleri tespit edilmiştir.



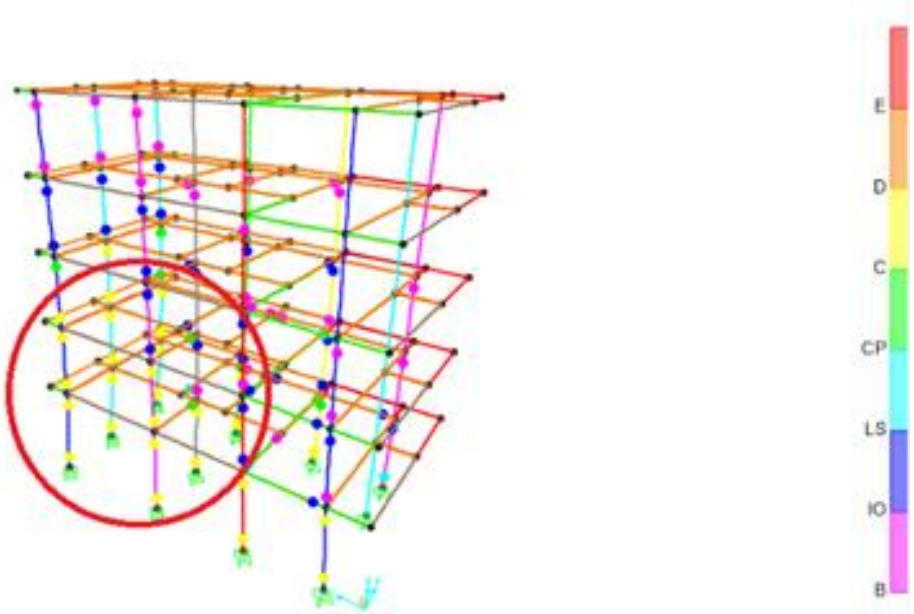
Şekil 3.19. Taban kesme kuvveti-tepe yer değiştirmesi



Şekil 3.20. Performans noktasına ulaştığı adımdaki taban kesme kuvveti-tepe yer değiştirmesi



Şekil 3.21. Binanın performans noktası



Şekil 3.22. Binanın tepe yer değiştirmesi istemine ulaştığı andaki plastik mafsallar konumları

3.10.1. Yapısal elemanlarda birim şekil değiştirme istemlerinin belirlenmesi ve değerlendirilmesi

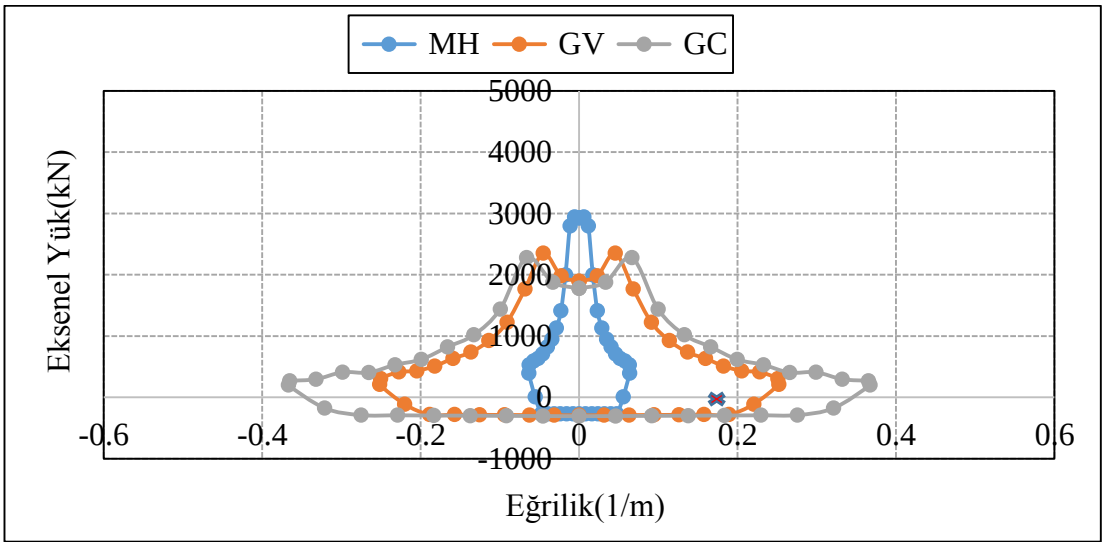
DBYBHY-2007 yer alan Tablo 1.3'de açıklanan diğer binalar olarak sınıflandırılan konut yapısı için, 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan depremde Can Güvenliği (CG) performans düzeylerini sağlamak hedeflenmektedir. Tasarım depremi altında binanın yapısal elemanlarının uçlarına yerleştirilen mafsallarda itme analizi sonucunda plastik mafsallar meydana gelmiştir. Bu elemanlar, X doğrultusunda DBYBHY-2007'de bahsedilen sınır şekil değiştirmeler doğrultusunda, itme analizi sonucu aldıkları eğrilik değerlerine karşılık gelen şekil değiştirmeler ile değerlendirilir ve hasar tespiti yapılır. Kiriş ve kolonların kat bazında hasar tespiti yapılmış ve böylelikle performans düzeyleri tespit edilmiştir. Kirişler için beton ve donatı çeliğinin birim şekil değiştirmeleri ve kesit hasarları, Bölüm 2.3.2'de tariflendiği üzere kesit analiz programı ile elde edilen, yönetmelikte verilen malzeme hasarına göre sınır şekil değiştirmelerine karşılık gelen, toplam eğrilik değerleri ve akma eğriliği değerleri yardımıyla belirlenmiştir. Tablo 1.1'de yapıdaki kolon ve perdeler için hesaplanan beton ve çelik şekil değiştirme sınırları gösterilmiştir. Kolonlarda ise birim şekil değiştirmelerin bulunmasında eğilme momenti ve toplam dönme yanında, eksenel kuvvet kapasitesi de gerekmektedir. Kesit analiz programı yardımı ile MN, GV, GÇ sınır durumları için beton veya donatı çeliğinde verilen şekil değiştirme

değerleri sabit kalacak şekilde, eksenleri toplam eğrilik ve eksenel kuvvet olan kapalı eğriler üç sınır durum için oluşturulur. Her bir farklı kesit için oluşturulan bu eğrilerin sınırladığı bölgeler içinde kalan plastik kesitlerin hasar bölgeleri bulunmuş olur. Toplam eğriliği elde etmek için programdan okunan plastik dönme değeri ilk önce plastik mafsal boyuna bölünerek plastik eğrilik bulunur. Plastik eğriliğe akma eğriliği değerinin eklenmesi ile toplam eğrilik elde edilir.

İtme analizi sonunda bulunan eksenel kuvvet ve hesaplanan toplam eğrilik değerleri ile diyagramdaki hasar sınırları karşılaştırılarak kesitlerin hasar durumu tespit edilmiştir. Kesit hasar sınırları bulunan 50x25 cm kolon kesiti için performans düzeylerini belirten diyagram ve ilgili kesite ait olan kolonun analizdeki yerleşimi Şekil 3.23 ile belirtilmiştir. Örnek olarak zemin kat S1 kolonun performans seviyesi Tablo 3.5'te gösterilmektedir.

Tablo 3.5. Zemin kat S1 kolonunun hesap adımlarının gösterimi

KOLON ADI	MAFSAL ADI	P (kN)	RADYAN θ	Lp (m)	Φp (1/m)	Φy (1/m)	Φt (1/m)	KESİT HASAR BÖLGESİ
S1	1H1	-174	0,019	0,125	0,154	0,007	0,161	BHB
S1	1H2	-193	-0,017	0,125	0,135	0,007	0,142	BHB



Şekil 3.23. Zemin kat S1 kolonunun kesit hasar bölgesinin belirlenmesi

Tablo 3.6. Zemin kat K101 kirişine ait kesit hasar durumu

Mafsal Adı	θp	Lp	Φp	Φy	Φt	εc	εs	Kesit Hasar Bölgesi	
K1-1	0,004	0,3	0,014	0,003	0,017	0,0008	0,0088	MHB	MHB
K1-2	0,0007	0,3	0,002	0,003	0,006	0,0004	0,0026	MHB	MHB

Tablo 3.7. Mevcut binanın kolonlarının hasar sınırları

	Zemin Kat	1.Kat	2.Kat	3.Kat	4.Kat
S1	GB	BHB	MHB	MHB	MHB
S2	MHB	MHB	MHB	MHB	MHB
S3	IHB	MHB	MHB	MHB	MHB
S4	GB	BHB	MHB	MHB	MHB
S5	GB	BHB	MHB	MHB	MHB
S6	GB	GB	GB	BHB	MHB
S7	GB	BHB	MHB	MHB	MHB
S8	GB	BHB	MHB	MHB	MHB
S9	GB	GB	GB	BHB	MHB
S10	GB	GB	GB	BHB	MHB
S11	GB	GB	IHB	BHB	MHB

Sonuç olarak; incelenen bina, tek modlu statik itme analizi sonucunda; taşıyıcı sistemi oluşturan kirişlerin kapasitesinin kolonların kapasitesinden yüksek olması dolayısıyla, kolon uçlarında plastik mafsallar oluşmuş, göçme mekanizması kolonlarda meydana gelmiştir. Binanın tasarım depremi altında hedeflenen performans seviyesini sağlamadığı tespit edilmiştir. Taşıyıcı sistemde mevcut uygulanmış güçlendirme elemanlarının konumları dikkate alındığında, sistemde analiz sonucunda oluşan plastik mafsalların toplandığı bölgeler, deprem sırasında yapısal hasarın oluşmuş olduğu bölgelerle benzerlik gösterdiği değerlendirilmiştir.

4. GÜÇLENDİRİLMİŞ BİNANIN DEPREM GÜVENLİĞİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Bu bölümde, bir önceki bölümde tahkiki yapılan ve öngörülen deprem talebini istenilen performans düzeyi ile karşılayamayacağı tespit edilen binanın, geleneksel yöntemler ile güçlendirmesi ve betonarme elemanlar eklenerek güçlendirilen betonarme binanın performans seviyesi artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi ile belirlenmiştir. İncelenen bina 1999 Depreminde hasar almış ve depremden sonra hasarlar onarılmış, 1998 Deprem Yönetmeliğine göre güçlendirilmiştir. Bina konut olarak halen kullanımına devam edilmektedir. Deprem sonrası hasar tespiti için düzenlenen teknik raporda; bodrum kat yüksekliği, diğer katlara oranla daha fazla olduğu için hasarın şiddetinin arttığı değerlendirilmiş ve zemin katta bazı kolonların kırıldığı belirtilmiştir. Ayrıca güçlendirme uygulaması;

-Bina kat alanının binde iki buçuğu oranında perde duvar, bir katta bir yönde binaya eklemek suretiyle yapılmıştır.

-Perdeler yerleştirilirken binada burulma oluşturulmayacak şekilde simetrik ve dengeli olarak yerleştirilmesine dikkat edilmiştir.

-Yeni eklenen betonarme elamanlar için malzeme özellikleri C20 ve S420 olarak seçilmiştir [21].

4.1. Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü Yönteminin Uygulanabilirliği

Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi'nin mevcut güçlendirilmiş binaya uygulanabilmesi için gereken şartlar daha önceki bölümde açıklanmış ve buna göre;

dikkate alınan deprem kuvveti doğrultusundaki, itme yönü için hesaplanan burulma düzensizlik değerleri Tablo 4.1'de gösterilmiştir. Değerlendirme sonucu binanın güçlendirme elemanları eklenmiş matematiksel modeline Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü Yönteminin uygulanabileceği belirlenmiştir.

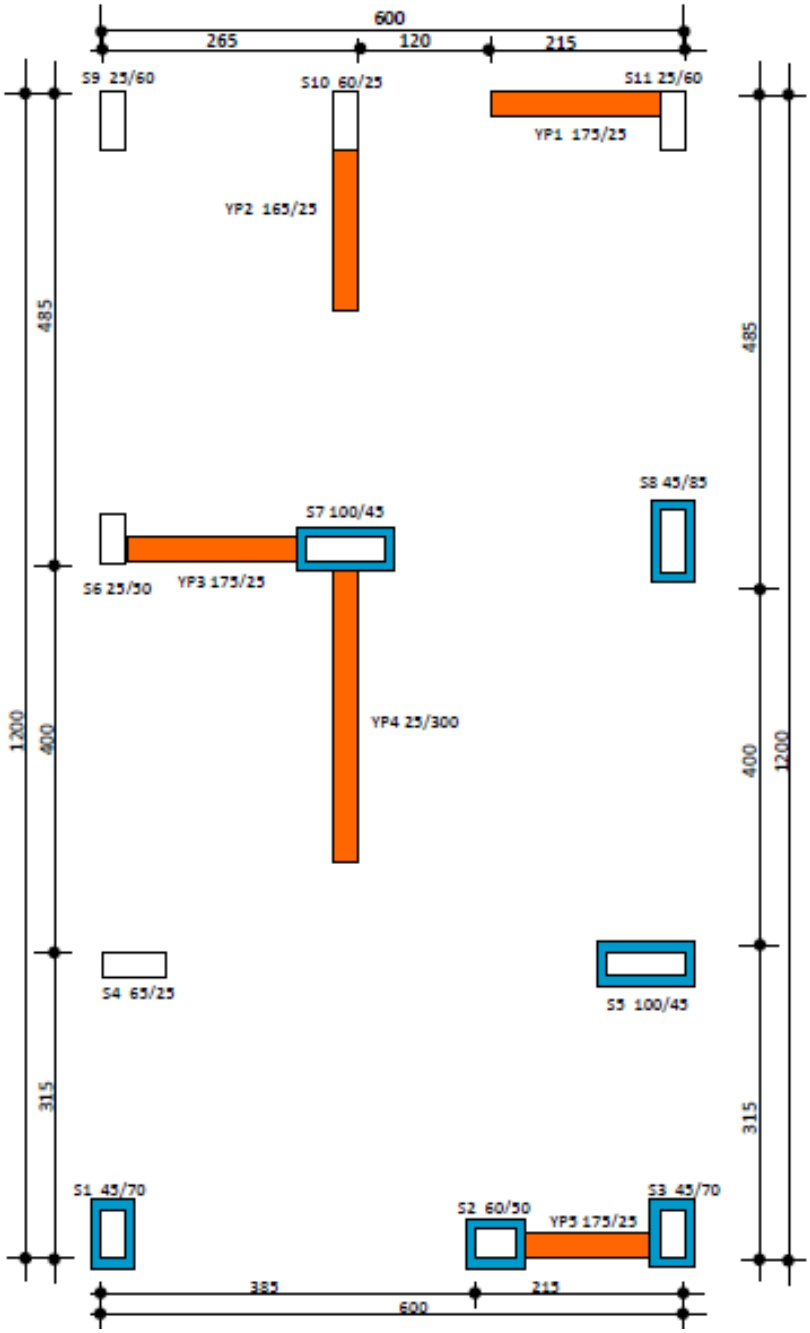
Tablo 4.1. İtme doğrultusu için ek dış merkezlik göz önüne alınmaksızın, doğrusal elastik davranışa göre burulma düzensizlikleri

Kat	$d_{i,min}$	$d_{i,max}$	$(\Delta_i)_{max}$	$(\Delta_i)_{min}$	$(\Delta_i)_{ort}$	η_{bi}	$\eta_{bi}<1,4$
Zemin	0,013	0,015	0,015	0,013	0,014	1,06	UYGUN
1	0,038	0,044	0,029	0,025	0,027	1,08	UYGUN
2	0,068	0,079	0,035	0,031	0,033	1,07	UYGUN
3	0,010	0,115	0,036	0,032	0,034	1,07	UYGUN
4	0,130	0,149	0,034	0,031	0,032	1,06	UYGUN

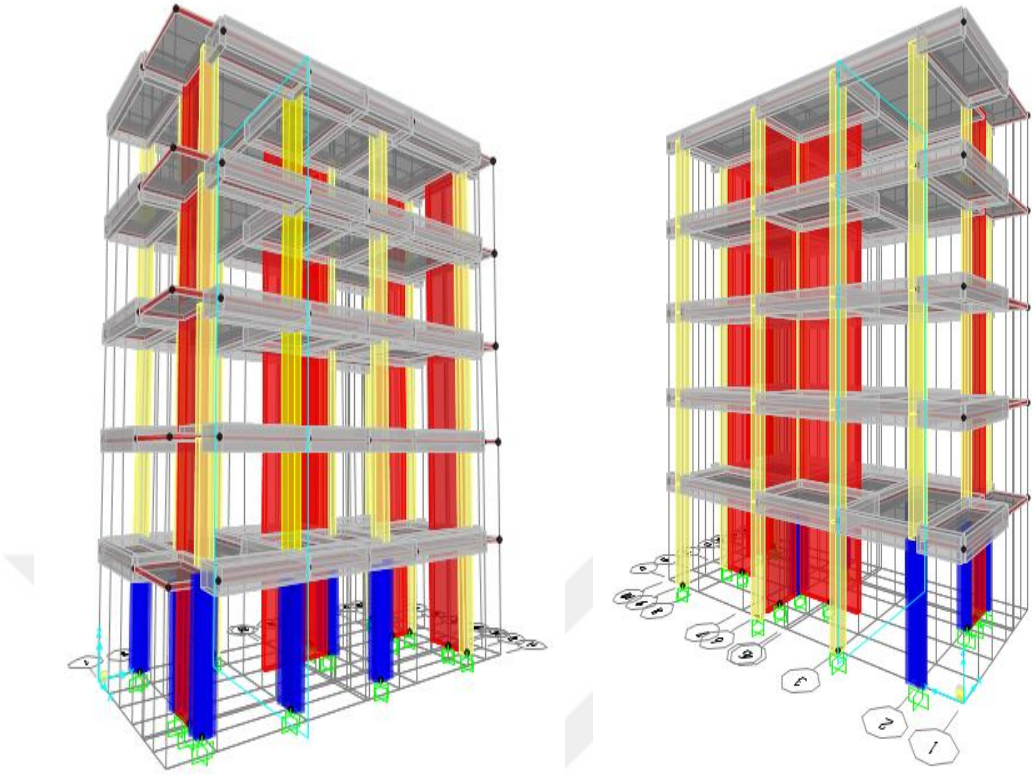
4.2. Güçlendirilen Binanın Modellenmesi

Güçlendirme modeli, binanın mevcut durumuna güçlendirme projesinde eklenen betonarme duvarların, perdelerin ilave edilmesi ile oluşturulmuştur. Güçlendirilmiş yapının kolon aplikasyon planı Şekil 4.1'de gösterilmektedir. Analiz süreci, binayı meydana getiren taşıyıcı sistem elemanlarının malzeme özellikleri, çubuk elemanların kesit özellikleri, birleşim şekilleri, taşıyıcı sisteme etkiyen yükler, deprem yükü tanımı gibi yapının matematik modelini oluşturan tüm kavramların programa tanıtılması ve ilgili sistem elemanlarına atanması ile başlamaktadır.

Matematiksel model tanımlandıktan sonra, artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemine göre analizi tamamlanan yapının, analiz sonucunda elde edilen sonuçların değerlendirilmesi ile performans seviyesi belirlenir. Bina modeli Şekil 4.2'de gösterilmektedir.



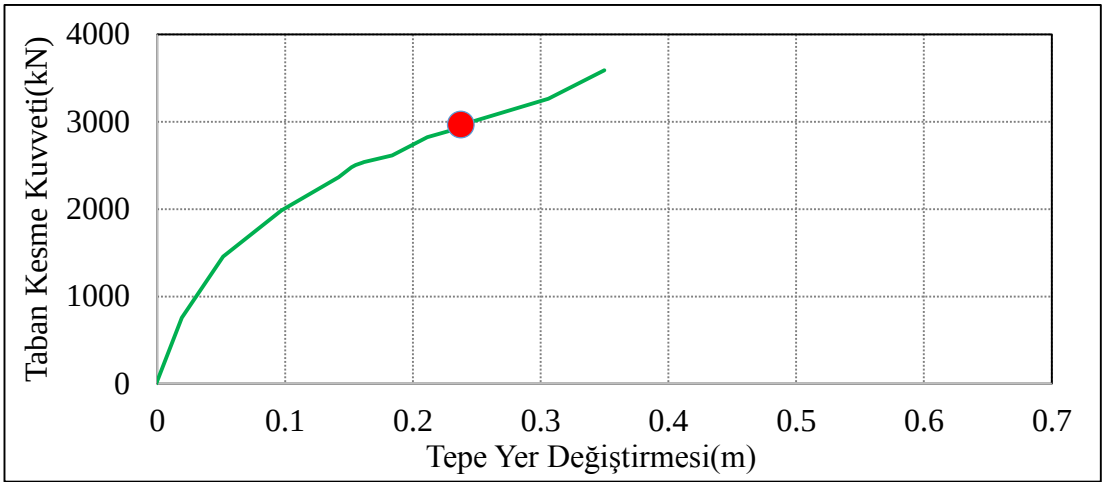
Şekil 4.1. Güçlendirilmiş yapının kolon aplikasyon planı



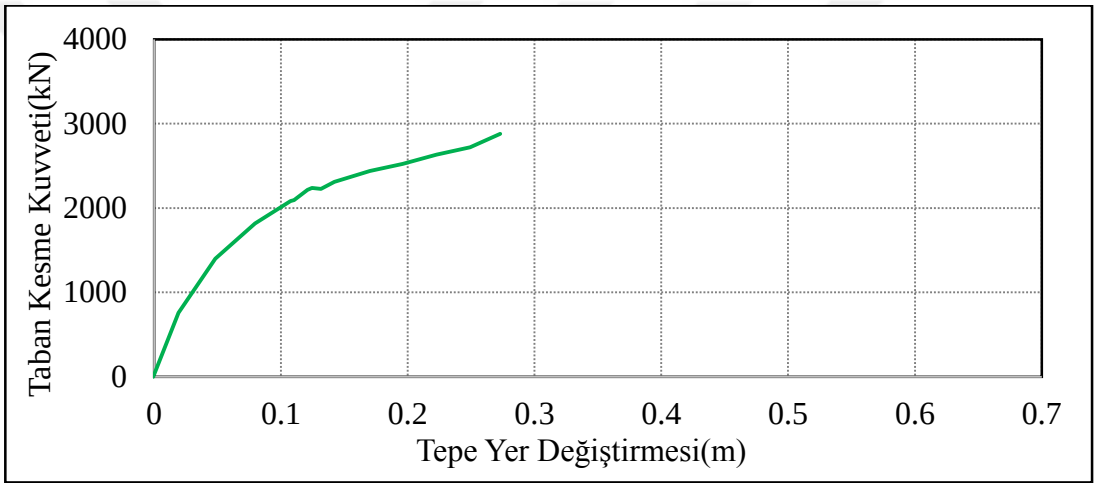
Şekil 4.2. Güçlendirilmiş yapının matematiksel modeli

4.3. Güçlendirilmiş Binanın Statik İtme Analizi Sonuçları

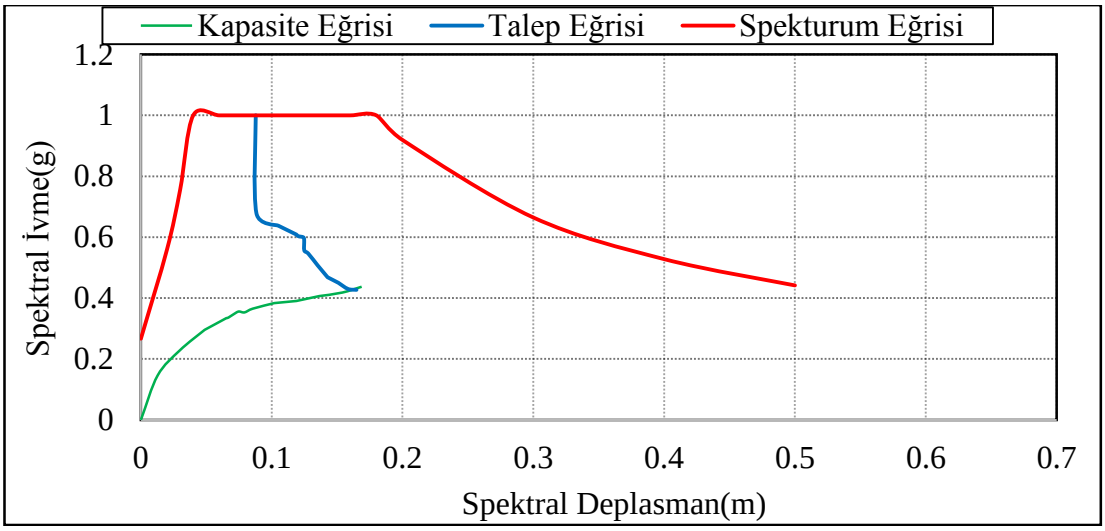
Yapılan itme analizinde, tepe yer değiştirmesi kontrolü için sınır değer 0,35 m olarak belirlenmiş, yapının 0,35 m kadar itildiği ve yapının bu sınır değere kadar 3590 kN'luk taban kesme kuvvetini alabildiği tespit edilmiştir. Şekil 4.3'te statik itme analizi sonucunda oluşan taban kesme kuvveti-tepe yer değiştirmesi davranışı gösterilmektedir. Binanın hedef nokta için tekrarlanan statik itme analizi sonucunda Şekil 4.4'de verilen grafik elde edilmiş ve tepe yer değiştirmesi istemi talebine ulaştığı adımdaki deformasyon değerleri kaydedilmiştir. Hedef nokta için tekrarlanan analizde, yapının performans noktası 0,26 m ve 2804 kN olarak kabul edilmiştir. Şekil 4.5'te yapının performans noktası gösterilmiştir. Ayrıca, Şekil 4.6'da binanın tepe yer değiştirmesi istemine ulaştığı adımdaki plastik mafsalların oluşumu izlenebilir. Bölüm 2'de anlatılan bilgiler ışığında, kesitlerin plastik dönmeleri, plastik eğriliğe çevrilmiş ve DBYBHY-2007 birim şekil değiştirme sınır değerlerine göre kesitlerin hasar bölgeleri tespit edilmiştir.



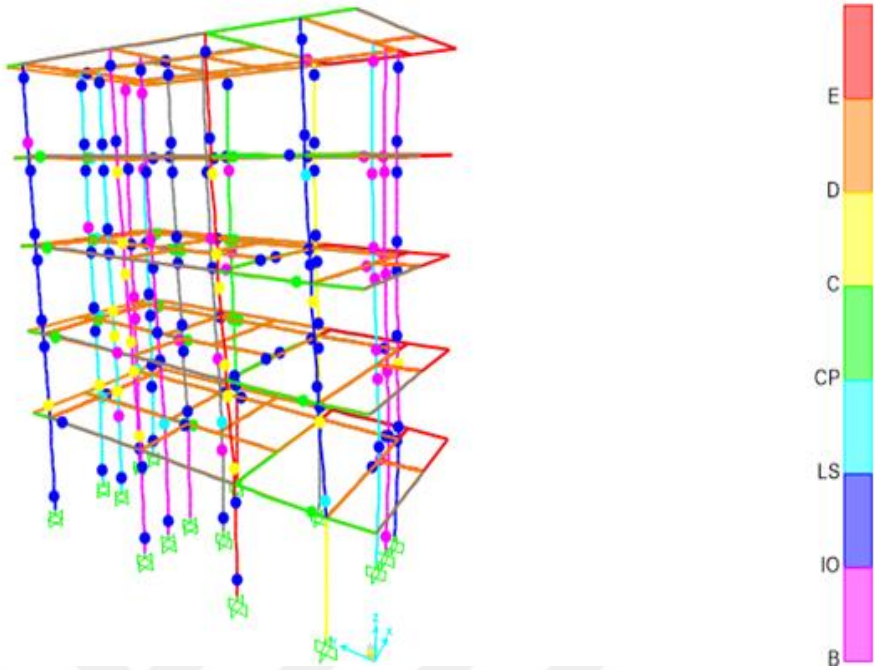
Şekil 4.3. Taban kesme kuvveti-tepe yer değiştirmesi



Şekil 4.4. Performans noktasına ulaştığı adımdaki taban kesme kuvveti-tepe yer değiştirmesi



Şekil 4.5. Yapının performans noktası



Şekil 4.6. Binanın tepe yer değiştirmesi istemine ulaştığı adımdaki plastik mafsalların konumları

4.3.1. Yapısal elemanlarda birim şekil değiştirme istemlerinin belirlenmesi ve değerlendirilmesi

Güçlendirilmiş betonarme binanın tasarım depremi etkisinde Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemine göre itme analizi gerçekleştirilip, performans noktası belirlenmiştir. Yapısal elemanların birim şekil değiştirme istemleri Bölüm 3.10.1'de özetlendiği gibi belirlenmiştir. Kolonlar için elde edilen hasar sınırları Tablo 4.2'de gösterilmektedir.

Tablo 4.2. Güçlendirilmiş binanın kolonlarının hasar sınırları

	Zemin Kat	1.Kat	2.Kat	3.Kat	4.Kat
S1	MHB	GB	GB	IHB	BHB
S2	MHB	BHB	BHB	MHB	MHB
S3	MHB	GB	GB	GB	BHB
S4	MHB	GB	GB	IHB	BHB
S5	MHB	IHB	BHB	BHB	BHB
S6	BHB	GB	GB	IHB	BHB
S7	MHB	IHB	GB	GB	BHB
S8	MHB	GB	BHB	MHB	MHB
S9	BHB	GB	IHB	BHB	BHB
S10	GB	GB	GB	GB	GB
S11	GB	GB	BHB	MHB	MHB

Mevcut binaya güçlendirme uygulandıktan sonra zemin katta bulunan kolonların hasar sınırlarını gösteren tablo yukarıda verilmiştir. Sonuçlardan da görüleceği üzere projelendirilen ve uygulanan güçlendirme yöntemi, eleman bazında performansa olumlu yönde katkı sağlamıştır. Ayrıca uygulanan yöntem yapının deprem güvenliğini artırmıştır ancak yapı ağırlığını dolayısıyla yapı üzerine gelecek deprem kuvvetlerini artırmıştır. Güçlendirilmiş yapı hedeflenen performans seviyesini sağlamamıştır.

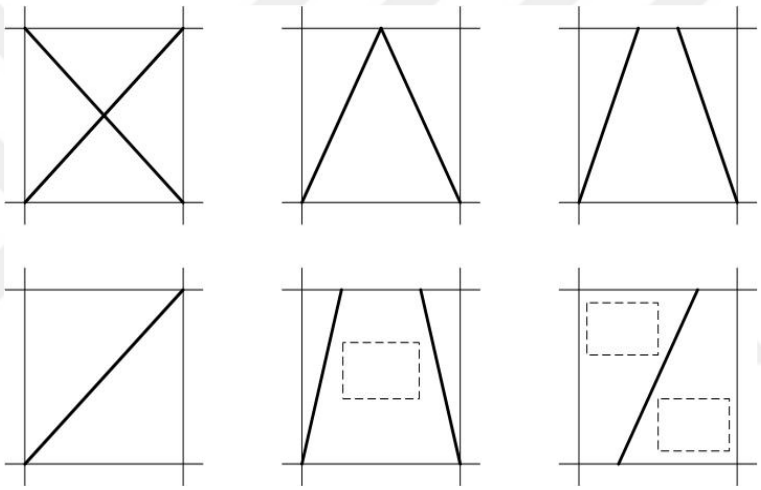
5. ÇELİK ÇAPRAZLAR İLE GÜÇLENDİRME ÖNERİSİ

Bugüne kadar meydana gelmiş olan depremlerde betonarme yapılarda gözlenen hasarlar, mevcut betonarme binaların deprem güvenliğinin oldukça yetersiz olduğunu ortaya koymuştur. Yatay rijitliği ve sünekliği yetersiz betonarme binalar mevcut yönetmelik kriterlerini sağlamak zorundadır. Bu amaçla betonarme yapılarda farklı güçlendirme yöntemleri uygulanmaktadır. Bina taşıyıcı sistemine betonarme perde veya çelik çapraz elemanlar eklenmesi ile binanın deprem güvenliği artırılmaktadır. Bununla birlikte, betonarme bina içerisinde bulunan mevcut tuğla duvarların prefabrik panel, çelik plaka ve lifli polimerler ile güçlendirilmesi ile taşıyıcı sistemin dayanımı artırılmaktadır [25].

Betonarme perde eklenerek uygulanan güçlendirme yönteminde binanın ağırlığı, dolayısıyla binaya gelen yatay deprem kuvvetleri artmaktadır. Binanın kütlesini artırmadan yatay yüklere karşı dayanımını, rijitliğini ve daha önemli olan sünekliğini artırmak için uygun çerçeve boşlukları arasına çelik çerçeveler ya da çelik çapraz elemanlar yerleştirilerek taşıyıcı sistemin deprem performansının arttırılması yaygın bir hale gelmiştir. Bu güçlendirme yönteminin diğer yöntemlere göre çok daha kısa sürede uygulanabilmesi ve uygulama sırasında binanın kullanımına devam edilmesi en önemli avantajıdır [26, 27].

Taşıyıcı sistemin çelik çaprazlar kullanılarak güçlendirilmesinde en basit uygulama çerçeve düzlemine yerleştirilecek çaprazlar yapılmasıdır. Çelik çaprazlar binanın tüm dış eksen çerçevelerinde ve/veya belirli eksen aralıklarında temelden başlayarak uygulanmaktadır. Çelik çaprazlı sistemlerde kuvvetlerin kattan kata iletilmesi gerektiğinden, çelik elemanların katlar arası sürekliliği sağlanmalıdır. Merkezi çelik çaprazlar yanında dış merkez çaprazlar da kullanılmaktadır (Şekil 5.1). Ancak, bu durumda dışmerkezlik nedeniyle kuvvetlerin aktarılması yeni güçlükler oluşturmaktadır. Çelik çaprazlar betonarme çerçevenin içinde oluşturabildiği gibi, dışında da oluşturulup çerçeveye bağlanabilmektedir [28]. Kolon ve kirişe bitişik olan çelik elemanlar kuvvetin olabildiğince düzgün yayılı iletilmesi sağlamakta,

ancak çerçeve köşelerinde yoğun çekme ve basınç kuvvetleri oluşturmaktadır. Betonarme çerçeve ve çelik elemanlar arasında kuvvet iletimini sağlamak için bulonlu ya da kaynaklı bağlantı detayları uygulanmaktadır. Bulonlu birleşimli bağlantı kolonun dış yüzünde olabileceği gibi bağlantı betonarme kolon delinip bulonlar betonarme kolonun içinden geçirilerek de yapılabilmektedir. Çelik çaprazı betonarme çerçeve sistemlerde yatay kuvvetlerin kattan kata geçmesi de sağlanmalıdır. Bunun için kolona bitişik düşey çelik elemanlar ile katlar arası çerçeve sürekliliği sağlanmaktadır. Oluşturulan çelik çaprazlı çerçeve sistemin temele aktaracağı daha büyük yatay yüklere göre çelik elemanların temel bağlantılarının ve temelin güçlendirilmesi gerekir [29].



Şekil 5.1. Çelik çapraz çeşitleri

Çelik çaprazlarla güçlendirme yönteminin betonarme çerçevelerin tekrarlı yükler etkisinde dayanım, rijitlik, enerji tüketme kapasitesi ve sünekliğini artırdığı analitik ve deneysel çalışmalarda gösterilmiştir [30-34].

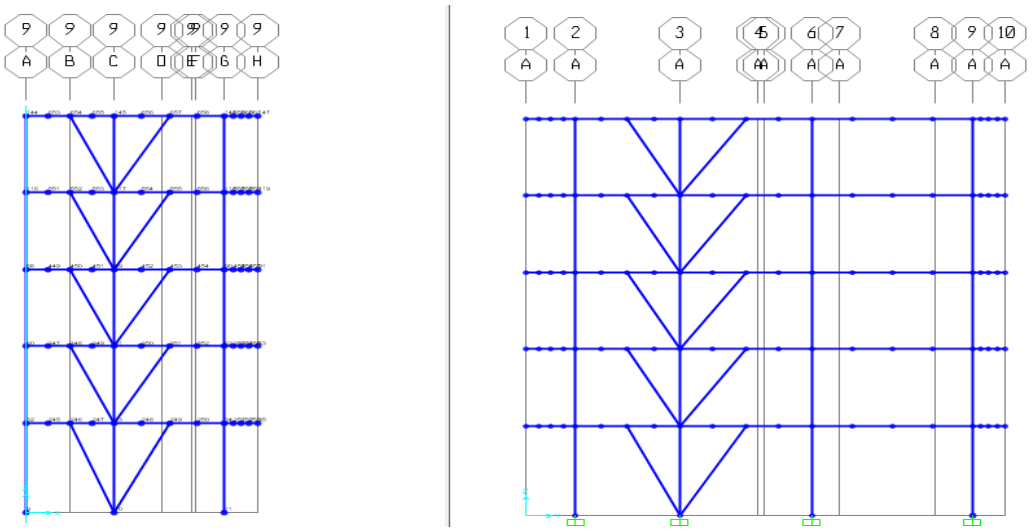
Betonarme yapıların güçlendirilmesinde çelik çapraz elemanların kullanımında dikkat edilmesi gerekli olan önemli husus çerçeve modelinde, kolon-kiriş ve çapraz eleman birleşimlerinin doğru olarak modellenmesidir. Kolon-Kiriş birleşimi moment aktaran rijit bir birleşim olarak modellenmelidir. Birleşimin tanımlanması sırasında düğüm noktasının karakteristik davranışı temsil edilerek, birleşim davranışı doğrusal olmaktan çıkıp doğrusal olmayan bölgeye ilerlemektedir [31].

Betonarme kolon-kiriş birleşim bölgelerine çelik çaprazlar dayandırılarak güçlendirilmesinde kesme kuvvetleri, güçlendirilen mevcut betonarme çerçeve

sistemin kat kirişi üst ve alt yüzü düzeylerinde etkiyecektir. Yanal ötelenmeleri büyük ölçüde kısıtlanan yapıda kolon-kiriş birleşim bölgelerine etkiyecek momentler çok küçülecektir. Buna karşılık çerçevenin rijit davranması sonucu bu kesitlerde oluşacak kesme kuvvetleri mevcut betonarme kesitlerin kesme kuvveti kapasitesini aşabilecektir. En üst kattan temele doğru inildikçe birleşim bölgelerinde kesme kuvvetleri çok büyük olacağından, çelik çapraz elemanlarla güçlendirme yapılırken birleşim bölgeleri ve bağlandığı taşıyıcı sistem elemanlarının kapasitelerinin aşılmadığının kontrolünün yapılması gerekmektedir. Belirli akslar arasına diagonal olarak yerleştirilen çelik çapraz elemanların, yerleşim düzeni dikleştirilip kolonlara yaklaştırıldığında ise, üzerine etkiyen deprem kuvveti altında; bağlandığı kiriş eleman üzerine moment ve kesme kuvveti aktarımını artırmakta, kolon eleman üzerine gelen eksenel yük aktarımını azaltmaktadır. Yapılan bu değerlendirmeler sonucunda Şekil 5.1'de gösterilen çelik çapraz eleman yerleşimlerinden, bu bina için en uygun olanı belirlenerek binanın matematiksel modeli Şekil 5.2'deki gibi oluşturulmuştur.

5.1. Çelik Çaprazların Sisteme Tanımlanması

İncelenen yapının belirli akslarına çelik çaprazlar eklenerek binanın güçlendirilmesi önerilmektedir. Güçlendirme elamanları olan çelik çapraz kesiti olarak 2L10 profil kullanılmıştır. Çelik çapraz elemanların mevcut sistemle birlikte çalışabilmesi için çerçeve elemanlarına ankrajının sağlandığı kabul edilmiş ve kolon-kiriş birleşimi moment aktaran rijit birleşim olarak modellenmiştir.



Şekil 5.2. Güçlendirme görünümü

5.2. Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü Yönteminin Uygulanabilirliği

Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü Yönetimi'nin mevcut binaya uygulanabilmesi için gereken şartlar önceki bölümlerde açıklanmış ve yapının mevcut hali ile analiz yönteminin uygulanabilir olduğu belirlenmiştir. Burulma düzensizliği katsayıları Tablo 5.1'de gösterilmektedir.

Tablo 5.1. Itme doğrultusu için ek dış merkezlik göz önüne alınmaksızın doğrusal elastik davranışa göre hesaplanan burulma düzensizliği katsayıları

Kat	$d_{i,min}$	$d_{i,max}$	$(\Delta_i)_{max}$	$(\Delta_i)_{min}$	$(\Delta_i)_{ort}$	η_{bi}	η_{bi}<1,4
Zemin	0,022	0,040	0,040	0,022	0,031	1,29	UYGUN
1	0,082	0,010	0,060	0,061	0,060	0,99	UYGUN
2	0,146	0,160	0,058	0,064	0,061	0,96	UYGUN
3	0,197	0,200	0,046	0,051	0,049	0,95	UYGUN
4	0,230	0,230	0,029	0,032	0,031	0,95	UYGUN

5.3. Çelik Çaprazla Güçlendirilmiş Yapının Modellenmesi

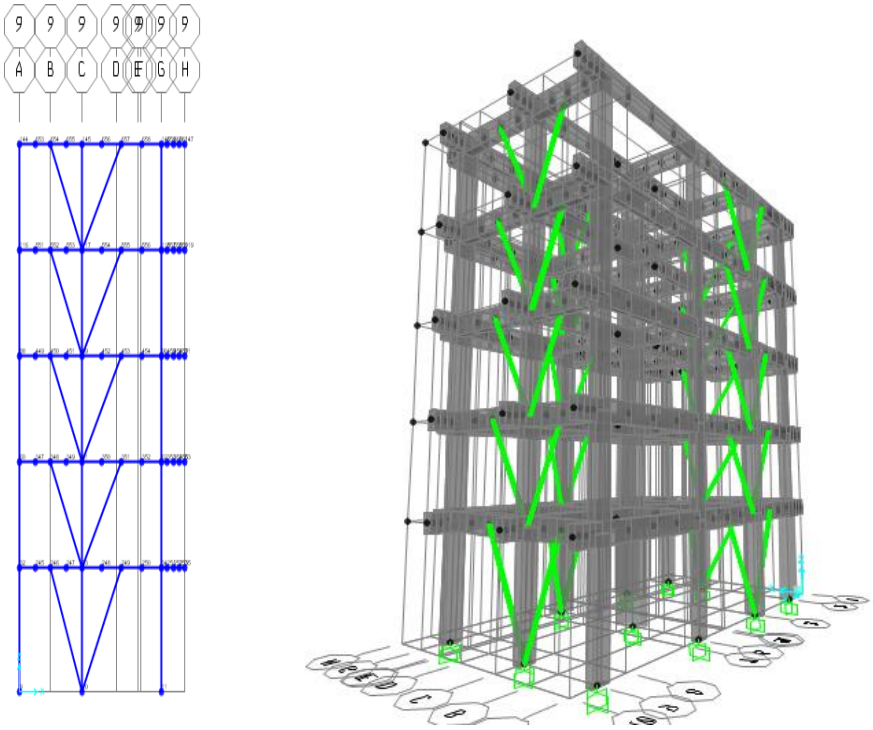
Analiz süreci, binayı oluşturan taşıyıcı sistem elemanlarının malzeme özellikleri, çubuk elemanların kesit özellikleri, birleşim şekilleri, taşıyıcı sisteme etkiyen yükler, deprem yükü tanımı gibi yapının matematik modelini oluşturan tüm kavramların programa tanıtılması ve ilgili sistem elemanlarına atanması ile başlamaktadır. Çelik çapraz elemanların mevcut yapı üzerinde kullanılması, yapının iç kuvvet dengesini önemli ölçüde değiştirmektedir. Ayrıca iç kuvvet dengesinin düzgün olarak dağıtılmaması eleman düzeyinde veya sistemde burulma meydana gelmesine sebep olabilir. Bu sebeple binaya eklenecek çelik çapraz elemanların konumları belirlenirken çeşitli hususlar göz önünde bulundurulmalıdır. Çelik çaprazların yerleri seçilirken yapıda yönlere göre kapasite farklılıklarına yol açmayacak ve mimari fonksiyonları bozmayacak konfigürasyonda yerleştirilmesine dikkat edilmiştir. Oluşturulan sistem hesap modeli Şekil 5.3'de gösterildiği gibidir. Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemine göre model analizi tamamlanmış, sonuçlar değerlendirilerek yapının performans seviyesi belirlenmiştir.

Çelik elemanlarla güçlendirme uygulanırken modelde dikkat edilmesi gereken bazı noktalar şöyledir;

- Çelik çapraz elemanlara mafsal tanımlaması yapılırken, basınç kuvveti altında hasar alan mafsal tipi tanımlanmıştır.

- Göreli kat ötelenmelerini azaltmak için çelik çaprazlar sistem rijitliğini artıracak doğrultularda konumlandırılmıştır.

- Bu uygunluğu sağlamak için rijitlik merkezinin bozulmasını ve çelik çaprazların bağlandığı yapı taşıyıcı elemanlarının deprem kuvvetleri altında, aşırı rijit davranış göstererek kapasitelerinin aşılmasını önleyerek gevrek kırılma etkilerini ortadan kaldıracak şekilde yerleştirilmesine dikkat edilmiştir.

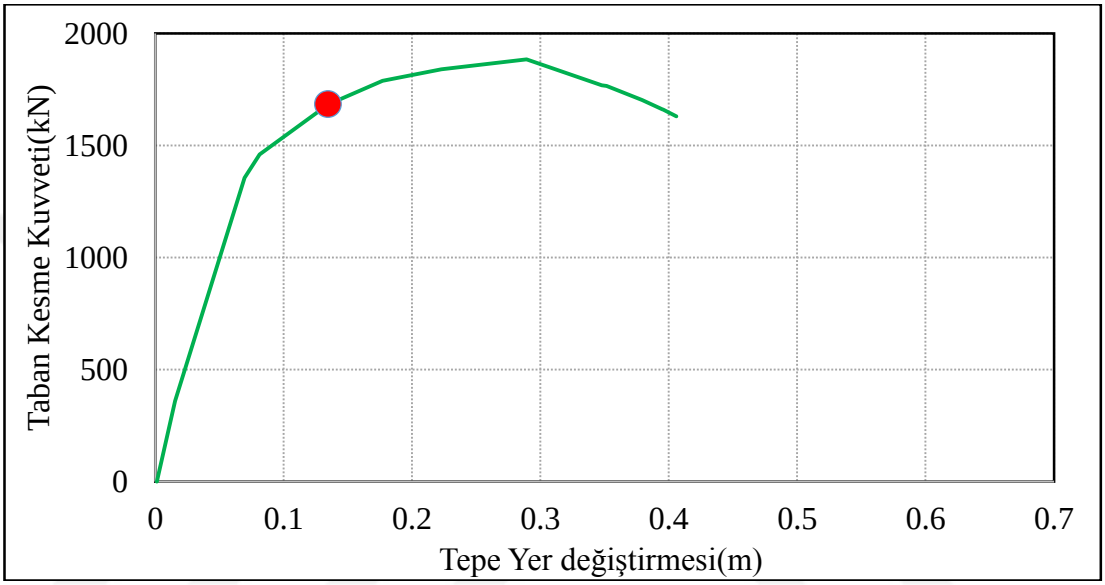


Şekil 5.3. Yapının hesap modeli

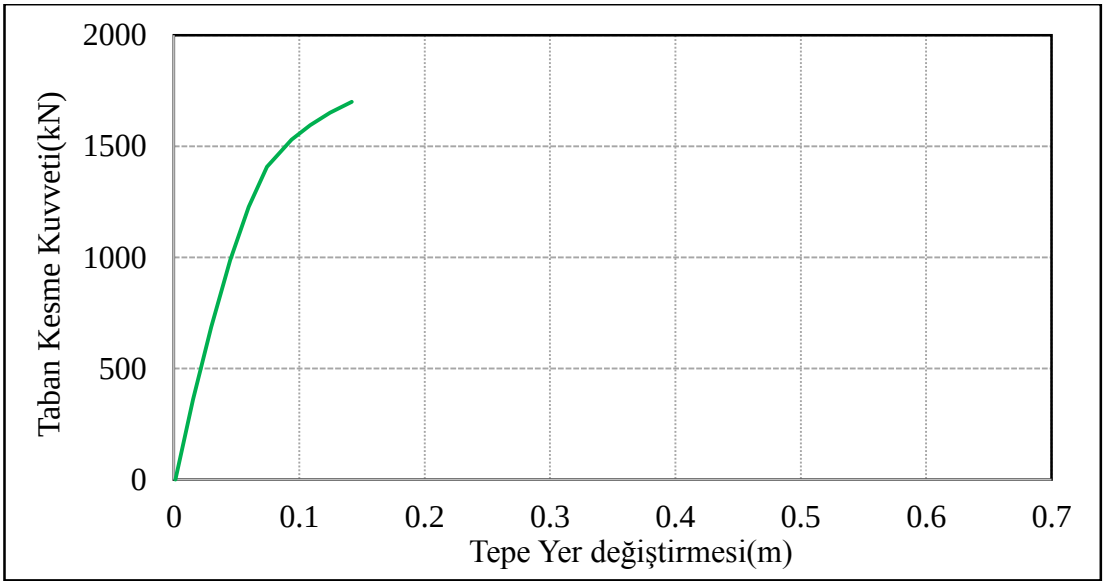
5.4. Statik İtme Analizi Sonuçları

X-X doğrultusunda yapılan itme analizinde, tepe yer değiştirmesi kontrolü için sınır değer 0,62 m olarak alınmıştır. Yapılan itme analizinden sonra yapının 0,40 m kadar itildiği ve yapının bu sınır değere kadar 1630 kN'luk taban kesme kuvvetini alabildiği tespit edilmiştir. Şekil 5.4'de statik itme analizi sonucunda oluşan taban kesme kuvveti-tepe yer değiştirmesi grafiği gösterilmiştir. Binanın X yönünde hedef nokta için tekrarlanan Statik İtme Analizi sonucunda Şekil 5.5'de verilen grafik elde edilmiş ve tepe yer değiştirmesi istemi talebine ulaştığı adımdaki değerler kaydedilmiştir. Hedef nokta için tekrarlanan analizde, binanın performans noktası

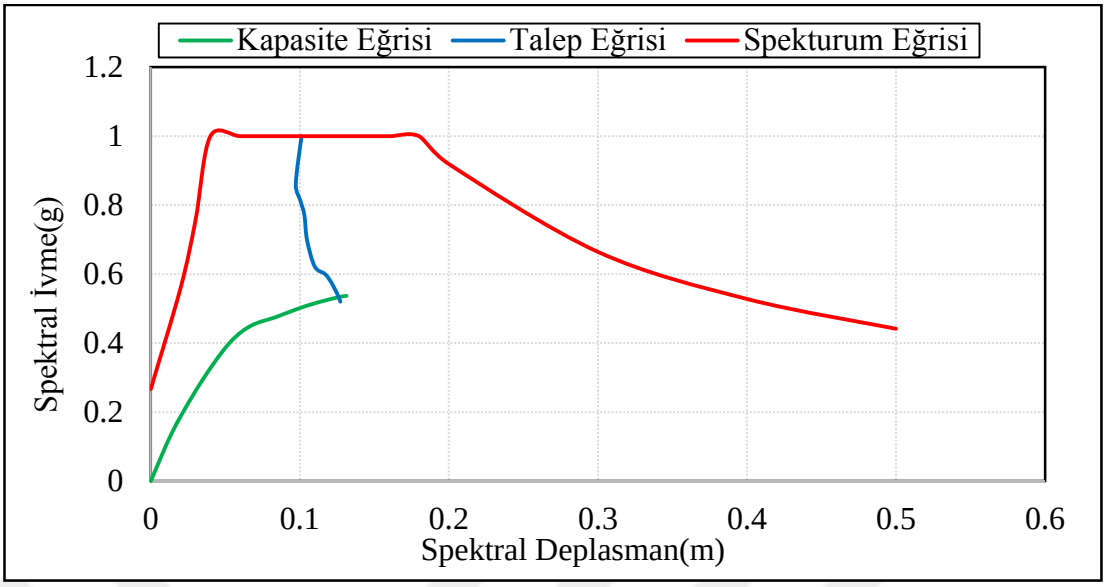
0,14 m ve 1696 kN olarak kabul edilmiştir. Şekil 5.6'da yapının performans noktası gösterilmiştir. Ayrıca, Şekil 5.7'de binanın tepe yer değiştirmesi istemine ulaştığı adımdaki oluşan plastik mafsalların dağılımı sistem üzerinde gösterilmektedir. Taşıyıcı sistemi oluşturan betonarme kesitlerin plastik dönme deformasyonları, plastik eğriliğe çevrilmiş ve DBYBHY-2007 birim şekil değiştirme sınır değerlerine göre kesitlerin hasar bölgeleri tespit edilmiştir.



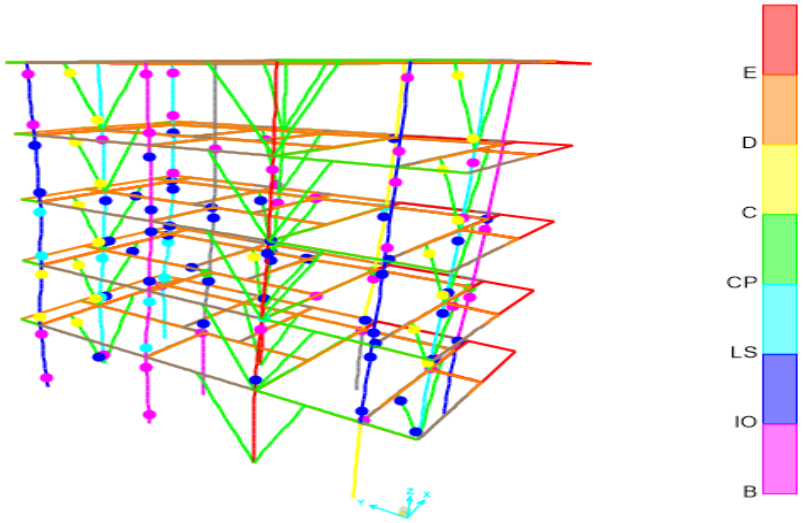
Şekil 5.4. Statik itme analizi sonucunda oluşan taban kesme kuvveti-tepe yer değiştirmesi grafiği



Şekil 5.5. Performans noktasına ulaştığı adımdaki taban kesme kuvveti-tepe yer değiştirmesi grafiği



Şekil 5.6. Yapının performans noktası



Şekil 5.7. Binanın tepe yer değiştirmesi istemine ulaştığı adımdaki plastik mafsalların konumları

5.4.1. Yapısal elemanlarda birim şekil değiştirme istemlerinin belirlenmesi ve değerlendirilmesi

Çelik çaprazlar ile güçlendirilen betonarme binanın tasarım depremi etkisinde Artımsal Eşdeğere Deprem Yükü Yöntemine göre itme analizi tamamlanıp binanın performans noktası belirlenmiştir. Betonarme elemanların birim şekil değiştirme istemleri Bölüm 3.10.1'de özetlenen adımlarına göre belirlenmiştir. Çelik çaprazlarla güçlendirilmiş yapının, yapılan statik itme analizi sonucunda zemin kat kolonlarının hasar sınırı durumları Tablo 5.2'de gösterilmiştir.

Tablo 5.2. Çelik çapraz elemanlarla güçlendirilmiş binanın kolonlarının hasar sınırları

	Zemin Kat	1.Kat	2.Kat	3.Kat	4.Kat
S1	MHB	BHB	MHB	MHB	MHB
S2	MHB	BHB	MHB	MHB	MHB
S3	MHB	BHB	MHB	MHB	MHB
S4	MHB	BHB	MHB	MHB	MHB
S5	MHB	BHB	MHB	MHB	MHB
S6	MHB	BHB	BHB	MHB	MHB
S7	MHB	BHB	MHB	MHB	MHB
S8	MHB	BHB	MHB	MHB	MHB
S9	MHB	IHB	BHB	MHB	MHB
S10	MHB	BHB	BHB	MHB	MHB
S11	MHB	GB	BHB	MHB	MHB

6. ANALİZ SONUÇLARININ KARŞILAŞTIRILMASI VE DEĞERLENDİRME

Bu bölüm de mevcut bina, güçlendirilmiş bina ve çelik çaprazlarla güçlendirilmesi önerilen bina olmak üzere üç farklı taşıyıcı sitemin statik itme analizi ile belirlenen davranışları kıyaslanarak uygulanan ve önerilen güçlendirme yöntemlerinin karşılaştırılması amaçlanmaktadır. Çelik çapraz elemanlarla güçlendirilmesi önerilen bina modelinde, çelik elemanların yapının yanal rijitliğine önemli katkı sağladığı görülmüştür. Sonuçların daha iyi analiz edilebilmesi açısından, değerler farklı kriterlere göre karşılaştırılmıştır.

6.1. Kolonların Performansının Karşılaştırılması

Kolon kesitlerine ait hasar bölgeleri detaylı olarak EK A'da gösterilmiştir. Projelendirilmiş binada kolonların 18 kolon ileri hasar bölgesi ve göçme bölgesinde yer almaktadır. Betonarme elemanlar eklenerek oluşturulan yerinde mevcut güçlendirmiş binada ise 26 kolon ileri hasar bölgesi ve göçme bölgesinde yer almaktadır. Eklenen betonarme elemanlar ile yapı ağırlığı artırılmış, eleman iç kuvvetleri arttığından mevcut kesit kapasiteleri yetersiz kalmıştır. Çelik çaprazlar ile güçlendirilmesi önerilen binada ise sistem dayanımı artmış, 2 kolon ileri hasar bölgesi ve göçme bölgesinde kalmıştır. Kolon performans seviyeleri Tablo 6.1, Tablo 6.2 ve Şekil 6.1'de gösterilmektedir.

Tablo 6.1**.** Kolonlarının toplam performans değerleri

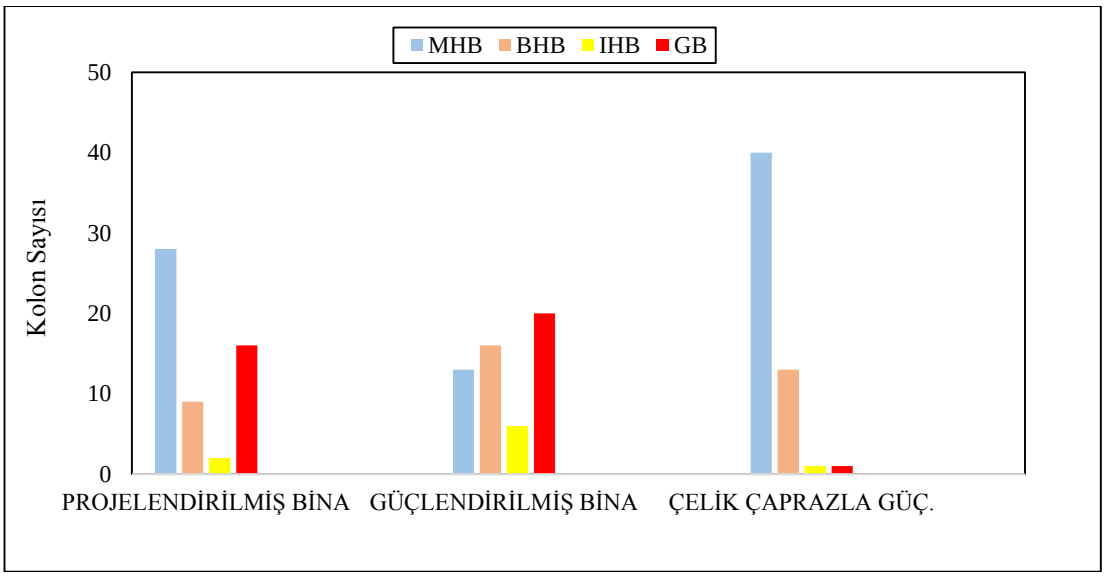
	PROJELENDİRİLMİŞ BİNA	**GÜÇLENDİRİLMİŞ BİNA**	**ÇELİK ÇAPRAZLA GÜÇLENDİRME**
MHB	28	13	40
BHB	9	16	13
IHB	2	6	1
GB	16	20	1

Tablo 6.2. Kolonlarının performans karşılaştırılması

	PROJELENDİRİLMİŞ BİNA	GÜÇLENDİRİLMİŞ BİNA	ÇELİK ÇAPRAZLA GÜÇLENDİRME	
S1	GB	MHB	MHB	ZEMİN KAT
S2	MHB	MHB	MHB	
S3	IHB	MHB	MHB	
S4	GB	MHB	MHB	
S5	GB	MHB	MHB	
S6	GB	BHB	MHB	
S7	GB	MHB	MHB	
S8	GB	MHB	MHB	
S9	GB	BHB	MHB	
S10	GB	GB	MHB	
S11	GB	GB	MHB	
S1	BHB	GB	BHB	1. KAT
S2	MHB	BHB	BHB	
S3	MHB	GB	BHB	
S4	BHB	GB	BHB	
S5	BHB	IHB	BHB	
S6	GB	GB	BHB	
S7	BHB	IHB	BHB	
S8	BHB	GB	BHB	
S9	GB	GB	IHB	
S10	GB	GB	BHB	
S11	GB	GB	GB	
S1	MHB	GB	MHB	2. KAT
S2	MHB	BHB	MHB	
S3	MHB	GB	MHB	
S4	MHB	GB	MHB	
S5	MHB	BHB	MHB	
S6	GB	GB	BHB	
S7	MHB	GB	MHB	
S8	MHB	BHB	MHB	
S9	GB	IHB	BHB	
S10	GB	GB	BHB	
S11	IHB	BHB	BHB	

Tablo 6.2.(Devam) Kolonlarının performans karşılaştırılması

	PROJELENDİRİLMİŞ BİNA	GÜÇLENDİRİLMİŞ BİNA	ÇELİK ÇAPRAZLA GÜÇLENDİRME	
S1	MHB	IHB	MHB	3. KAT
S2	MHB	MHB	MHB	
S3	MHB	GB	MHB	
S4	MHB	IHB	MHB	
S5	MHB	BHB	MHB	
S6	BHB	IHB	MHB	
S7	MHB	GB	MHB	
S8	MHB	MHB	MHB	
S9	BHB	BHB	MHB	
S10	BHB	GB	MHB	
S11	BHB	MHB	MHB	
S1	MHB	BHB	MHB	4. KAT
S2	MHB	MHB	MHB	
S3	MHB	BHB	MHB	
S4	MHB	BHB	MHB	
S5	MHB	BHB	MHB	
S6	MHB	BHB	MHB	
S7	MHB	BHB	MHB	
S8	MHB	MHB	MHB	
S9	MHB	BHB	MHB	
S10	MHB	GB	MHB	
S11	MHB	MHB	MHB	



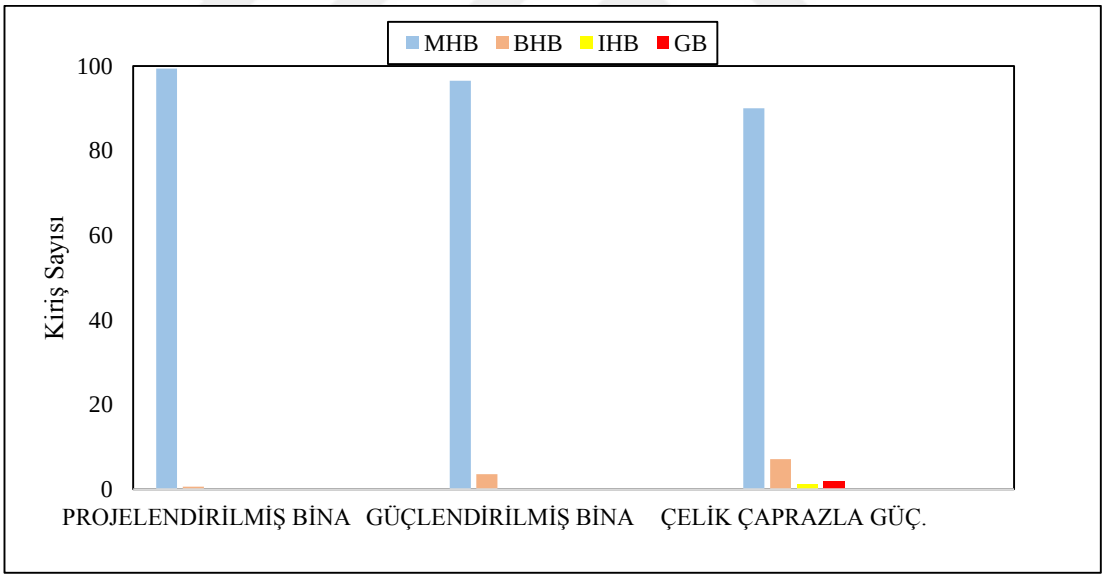
Şekil 6.1. Kolon performans karşılaştırılması

6.2. Kirişlerin Performansının Karşılaştırılması

Kirişlerin kesitlerine ait hasar bölgeleri detaylı olarak EK B'de gösterilmiştir. Projelendirilmiş binada kirişlerin yaklaşık tamamı minimum hasar bölgesinde kalmaktadır. Betonarme eleman hasarları binanın hasar tespit raporunda belirtilen hasar durumu ile karşılaştırıldığında, sistemde kuvvetli kiriş-zayıf kolon tasarım kriterinin sağlanmadığı değerlendirilmiştir. Kirişlerin performans seviyeleri Tablo 6.3 ve Şekil 6.2'de gösterilmektedir.

Tablo 6.3. Kirişlerin toplam performans değerleri (%)

	PROJELENDİRİLMİŞ BİNA	GÜÇLENDİRİLMİŞ BİNA	ÇELİK ÇAPRAZLA GÜÇ.
MHB	99,41	96,47	90,00
BHB	0,59	3,53	7,05
IHB	0	0	1,18
GB	0	0	1,77



Şekil 6.2. Kirişlerin performans seviyelerinin karşılaştırılması (%)

6.3. Göreli Kat Ötelenmelerinin Karşılaştırılması

Deprem Yönetmeliği'ne göre binanın herhangi bir katındaki kolonların göreli kat ötelemeleri Tablo 6.4'de verilen sınır değerler ile karşılaştırılarak yapının performans seviyesi tespit edilmektedir. Her katta döşemelerin kendi düzlemleri içinde rijit diyafram olarak çalışmaları nedeniyle herhangi bir katta hesaplanan göreli kat ötelemesi o kattaki bütün kolonların göreli kat ötelemelerine yaklaşık eşit olacaktır.

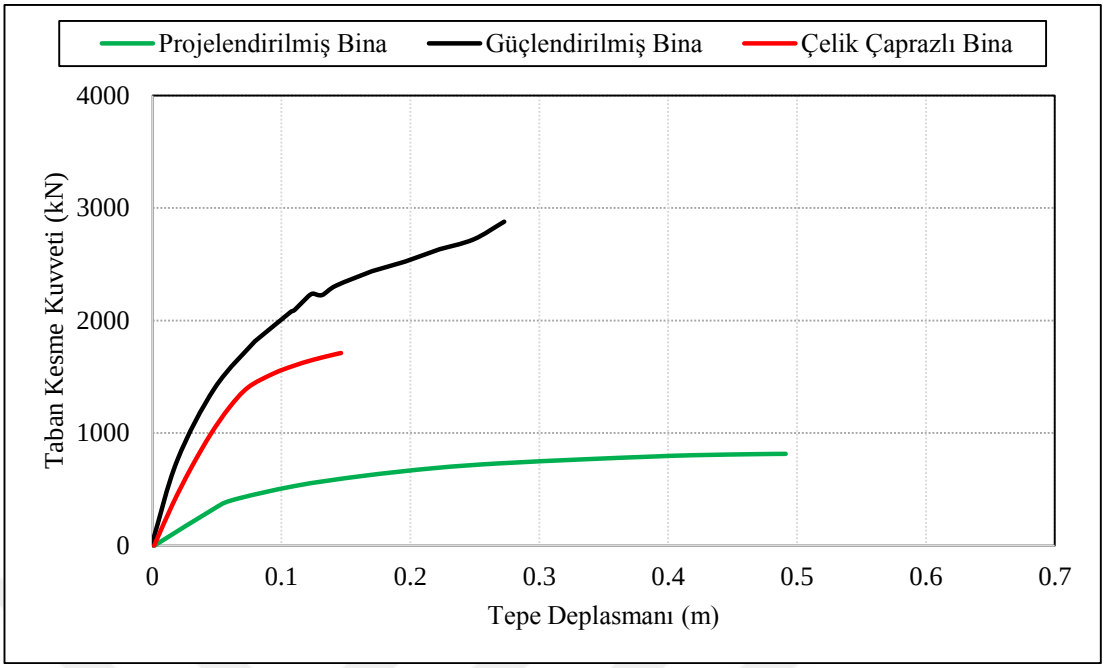
Bina performans seviyesi göreli kat ötelenmesi sınırlarına göre değerlendirildiğinde, göreli kat ötelenmesi oranı 0,01'den küçük ise bina Minimum Hasar Bölgesi'nde, 0,01 ile 0,03 arasında ise Belirgin Hasar Bölgesi'nde, 0,03 ile 0,04 arasında ise İleri Hasar Bölgesi'nde,0,04 den büyük ise Göçme Bölgesi'nde yer almaktadır. İncelenen binanın tüm hesap modellerinin göreli kat ötelenmeleri ve yer değiştirme sınırlarına göre performans seviyeleri Tablo 6.4'de gösterilmektedir. Projelendirilmiş binada zemin kat göreli kat ötelenmesi oranına göre göçme bölgesinde yer almaktadır. Betonarme perde elemanlar eklenerek güçlendirilmiş binada perde duvarların oranı zemin katta daha fazla olduğundan zemin katın ötelenme rijitliği artırılmış ve minimum hasar bölgesinde yer almaktadır. Yapı ağırlığı arttığından katlara gelen deprem kuvvetleri artmakta ve üst katlarda belirgin hasar bölgesinde kalmaktadır.

Tablo 6.4. Mevcut bina, güçlendirilmiş bina ve çelik çapraz elemanlarla güçlendirilmiş binanın göreli kat ötelemesi sınırları

Kat No	**PROJELENDİRİLMİŞ BİNA**		**GÜÇLENDİRİLMİŞ BİNA**		**ÇELİK ÇAPRAZLA GÜÇLENDİRME**	
	Δi/h	Δi/h<0,03	Δi/h	Δi/h<0,03	Δi/h	Δi/h<0,03
Zemin	0,075	GB	0,007	MHB	0,003	MHB
1	0,035	IHB	0,025	BHB	0,020	BHB
2	0,023	BHB	0,024	BHB	0,015	BHB
3	0,012	BHB	0,020	BHB	0,007	MHB
4	0,005	MHB	0,014	BHB	0,003	MHB

6.4. Taban Kesme Kuvveti - Tepe Deplasmanı Değerlerinin Karşılaştırılması

Deprem Yönetmeliği'nde tanımlanan Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü yöntemine göre performans değerlendirilmesi yapılan projelendirilmiş mevcut bina, deprem sonrası betonarme elemanlar eklenerek güçlendirilmiş bina ve tez çalışması kapsamında önerilen çelik çaprazlarla güçlendirilmiş binanın hesap modelleri analizi sonrası elde edilen ve binaların yatay yük etkisindeki davranışını gösteren taban kesme kuvveti-tepe deplasmanı değerlerini gösteren kapasite eğrileri Şekil 6.3'te, bina tabanlarında oluşan toplam kesme kuvveti değerleri Tablo 6.5'te gösterilmektedir. Betonarme elmanlar eklenerek güçlendirilmiş binanın taban kesme kuvveti artmış dolayısıyla mevcut elemanlara gelen iç kuvvetler arttığından eleman kapasiteleri yetersi kalmıştır.



Şekil 6.3. Yapıların kapasite eğrilerinin karşılaştırılması

Tablo 6.5. Yapısal güvenlik değerlerinin kıyaslanması

	T (sn)	**$U_{hedef(m)}$**	**$V_{hedef(kN)}$**
Projelendirilmiş Bina	1,16	0,47	813
Güçlendirilmiş Bina	0,61	0,26	2804
Çelik Çaprazlarla Güçlendirilmiş Bina	0,76	0,14	1697

7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışma kapsamında incelenen mevcut betonarme bina 1975 Deprem Yönetmeliğine göre projelendirilmiş ve inşa edilmiştir. 1999 Marmara depreminde bina taşıyıcı sistem elemanlarında hasarlar oluşmuş, hasar seviyesi tespit raporu ile hasar raporlanmıştır. Deprem sonrasında hasarlı bina için yürürlükte olan 1998 Deprem Yönetmeliği'nde yer alan genel kriterler dikkate alınarak güçlendirme projesi hazırlanarak geleneksel yöntemlerle bina güçlendirilmiş ve halen kullanımına devam edilmektedir. İncelenen binanın deprem güvenliği, DBYBHY-2007'de önerilen doğrusal elastik olmayan değerlendirme yöntemlerinden Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Yapılan analitik çalışmaların sonuçları irdelenmiş ve karşılaştırmalar aşağıda özetlenmiştir.

- Projelendirilmiş binanın proje bilgileri dikkate alınarak oluşturulan matematiksel modelin Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemine göre analizi sonucu model üzerinde oluşan plastik mafsal konumlarının 1999 Depremleri sırasında binada meydana gelen hasar ile uyumlu olduğu tespit edilmiştir.

- Sistemde oluşan plastik mafsalların büyük çoğunluğunun kolonlar uç bölgelerinde toplandığı görülmektedir. Ayrıca mafsalların oluşum sırası incelendiğinde projelendirilmiş yapıda kolonların, kirişlerden daha güçlü olması koşulunu sağlamadığı belirlenmiştir. Yapı göçme mekanizması kolonların kirişlerden önce göçme bölgesine ulaşması ile oluşmuştur. Göreli kat ötelenmeleri ve betonarme elemanların şekil değiştirme istemlerine göre sistemin Can Güvenliği performans seviyesinin sağlamadığı belirlenmiştir.

- Deprem sonrası yapılan betonarme elemanlar eklenerek güçlendirme uygulamasında, mevcut çerçeve aksı içine eklenen betonarme mantolama sistemin zemin kat rijitliğini artırdığı, çerçevenin yatay ötelenmesini kısıtladığı belirlenmiştir. Uygulama sonrası yapı ağırlığı arttığından katlara gelen deprem kuvvetleri büyümüş dolayısıyla eleman iç kuvvetleri artmıştır. Betonarme

- Kesitlerin şekil değiştirme istemleri açısından binanın hedeflenen Can Güvenliği performans seviyesini sağlamadığı tespit edilmiştir.

- Uygulama pratikliği açısından betonarme çerçevelerin çelik çaprazlarla güçlendirmesi çalışma kapsamında önerilmiştir.

- Çelik çaprazlar, binada yönlere göre kapasite farklılıklarına yol açmayacak ve mimari fonksiyonları bozmayacak şekilde konumlandırılmıştır. Rijitlik merkezini bozmayacak şekilde yerleştirilen çelik çaprazların binanın yanal ötelenme rijitliğini dayanımını artırdığı, hakim titreşim periyodunu küçülttüğü belirlenmiştir.

- Binanın çelik çapraz elemanlarla güçlendirilmesi, kat ötelenmelerini önemli miktarda azaltmıştır. Çelik çapraz elemanların mevcut bina üzerinde kullanılması binanın iç kuuvvet dengesini önemli ölçüde değiştirmektedir. Bu dağılımın nasıl değişeceği çelik çaprazların çerçeve düzlemindeki şekli ile doğrudan ilişkilidir.

- Taşıyıcı sistem bütünüyle güçlendirilirken bazı elemanlarda kapasite eksikliği görülebilir. Özellikle çelik çaprazların bağlandığı taşıyıcı elemanlarda iç kuvvetlerin artması sebebi ile kapasitelerinin aşılması ve gevrek kırılma etkilerinin ortaya çıkabileceği değerlendirilmiştir. Bu elemanlar güçlendirilerek kapasiteleri artırılması gerekmektedir.

- Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde, önerilen çelik çaprazlarla güçlendirme yönteminin yapının deprem güvenliğini artırdığı ve hedeflenen performans seviyesini sağladığı belirlenmiştir.

- Çelik çaprazlarla binaların güçlendirilmesi, minimum çevre rahatsızlığı, minimum detay ve eleman hasarı, minimum uygulama süresi, minimum gürültü, toz ve çok fazla hava şartlarından etkilenmemesi ve insanların binayı terk etmemesi gibi sebeplerden dolayı daha ekonomik çözüm olduğu değerlendirilmektedir.

KAYNAKLAR

[1] Özer E., *Yapı Sistemlerinin Lineer Olmayan Analizi Ders Notları*, Birinci baskı İ.T.Ü İnşaat Mühendisliği Fakültesi, İstanbul, 2004.

[2] İlki A., Celep Z., Betonarme Yapıların Deprem Güvenliği, *1. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı*, Ankara, Türkiye, 11-14 Ekim 2011.

[3] DBYBHY-2007, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, *Bayındırlık ve İskan Bakanlığı*, Ankara, 2007.

[4] Lorents G., Enviromental Performance Reviews: Turkey 2008, *OECD*, ISBN 9789264049154, 143-184, 2008.

[5] Atabey E., *Deprem*, Birinci baskı, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara, 2000.

[6] Eren G., Beyen K., Düşey Deprem Etkisinde Tipik Bir Binada Gözlenen Performansın Tartışılması, *8. Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı*, İstanbul, Türkiye, 11-15 Mayıs 2015.

[7] Fındık H., Mevcut Betonarme Binaların Deprem Performanslarının Belirlenmesinde Doğrusal Elastik Yöntem ve Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemlerinin Uygulanması ve Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2010, 293974.

[8] ATC-40, Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings, *Applied Technology Council*, California, 1996.

[9] FEMA-356, Prestandart and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings, *Federal Emergency Management Agency*, Washington, 2000.

[10] Sucuoğlu H., 2007 Deprem Yönetmeliği Performans Esaslı Hesap Yöntemlerinin Karşılıklı Değerlendirmesi, *Türkiye Mühendislik Haberleri*, 2006, **444**, 24-36.

[11] Celep Z., *Betonarme Taşıyıcı Sistemlerde Doğrusal Olmayan Davranış ve Çözümleme*, 3. Baskı, Beta Dağıtım, İstanbul, 2007.

[12] Çağlar N., 2007 Deprem Yönetmeliği'ne Göre Tasarlanmış Betonarme Bir Yapının Doğrusal Elastik Olmayan Analiz Yöntemleri İle İncelenmesi, *2. Uluslararası Mühendislik ve Bilimde Yenilikçi Teknolojiler Konferansı*, Karabük, Türkiye, 18-20 Haziran 2014.

[13] Özmen H.B., Düşük ve Orta Yükseklikteki Betonarme Yapıların Deprem Performanslarını Etkileyen Faktörlerin İrdelenmesi, Doktora Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli, 2011, 290115.

[14] Park, R., and Paulay T., *Reinforced Concrete Structures*, 2nd ed., John Wiley, New York, 1975.

[15] Celep Z., Kumbasar N., *Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı*, Birinci Baskı, Beta Dağıtım, İstanbul, 2004.

[16] Okay N., Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemiyle Çok Katlı Betonarme Bir Binanın Performans Seviyesinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2009, 251473.

[17] Priestley, M.J.N., Calvi, G.M., Kowalsky M.J., *Displacement-Based Seismic Design of Structures*, 1st edition, IUSS Press, Pavia, Italy, 2007.

[18] Fahyan Y., Türkiye Deprem Yönetmeliği (DBYBHY-2007) Tasarım İvme Spektrumuna Uygun Gerçek Deprem Kayıtlarının Seçilmesi ve Ölçeklenmesi, *İMO Teknik Dergi*, 2008, **19**(93), 4423-4444.

[19] Chopra, A.K., *Dynamics of Structures: Theory and Applications to Earthquake Engineering*, 2nd edition, Prentice Hall, New Jersey,2000,

[20] SAP 2000 v15.2, *Structural Analysis Program, Computers and Structures Inc*., Berkeley, California, 2013.

[21] EN-ŞAH İnş.San. ve Tic.Ltd, Şti., Proje Kontrol Müşavirliği Tarafından Hazırlanan Teknik Rapor, Çınarcık 364 Ada 3 parsel, Rapor Numarası: 2-76, 1-10, 1999.

[22] XTRACT v3.08, *Section Analysis Program*, Imbsen Software Systems, California, 2001.

[23] TS 500, Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, 2000.

[24] TS 498, Yapıların Hesaplarında Kullanılacak Yükler, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, 1987.

[25] Tsionis, G., Apostolska, R., Taucer, F., Seismic Strengthening of RC Buildings, *Joint Research Centre*, DOI: 10.2788/138156.

[26] Maheri, R.H., Sahebi, A., Use of Steel Bracing in Reinforced Concrete Frames, *Engineering Structures*, 1997, **19**(17), 1018-1024.

[27] Pincheria, J., Jırsa, J., Seismic Response of Rc Frames Retrofited With Steel Braces, *ASCE Journal of Structural Engineering*, 1995, **5**, 1224-1230.

[28] Alptuğ U., Kaltakci, M. Y., Seismic Behavior of Concentrically Steel Braced Frames and Their Use in Strengthening of Reinforced Concrete Frames by External Application, *Steel and Composite Structures*, 2016, **16**(4), 687-702.

[29] Çamlıbel N., *Deprem Hasarları ve Yapıların Güçlendirme Yöntemleri-Yapıların Taşıma Gücünün İyileştirilmesi*, Birinci baskı, Birsen Yayınevi, İstanbul, 2000.

[30] Özçelik R., Binici B., Kur, O., Yapısal Çelik Elemanlarla Güçlendirilmiş Betonarme Çerçevelerin dinamik benzeri deney performansı, *1. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı*, Ankara, Türkiye, 11-14 Ekim 2011.

[31] Korkmaz A., Çelik Çapraz Elemanlarla Güçlendirilen Betonarme Yapıların Deprem Davranışlarının İncelenmesi, *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 2007, **8** (2) 191-201.

[32] Peker K., Yardımcı N., Yatay Yük Davranışı Zayıf Betonarme Çerçevelerin Çelik Çaprazlı Perdeler İle Güçlendirilmesi, *Çelik Yapılar Sempozyumu*, Ankara, Türkiye, 21-22 Nisan 2005.

[33] Doğan O., Aldemir İ., Bakırcı Er Ş., Çelik Halatlarla Güçlendirilmiş Betonarme Çerçeve Binanın Bilgisayar Destekli Deprem Analizi, *International Journal of Research and Development*, 2011, **3**(1), 72-76.

[34] Gültekin A. Güneyisi E.M., Yapısal Çelik Elemanlarla Güçlendirilmiş Sekiz Katlı Betonarme Bir Yapının Doğrusal Olmayan Davranışı, *8. Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı*, İstanbul, Türkiye, 11-15 Mayıs 2015.

EKLER

EK-A

Tablo A.1. Mevcut binanın zemin, 1, 2, 3 ve 4 kat kolon hasar bölgeleri

KOLON ADI	MAFSAL ADI	P (kN)	RADYAN θ	Lp (m)	Φp (1/m)	Φy (1/m)	Φt (1/m)	KESİT HASAR BÖLGESİ	ELEMAN HASAR DURUMU	
S1	1H1	-174	0,019	0,125	0,154	0,007	0,161	GB	GB	ZEMİN KAT
S1	1H2	-193	-0,017	0,125	0,135	0,007	0,142	IHB		
S2	2H1	-289	0	0,20	0	0,004	0,004	MHB	MHB	
S2	2H2	-279	0	0,20	0	0,004	0,004	MHB		
S3	3H1	-1168	-0,014	0,125	0,110	0,007	0,117	IHB	IHB	
S3	3H2	-1126	0,008	0,125	0,065	0,007	0,072	BHB		
S4	4H1	-351	0,021	0,325	0,063	0,003	0,066	GB	GB	
S4	4H2	-350	-0,020	0,325	0,061	0,003	0,063	GB		
S5	5H1	-1049	-0,016	0,40	0,039	0,002	0,041	GB	GB	
S5	5H2	-1015	0,017	0,40	0,043	0,002	0,045	GB		
S6	6H1	156	0,042	0,125	0,340	0,008	0,3482	GB	GB	
S6	6H2	163	-0,044	0,125	0,348	0,008	0,357	GB		
S7	7H1	-1113	0,044	0,40	0,111	0,002	0,113	GB	GB	
S7	7H2	-1113	-0,026	0,40	0,066	0,002	0,068	GB		
S8	8H1	-1373	0,043	0,125	0,340	0,007	0,348	GB	GB	
S8	8H2	-1388	-0,033	0,125	0,265	0,007	0,273	GB		
S9	9H1	-227	0,073	0,125	0,585	0,007	0,592	GB	GB	
S9	9H2	-212	-0,072	0,125	0,578	0,007	0,586	GB		
S10	10H1	-449	0,071	0,125	0,571	0,007	0,578	GB	GB	
S10	10H2	-459	-0,071	0,125	0,574	0,007	0,581	GB		
S11	11H1	-648	0,072	0,125	0,575	0,007	0,582	GB	GB	
S11	11H2	-695	-0,071	0,125	0,566	0,007	0,574	GB		

Tablo A.1.(Devam) Mevcut binanın Zemin, 1, 2, 3 ve 4 kat kolon hasar bölgeleri

S1	46H1	-228,77	0,004488	0,125	0,0359	0,00708	0,04299	MHB	BHB	1,KAT
S1	46H2	-215,95	-0,00493	0,125	0,03946	0,00708	0,04655	BHB		
S2	47H1	-288,97	0	0,20	0	0,00425	0,00425	MHB	MHB	
S2	47H2	-280,48	0	0,20	0	0,00425	0,00425	MHB		
S3	48H1	-804,69	-0,00016	0,125	0,00125	0,00708	0,00833	MHB	MHB	
S3	48H2	-795,85	0,001887	0,125	0,0151	0,00708	0,02218	MHB		
S4	49H1	-325,6	0,006373	0,325	0,01961	0,00284	0,02245	BHB	BHB	
S4	49H2	-318,1	-0,00738	0,325	0,02271	0,00284	0,02555	BHB		
S5	50H1	-897,75	-0,00414	0,40	0,01034	0,00226	0,0126	MHB	BHB	
S5	50H2	-883,94	0,007219	0,40	0,01805	0,00226	0,02031	BHB		
S6	51H1	105,69	0,019687	0,125	0,1575	0,0085	0,16599	GB	GB	
S6	51H2	110,81	-0,01956	0,125	0,15645	0,0085	0,16495	GB		
S7	52H1	-920,3	0,002844	0,40	0,00711	0,00226	0,00937	MHB	BHB	
S7	52H2	-894,2	-0,00672	0,40	0,01679	0,00226	0,01906	BHB		
S8	53H1	-1039	0,008526	0,125	0,06821	0,00728	0,07549	BHB	BHB	
S8	53H2	-1027,5	-0,01068	0,125	0,0854	0,00728	0,09268	BHB		
S9	54H1	-174,59	0,031631	0,125	0,25305	0,00708	0,26013	GB	GB	
S9	54H2	-157,64	-0,03103	0,125	0,24822	0,00708	0,2553	GB		
S10	55H1	-408,89	0,03093	0,125	0,24744	0,00708	0,25452	GB	GB	
S10	55H2	-403,57	-0,03106	0,125	0,24847	0,00708	0,25555	GB		
S11	56H1	-541,85	0,02942	0,125	0,23536	0,00708	0,24244	GB	GB	
S11	56H2	-541,3	-0,02956	0,125	0,23646	0,00708	0,24354	GB		

Tablo A.1.(Devam) Mevcut binanın Zemin, 1, 2, 3 ve 4 kat kolon hasar bölgeleri

S1	91H1	-219,2	0,001628	0,125	0,01302	0,00708	0,02011	MHB	MHB	2, KAT
S1	91H2	-205,55	-0,00234	0,125	0,01874	0,00708	0,02582	MHB		
S2	92H1	-253,66	0	0,20	0	0,00425	0,00425	MHB	MHB	
S2	92H2	-245,17	0	0,20	0	0,00425	0,00425	MHB		
S3	93H1	-505,61	0	0,125	0	0,00708	0,00708	MHB	MHB	
S3	93H2	-496,78	0,000085	0,125	0,00068	0,00708	0,00776	MHB		
S4	94H1	-263,27	0,00272	0,325	0,00837	0,00284	0,01121	MHB	MHB	
S4	94H2	-247,1	-0,00359	0,325	0,01106	0,00284	0,0139	MHB		
S5	95H1	-688,26	-0,00122	0,40	0,00306	0,00226	0,00532	MHB	MHB	
S5	95H2	-674,12	0,003767	0,40	0,00942	0,00226	0,01168	MHB		
S6	96H1	27,701	0,012279	0,125	0,09823	0,0085	0,10673	GB	GB	
S6	96H2	34,676	-0,01177	0,125	0,09414	0,0085	0,10264	GB		
S7	97H1	-686,99	0	0,40	0	0,00226	0,00226	MHB	MHB	
S7	97H2	-659,74	-0,00452	0,40	0,01129	0,00226	0,01355	MHB		
S8	98H1	-720,82	0,002591	0,125	0,02073	0,00728	0,02801	MHB	MHB	
S8	98H2	-709,33	-0,00525	0,125	0,04202	0,00728	0,04931	MHB		
S9	99H1	-131,69	0,019072	0,125	0,15258	0,00708	0,15966	GB	GB	
S9	99H2	-118,35	-0,01898	0,125	0,15185	0,00708	0,15893	GB		
S10	100H1	-335,98	0,018774	0,125	0,15019	0,00708	0,15727	GB	GB	
S10	100H2	-319,99	-0,01874	0,125	0,14991	0,00708	0,15699	GB		
S11	101H1	-411,73	0,0171	0,125	0,1368	0,00708	0,14388	IHB	IHB	
S11	101H2	-403,27	-0,01781	0,125	0,1425	0,00708	0,14958	IHB		

Tablo A.1.(Devam) Mevcut binanın Zemin, 1, 2, 3 ve 4 kat kolon hasar bölgeleri

S1	136H1	-179,24	0	0,125	0	0,00708	0,00708	MHB	MHB	3, KAT
S1	136H2	-170,4	0	0,125	0	0,00708	0,00708	MHB		
S2	137H1	-186,69	0	0,20	0	0,00425	0,00425	MHB	MHB	
S2	137H2	-178,21	0	0,20	0	0,00425	0,00425	MHB		
S3	138H1	-277,92	0	0,125	0	0,00708	0,00708	MHB	MHB	
S3	138H2	-269,09	0	0,125	0	0,00708	0,00708	MHB		
S4	139H1	-180,51	0	0,325	0	0,00284	0,00284	MHB	MHB	
S4	139H2	-169,03	-0,00028	0,325	0,00086	0,00284	0,0037	MHB		
S5	140H1	-463,59	0	0,40	0	0,00226	0,00226	MHB	MHB	
S5	140H2	-449,45	0,000621	0,40	0,00155	0,00226	0,00382	MHB		
S6	141H1	-34,463	0,00545	0,125	0,0436	0,0085	0,0521	BHB	BHB	
S6	141H2	-27,498	-0,00543	0,125	0,04346	0,0085	0,05196	BHB		
S7	142H1	-445,22	0	0,40	0	0,00226	0,00226	MHB	MHB	
S7	142H2	-431,08	-0,00193	0,40	0,00482	0,00226	0,00708	MHB		
S8	143H1	-445,73	0	0,125	0	0,00728	0,00728	MHB	MHB	
S8	143H2	-433,94	-0,00096	0,125	0,0077	0,00728	0,01498	MHB		
S9	144H1	-92,126	0,008616	0,125	0,06893	0,00708	0,07601	BHB	BHB	
S9	144H2	-82,332	-0,00909	0,125	0,07274	0,00708	0,07983	BHB		
S10	145H1	-222,3	0,008687	0,125	0,0695	0,00708	0,07658	BHB	BHB	
S10	145H2	-215,48	-0,00888	0,125	0,07104	0,00708	0,07812	BHB		
S11	146H1	-279,32	0,007008	0,125	0,05606	0,00708	0,06315	BHB	BHB	
S11	146H2	-272,22	-0,00799	0,125	0,06392	0,00708	0,071	BHB		

Tablo A.1.(Devam) Mevcut binanın Zemin, 1, 2, 3 ve 4 kat kolon hasar bölgeleri

S1	181H1	-107,76	0	0,125	0	0,00708	0,00708	MHB	MHB	4, KAT
S1	181H2	-98,922	0	0,125	0	0,00708	0,00708	MHB		
S2	182H1	-97,459	0	0,20	0	0,00425	0,00425	MHB	MHB	
S2	182H2	-88,977	0	0,20	0	0,00425	0,00425	MHB		
S3	183H1	-117,33	0	0,125	0	0,00708	0,00708	MHB	MHB	
S3	183H2	-108,49	0	0,125	0	0,00708	0,00708	MHB		
S4	184H1	-90,85	0	0,325	0	0,00284	0,00284	MHB	MHB	
S4	184H2	-79,363	0	0,325	0	0,00284	0,00284	MHB		
S5	185H1	-225,15	0	0,40	0	0,00226	0,00226	MHB	MHB	
S5	185H2	-211,01	0	0,40	0	0,00226	0,00226	MHB		
S6	186H1	-56,728	0,000757	0,125	0,00606	0,0085	0,01455	MHB	MHB	
S6	186H2	-48,31	-0,00075	0,125	0,00599	0,0085	0,01449	MHB		
S7	187H1	-204,84	0	0,40	0	0,00226	0,00226	MHB	MHB	
S7	187H2	-190,7	0	0,40	0	0,00226	0,00226	MHB		
S8	188H1	-208,68	0	0,125	0	0,00728	0,00728	MHB	MHB	
S8	188H2	-197,19	0	0,125	0	0,00728	0,00728	MHB		
S9	189H1	-54,143	0,001629	0,125	0,01303	0,00708	0,02011	MHB	MHB	
S9	189H2	-43,531	-0,00221	0,125	0,01769	0,00708	0,02477	MHB		
S10	190H1	-114,8	0,002179	0,125	0,01743	0,00708	0,02451	MHB	MHB	
S10	190H2	-105,01	-0,00242	0,125	0,01934	0,00708	0,02642	MHB		
S11	191H1	-138,53	0,000898	0,125	0,00718	0,00708	0,01427	MHB	MHB	
S11	191H2	-127,93	-0,00181	0,125	0,01447	0,00708	0,02155	MHB		

Tablo A.2. Güçlendirilmiş binanın Zemin, 1, 2, 3 ve 4 kat kolon hasar bölgeleri

KOLON ADI	MAFSAL ADI	P (kN)	RADYAN θ	Lp (m)	Φp (1/m)	Φy (1/m)	Φt (1/m)	KESİT HASAR BÖLGESİ	ELEMAN HASAR DURUMU	
S1	1H1	-341,414	0	0,125	0	0,007081	0,007081	MHB	MHB	ZEMİN KAT
S1	1H2	-315,435	0	0,125	0	0,007081	0,007081	MHB		
S2	2H1	-1979,57	0	0,20	0	0,004245	0,004245	MHB	MHB	
S2	2H2	-1954,82	0	0,20	0	0,004245	0,004245	MHB		
S3	3H1	1717,35	0	0,125	0	0,007081	0,007081	MHB	MHB	
S3	3H2	1743,33	0	0,125	0	0,007081	0,007081	MHB		
S4	4H1	-336,089	0,003392	0,325	0,0104	0,002842	0,013279	MHB	MHB	
S4	4H2	-322,481	-0,00425	0,325	0,0131	0,002842	0,01591	MHB		
S5	5H1	-601,726	0	0,40	0	0,002264	0,002264	MHB	MHB	
S5	5H2	-564,615	0	0,40	0	0,002264	0,002264	MHB		
S6	6H1	279,624	0,006545	0,125	0,0524	0,008497	0,060857	BHB	BHB	
S6	6H2	279,102	-0,00657	0,125	0,0525	0,008497	0,061017	BHB		
S7	7H1	-3622,61	0	0,40	0	0,002264	0,002264	MHB	MHB	
S7	7H2	-3585,5	0	0,40	0	0,002264	0,002264	MHB		
S8	8H1	-970,961	0	0,125	0	0,007283	0,007283	MHB	MHB	
S8	8H2	-939,416	0	0,125	0	0,007283	0,007283	MHB		
S9	9H1	-763,844	0,005587	0,125	0,0447	0,007081	0,051777	BHB	BHB	
S9	9H2	-751,473	0	0,125	0	0,007081	0,007081	MHB		
S10	10H1	-1203,4	0,005342	0,125	0,0427	0,007081	0,049817	BHB	GB	
S10	10H2	-1197	-0,00036	0,125	0,0028	0,007081	0,009921	GB		
S11	11H1	-2841,61	0,005595	0,125	0,0448	0,007081	0,051841	BHB	GB	
S11	11H2	-2842,96	-0,00344	0,125	0,0275	0,007081	0,034585	GB		

Tablo A.2.(Devam) Güçlendirilmiş binanın Zemin, 1, 2, 3 ve 4 kat kolon hasar bölgeleri

S1	46H1	-252,831	0,014323	0,125	0,1146	0,007081	0,121665	IHB	GB	1,KAT
S1	46H2	-243,695	-0,01913	0,125	0,153	0,007081	0,160105	GB		
S2	47H1	-1453,93	0,007793	0,20	0,039	0,004245	0,04321	BHB	BHB	
S2	47H2	-1442,73	-0,00324	0,20	0,0162	0,004245	0,020435	BHB		
S3	48H1	267,645	0,011964	0,125	0,0957	0,007081	0,102793	GB	GB	
S3	48H2	274,362	-0,01114	0,125	0,0891	0,007081	0,096177	GB		
S4	49H1	-139,522	0,022926	0,325	0,0705	0,002842	0,073384	GB	GB	
S4	49H2	-131,079	-0,02365	0,325	0,0728	0,002842	0,075608	GB		
S5	50H1	-335,36	0,01084	0,40	0,0271	0,002264	0,029364	BHB	IHB	
S5	50H2	-317,119	-0,0128	0,40	0,032	0,002264	0,034257	IHB		
S6	51H1	252,092	0,024468	0,125	0,1957	0,008497	0,204241	GB	GB	
S6	51H2	253,267	-0,02321	0,125	0,1857	0,008497	0,194169	GB		
S7	52H1	-2794,26	0,010966	0,40	0,0274	0,002264	0,029679	BHB	IHB	
S7	52H2	-2785,66	-0,01678	0,40	0,042	0,002264	0,044219	IHB		
S8	53H1	-702,239	0,010213	0,125	0,0817	0,007283	0,088987	GB	GB	
S8	53H2	-701,758	0	0,125	0	0,007283	0,007283	MHB		
S9	54H1	-634,899	0,012326	0,125	0,0986	0,007081	0,105689	GB	GB	
S9	54H2	-624,296	-0,00736	0,125	0,0589	0,007081	0,065953	BHB		
S10	55H1	-858,371	0,01535	0,125	0,1228	0,007081	0,129881	GB	GB	
S10	55H2	-852,761	-0,00849	0,125	0,0679	0,007081	0,074993	BHB		
S11	56H1	-2635,29	0,010676	0,125	0,0854	0,007081	0,092489	GB	GB	
S11	56H2	-2636,74	-0,00674	0,125	0,0539	0,007081	0,060977	BHB		

Tablo A.2.(Devam) Güçlendirilmiş binanın Zemin, 1, 2, 3 ve 4 kat kolon hasar bölgeleri

S1	91H1	-237,974	0,018215	0,125	0,1457	0,007081	0,152801	GB	GB	2, KAT
S1	91H2	-231,137	-0,01948	0,125	0,1559	0,007081	0,162945	GB		
S2	92H1	-762,257	0,002448	0,20	0,0122	0,004245	0,016485	MHB	BHB	
S2	92H2	-747,587	-0,00359	0,20	0,0179	0,004245	0,02218	BHB		
S3	93H1	259,242	0,011327	0,125	0,0906	0,007081	0,097697	GB	GB	
S3	93H2	254,012	-0,0119	0,125	0,0952	0,007081	0,102313	GB		
S4	94H1	-114,27	0,022701	0,325	0,0698	0,002842	0,072691	GB	GB	
S4	94H2	-101,34	-0,02242	0,325	0,069	0,002842	0,071811	GB		
S5	95H1	-222,979	0,012993	0,40	0,0325	0,002264	0,034747	BHB	BHB	
S5	95H2	-202,978	-0,01281	0,40	0,032	0,002264	0,034287	BHB		
S6	96H1	189,147	0,022328	0,125	0,1786	0,008497	0,187121	GB	GB	
S6	96H2	195,348	-0,02236	0,125	0,1789	0,008497	0,187377	GB		
S7	97H1	-1540,26	0,015293	0,40	0,0382	0,002264	0,040497	IHB	GB	
S7	97H2	-1526,12	-0,01664	0,40	0,0416	0,002264	0,043864	GB		
S8	98H1	-555,157	0	0,125	0	0,007283	0,007283	MHB	BHB	
S8	98H2	-535,017	-0,00442	0,125	0,0353	0,007283	0,042619	BHB		
S9	99H1	-484,998	0,003415	0,125	0,0273	0,007081	0,034401	BHB	IHB	
S9	99H2	-474,395	-0,00741	0,125	0,0593	0,007081	0,066369	IHB		
S10	100H1	-705,779	0,008126	0,125	0,065	0,007081	0,072089	BHB	GB	
S10	100H2	-695,175	-0,01282	0,125	0,1025	0,007081	0,109625	GB		
S11	101H1	-1659,81	0,004523	0,125	0,0362	0,007081	0,043265	BHB	BHB	
S11	101H2	-1635,44	-0,00556	0,125	0,0445	0,007081	0,051561	BHB		

Tablo A.2.(Devam) Güçlendirilmiş binanın Zemin, 1, 2, 3 ve 4 kat kolon hasar bölgeleri

S1	136H1	-194,706	0,012562	0,125	0,1005	0,007081	0,107577	BHB	IHB	3, KAT
S1	136H2	-185,568	-0,01367	0,125	0,1094	0,007081	0,116449	IHB		
S2	137H1	-348,694	0,000031	0,20	0,0002	0,004245	0,0044	MHB	MHB	
S2	137H2	-340,211	-0,0017	0,20	0,0085	0,004245	0,012755	MHB		
S3	138H1	228,454	0,006675	0,125	0,0534	0,007081	0,060481	BHB	GB	
S3	138H2	238,712	-0,00715	0,125	0,0572	0,007081	0,064241	GB		
S4	139H1	-65,549	0,016023	0,325	0,0493	0,002842	0,052144	IHB	IHB	
S4	139H2	-53,333	-0,01592	0,325	0,049	0,002842	0,051827	IHB		
S5	140H1	-140,045	0,007455	0,40	0,0186	0,002264	0,020902	BHB	BHB	
S5	140H2	-126,339	-0,00738	0,40	0,0184	0,002264	0,020702	BHB		
S6	141H1	118,107	0,015486	0,125	0,1239	0,008497	0,132385	IHB	IHB	
S6	141H2	126,009	-0,01545	0,125	0,1236	0,008497	0,132081	IHB		
S7	142H1	-772,365	0,011485	0,40	0,0287	0,002264	0,030977	BHB	GB	
S7	142H2	-758,227	-0,01135	0,40	0,0284	0,002264	0,030637	GB		
S8	143H1	-399,196	0	0,125	0	0,007283	0,007283	MHB	MHB	
S8	143H2	-387,491	-0,00262	0,125	0,0209	0,007283	0,028211	MHB		
S9	144H1	-327,791	0,003955	0,125	0,0316	0,007081	0,038721	BHB	BHB	
S9	144H2	-314,941	-0,00817	0,125	0,0654	0,007081	0,072449	BHB		
S10	145H1	-418,907	0,005685	0,125	0,0455	0,007081	0,052561	BHB	GB	
S10	145H2	-404,714	-0,00968	0,125	0,0774	0,007081	0,084513	GB		
S11	146H1	-802,762	0	0,125	0	0,007081	0,007081	MHB	MHB	
S11	146H2	-792,159	-0,00066	0,125	0,0053	0,007081	0,012337	MHB		

Tablo A.2.(Devam) Güçlendirilmiş binanın Zemin, 1, 2, 3 ve 4 kat kolon hasar bölgeleri

S1	181H1	-123,596	0,010516	0,125	0,0841	0,007081	0,091209	BHB	BHB	4, KAT
S1	181H2	-114,616	-0,01237	0,125	0,099	0,007081	0,106041	BHB		
S2	182H1	-99,619	0,000145	0,20	0,0007	0,004245	0,00497	MHB	MHB	
S2	182H2	-91,136	-0,00292	0,20	0,0146	0,004245	0,01884	MHB		
S3	183H1	85,184	0,004001	0,125	0,032	0,007081	0,039089	BHB	BHB	
S3	183H2	93,059	-0,00445	0,125	0,0356	0,007081	0,042673	BHB		
S4	184H1	-11,894	0,012742	0,325	0,0392	0,002842	0,042048	BHB	BHB	
S4	184H2	-0,91	-0,01275	0,325	0,0392	0,002842	0,042064	BHB		
S5	185H1	-55,655	0,004794	0,40	0,012	0,002264	0,014249	MHB	BHB	
S5	185H2	-41,18	-0,00566	0,40	0,0142	0,002264	0,016424	BHB		
S6	186H1	27,39	0,01174	0,125	0,0939	0,008497	0,102417	BHB	BHB	
S6	186H2	35,987	-0,01252	0,125	0,1001	0,008497	0,108617	BHB		
S7	187H1	-326,436	0,008476	0,40	0,0212	0,002264	0,023454	BHB	BHB	
S7	187H2	-312,298	-0,0093	0,40	0,0233	0,002264	0,025519	BHB		
S8	188H1	-234,867	0,000387	0,125	0,0031	0,007283	0,010379	MHB	MHB	
S8	188H2	-223,203	-0,00465	0,125	0,0372	0,007283	0,044467	MHB		
S9	189H1	-163,957	0,00432	0,125	0,0346	0,007081	0,041641	MHB	BHB	
S9	189H2	-153,354	-0,00661	0,125	0,0529	0,007081	0,059985	BHB		
S10	190H1	-36,515	0,007409	0,125	0,0593	0,007081	0,066353	GB	GB	
S10	190H2	-25,544	-0,01012	0,125	0,081	0,007081	0,088049	GB		
S11	191H1	-223,876	0	0,125	0	0,007081	0,007081	MHB	MHB	
S11	191H2	-213,273	-0,0016	0,125	0,0128	0,007081	0,019905	MHB		

Tablo A.3. Çelik çapraz elemanlarla güçlendirilmiş binanın Zemin, 1, 2, 3 ve 4 kat kolon hasar bölgeleri

KOLON ADI	MAFSAL ADI	P (Kn)	RADYAN θ	Lp (m)	Φp (1/m)	Φy (1/m)	Φt (1/m)	KESİT HASAR BÖLGESİ	ELEMAN HASAR DURUMU	
S1	1H1	-330,136	0	0,125	0	0,007081	0,007081	MHB	MHB	ZEMİN KAT
S1	1H2	-304,158	0	0,125	0	0,007081	0,007081	MHB		
S2	2H1	256,271	0	0,20	0	0,004245	0,004245	MHB	MHB	
S2	2H2	281,012	0	0,20	0	0,004245	0,004245	MHB		
S3	3H1	-1917,28	0	0,125	0	0,007081	0,007081	MHB	MHB	
S3	3H2	-1891,3	0	0,125	0	0,007081	0,007081	MHB		
S4	4H1	-223,23	0	0,325	0	0,002842	0,002842	MHB	MHB	
S4	4H2	-209,829	0	0,325	0	0,002842	0,002842	MHB		
S5	5H1	-1342,76	0	0,40	0	0,002264	0,002264	MHB	MHB	
S5	5H2	-1305,64	0	0,40	0	0,002264	0,002264	MHB		
S6	6H1	147,981	0,001109	0,125	0,00887	0,008497	0,017369	MHB	MHB	
S6	6H2	153,631	-0,00159	0,125	0,01268	0,008497	0,021177	MHB		
S7	7H1	-1223,08	0	0,40	0	0,002264	0,002264	MHB	MHB	
S7	7H2	-1185,97	0	0,40	0	0,002264	0,002264	MHB		
S8	8H1	-1274,13	0	0,125	0	0,007283	0,007283	MHB	MHB	
S8	8H2	-1242,59	0	0,125	0	0,007283	0,007283	MHB		
S9	9H1	215,447	0,00208	0,125	0,01664	0,007081	0,023721	MHB	MHB	
S9	9H2	221,968	-0,00247	0,125	0,01979	0,007081	0,026873	MHB		
S10	10H1	-244,054	0,000308	0,125	0,00246	0,007081	0,009545	MHB	MHB	
S10	10H2	-231,921	0	0,125	0	0,007081	0,007081	MHB		
S11	11H1	-1493,07	0	0,125	0	0,007081	0,007081	MHB	MHB	
S11	11H2	-1480,7	0	0,125	0	0,007081	0,007081	MHB		

Tablo A.3.(Devam) Çelik çapraz elemanlarla güçlendirilmiş binanın Zemin, 1, 2, 3 ve 4 kat kolon hasar bölgeleri

S1	46H1	-270,95	0,00612	0,125	0,04896	0,007081	0,056041	BHB	BHB	1,KAT
S1	46H2	-260,771	-0,00446	0,125	0,03569	0,007081	0,042769	MHB		
S2	47H1	-185,415	0,006986	0,20	0,03493	0,004245	0,039175	BHB	BHB	
S2	47H2	-181,966	-0,00512	0,20	0,0256	0,004245	0,02984	BHB		
S3	48H1	-1492,1	0,005792	0,125	0,04634	0,007081	0,053417	BHB	BHB	
S3	48H2	-1514,88	-0,00181	0,125	0,01444	0,007081	0,021521	MHB		
S4	49H1	-124,629	0,008428	0,325	0,02593	0,002842	0,028774	BHB	BHB	
S4	49H2	-138,107	-0,00236	0,325	0,00727	0,002842	0,01011	MHB		
S5	50H1	-1108,41	0,008648	0,40	0,02162	0,002264	0,023884	BHB	BHB	
S5	50H2	-1094,27	-0,00119	0,40	0,00298	0,002264	0,005247	MHB		
S6	51H1	148,591	0,014636	0,125	0,11709	0,008497	0,125585	BHB	BHB	
S6	51H2	153,228	-0,01529	0,125	0,12232	0,008497	0,130817	BHB		
S7	52H1	-808,322	0,01066	0,40	0,02665	0,002264	0,028914	BHB	BHB	
S7	52H2	-931,669	-0,0031	0,40	0,00776	0,002264	0,010019	MHB		
S8	53H1	-1091,23	0,009348	0,125	0,07478	0,007283	0,082067	BHB	BHB	
S8	53H2	-1079,75	-0,0033	0,125	0,02642	0,007283	0,033699	MHB		
S9	54H1	199,748	0,018368	0,125	0,14694	0,007081	0,154025	IHB	IHB	
S9	54H2	204,836	-0,01872	0,125	0,14975	0,007081	0,156833	IHB		
S10	55H1	-434,96	0,01472	0,125	0,11776	0,007081	0,124841	BHB	BHB	
S10	55H2	-421,079	-0,01348	0,125	0,10782	0,007081	0,114905	BHB		
S11	56H1	-1237,82	0,014863	0,125	0,1189	0,007081	0,125985	GB	GB	
S11	56H2	-1228,16	-0,01428	0,125	0,11424	0,007081	0,121321	GB		

Tablo A.3.(Devam) Çelik çapraz elemanlarla güçlendirilmiş binanın Zemin, 1, 2, 3 ve 4 kat kolon hasar bölgeleri

S1	91H1	-240,512	0,003146	0,125	0,02517	0,007081	0,032249	MHB	MHB	2, KAT
S1	91H2	-229,463	-0,00491	0,125	0,03926	0,007081	0,046337	MHB		
S2	92H1	-343,196	0,003419	0,20	0,0171	0,004245	0,02134	MHB	MHB	
S2	92H2	-334,713	-0,0033	0,20	0,01649	0,004245	0,020735	MHB		
S3	93H1	-990,699	0	0,125	0	0,007081	0,007081	MHB	MHB	
S3	93H2	-981,311	-0,00088	0,125	0,00702	0,007081	0,014097	MHB		
S4	94H1	-160,766	0	0,325	0	0,002842	0,002842	MHB	MHB	
S4	94H2	-141,568	-0,00339	0,325	0,01044	0,002842	0,013285	MHB		
S5	95H1	-826,868	0	0,40	0	0,002264	0,002264	MHB	MHB	
S5	95H2	-812,73	-0,00183	0,40	0,00457	0,002264	0,006837	MHB		
S6	96H1	79,873	0,011117	0,125	0,08894	0,008497	0,097433	BHB	BHB	
S6	96H2	85,597	-0,01052	0,125	0,08415	0,008497	0,092649	BHB		
S7	97H1	-700,285	0	0,40	0	0,002264	0,002264	MHB	MHB	
S7	97H2	-677,103	-0,0041	0,40	0,01026	0,002264	0,012519	MHB		
S8	98H1	-770,39	0	0,125	0	0,007283	0,007283	MHB	MHB	
S8	98H2	-758,903	-0,00255	0,125	0,02042	0,007283	0,027699	MHB		
S9	99H1	143,848	0,012977	0,125	0,10382	0,007081	0,110897	BHB	BHB	
S9	99H2	150,704	-0,01297	0,125	0,10378	0,007081	0,110857	BHB		
S10	100H1	-460,899	0,007431	0,125	0,05945	0,007081	0,066529	BHB	BHB	
S10	100H2	-454,987	-0,00743	0,125	0,05942	0,007081	0,066497	BHB		
S11	101H1	-886,362	0,008358	0,125	0,06686	0,007081	0,073945	BHB	BHB	
S11	101H2	-875,758	-0,01065	0,125	0,08516	0,007081	0,092241	BHB		

Tablo A.3.(Devam) Çelik çapraz elemanlarla güçlendirilmiş binanın Zemin, 1, 2, 3 ve 4 kat kolon hasar bölgeleri

S1	136H1	-183,681	0,001359	0,125	0,01087	0,007081	0,017953	MHB	MHB	3, KAT
S1	136H2	-173,284	-0,00238	0,125	0,01901	0,007081	0,026089	MHB		
S2	137H1	-259,682	0	0,20	0	0,004245	0,004245	MHB	MHB	
S2	137H2	-251,199	-0,0005	0,20	0,0025	0,004245	0,00674	MHB		
S3	138H1	-492,618	0	0,125	0	0,007081	0,007081	MHB	MHB	
S3	138H2	-483,782	0	0,125	0	0,007081	0,007081	MHB		
S4	139H1	-132,773	0	0,325	0	0,002842	0,002842	MHB	MHB	
S4	139H2	-120,237	-0,00063	0,325	0,00195	0,002842	0,00479	MHB		
S5	140H1	-520,152	0	0,40	0	0,002264	0,002264	MHB	MHB	
S5	140H2	-506,015	0	0,40	0	0,002264	0,002264	MHB		
S6	141H1	17,22	0,004145	0,125	0,03316	0,008497	0,041657	MHB	MHB	
S6	141H2	23,826	-0,00391	0,125	0,0313	0,008497	0,039801	MHB		
S7	142H1	-452,473	0	0,40	0	0,002264	0,002264	MHB	MHB	
S7	142H2	-438,335	-0,00051	0,40	0,00128	0,002264	0,003539	MHB		
S8	143H1	-398,389	0	0,125	0	0,007283	0,007283	MHB	MHB	
S8	143H2	-386,902	0	0,125	0	0,007283	0,007283	MHB		
S9	144H1	77,165	0,004773	0,125	0,03818	0,007081	0,045265	MHB	MHB	
S9	144H2	86,3	-0,00462	0,125	0,03698	0,007081	0,044065	MHB		
S10	145H1	-435,765	0	0,125	0	0,007081	0,007081	MHB	MHB	
S10	145H2	-425,162	0	0,125	0	0,007081	0,007081	MHB		
S11	146H1	-537,797	0,002536	0,125	0,02029	0,007081	0,027369	MHB	MHB	
S11	146H2	-527,194	-0,00371	0,125	0,0297	0,007081	0,036777	MHB		

Tablo A.3.(Devam) Çelik çapraz elemanlarla güçlendirilmiş binanın Zemin, 1, 2, 3 ve 4 kat kolon hasar bölgeleri

S1	181H1	-95,79	0,000178	0,125	0,00142	0,007081	0,008505	MHB	MHB	4, KAT
S1	181H2	-86,954	-0,00072	0,125	0,00579	0,007081	0,012873	MHB		
S2	182H1	-113,569	0	0,20	0	0,004245	0,004245	MHB	MHB	
S2	182H2	-105,086	0	0,20	0	0,004245	0,004245	MHB		
S3	183H1	-172,52	0	0,125	0	0,007081	0,007081	MHB	MHB	
S3	183H2	-163,684	0	0,125	0	0,007081	0,007081	MHB		
S4	184H1	-84,898	0	0,325	0	0,002842	0,002842	MHB	MHB	
S4	184H2	-73,411	0	0,325	0	0,002842	0,002842	MHB		
S5	185H1	-246,804	0	0,40	0	0,002264	0,002264	MHB	MHB	
S5	185H2	-232,666	0	0,40	0	0,002264	0,002264	MHB		
S6	186H1	-33,004	0,000716	0,125	0,00573	0,008497	0,014225	MHB	MHB	
S6	186H2	-24,553	-0,00061	0,125	0,00489	0,008497	0,013385	MHB		
S7	187H1	-202,678	0	0,40	0	0,002264	0,002264	MHB	MHB	
S7	187H2	-188,54	0	0,40	0	0,002264	0,002264	MHB		
S8	188H1	-157,93	0	0,125	0	0,007283	0,007283	MHB	MHB	
S8	188H2	-146,443	0	0,125	0	0,007283	0,007283	MHB		
S9	189H1	12,848	0,001053	0,125	0,00842	0,007081	0,015505	MHB	MHB	
S9	189H2	23,297	-0,001	0,125	0,00802	0,007081	0,015105	MHB		
S10	190H1	-175,267	0	0,125	0	0,007081	0,007081	MHB	MHB	
S10	190H2	-164,664	0	0,125	0	0,007081	0,007081	MHB		
S11	191H1	-207,959	0,00099	0,125	0,00792	0,007081	0,015001	MHB	MHB	
S11	191H2	-197,356	-0,00046	0,125	0,00366	0,007081	0,010745	MHB		

EK-B

Tablo B.1. Mevcut binanın zemin, 1, 2, 3 ve 4 kat kirişlerinin hasar bölgeleri

Mafsal Adı	θp	Lp	Φp	Φy	Φt	Kesit Hasar Bölgesi(εc,εs)		
12H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	ZEMİN KAT
12H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
13H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
13H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
14H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
14H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
15H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
15H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
16H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
16H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
17H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
17H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
18H1	0,002411	0,3	0,00804	0,00385	0,01189	MHB	MHB	
18H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
19H1	-0,00173	0,3	0,00577	0,00385	0,00962	MHB	MHB	
19H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
20H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
20H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
21H1	0,004314	0,3	0,01438	0,00385	0,01823	MHB	MHB	
21H2	0,000747	0,3	0,00249	0,00385	0,00634	MHB		
22H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
22H2	-0,00884	0,3	0,02945	0,00385	0,0333	MHB		
23H1	0,000015	0,3	0,00005	0,00385	0,0039	MHB	MHB	
23H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
24H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
24H2	0,001916	0,3	0,00639	0,00385	0,01024	MHB		
25H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
25H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
26H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
26H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
27H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
27H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
28H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
28H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
29H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
29H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
30H1	0,001093	0,3	0,00364	0,00385	0,00749	MHB	MHB	
30H2	0,000201	0,3	0,00067	0,00385	0,00452	MHB		

Tablo B.1. Mevcut binanın zemin, 1, 2, 3 ve 4 kat kirişlerinin hasar bölgeleri

31H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	ZEMİN KAT
31H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
32H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	BHB	
32H2	-0,01422	0,3	0,04738	0,00385	0,05123	BHB		
33H1	-0,00626	0,3	0,02087	0,00385	0,02472	MHB	MHB	
33H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
34H1	0,004697	0,3	0,01566	0,00385	0,01951	MHB	MHB	
34H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
35H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
35H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
36H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
36H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
37H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
37H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
38H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
38H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
39H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
39H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
40H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
40H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
41H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
41H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
42H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
42H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
43H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
43H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
44H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
44H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
45H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
45H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		

Tablo B.1.(Devam) Mevcut binanın zemin, 1, 2, 3 ve 4 kat kirişlerinin hasar bölgeleri

57H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	1. KAT
57H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
58H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
58H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
59H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
59H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
60H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
60H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
61H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
61H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
62H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
62H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
63H1	0,001088	0,3	0,00363	0,00385	0,00748	MHB	MHB	
63H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
64H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
64H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
65H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
65H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
66H1	0,002183	0,3	0,00728	0,00385	0,01113	MHB	MHB	
66H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
67H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
67H2	-0,00519	0,3	0,01731	0,00385	0,02116	MHB		
68H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
68H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
69H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
69H2	0,000799	0,3	0,00266	0,00385	0,00651	MHB		
70H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
70H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
71H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
71H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
72H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
72H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
73H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
73H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
74H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
74H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
75H1	0,00019	0,3	0,00063	0,00385	0,00448	MHB	MHB	
75H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
76H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
76H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		

Tablo B.1.(Devam) Mevcut binanın zemin, 1, 2, 3 ve 4 kat kirişlerinin hasar bölgeleri

77H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	1. KAT
77H2	-0,00953	0,3	0,03176	0,00385	0,03561	MHB		
78H1	-0,00397	0,3	0,01322	0,00385	0,01707	MHB	MHB	
78H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
79H1	0,002082	0,3	0,00694	0,00385	0,01079	MHB	MHB	
79H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
80H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
80H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
81H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
81H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
82H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
82H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
83H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
83H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
84H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
84H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
85H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
85H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
86H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
86H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
87H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
87H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
88H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
88H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
89H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
89H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
90H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
90H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		

Tablo B.1.(Devam) Mevcut binanın zemin, 1, 2, 3 ve 4 kat kirişlerinin hasar bölgeleri

102H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	2. KAT
102H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
103H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
103H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
104H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
104H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
105H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
105H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
106H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
106H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
107H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
107H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
108H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
108H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
109H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
109H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
110H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
110H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
111H1	0,000309	0,3	0,00103	0,00385	0,00488	MHB	MHB	
111H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
112H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
112H2	-0,00259	0,3	0,00864	0,00385	0,01249	MHB		
113H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
113H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
114H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
114H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
115H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
115H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
116H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
116H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
117H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
117H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
118H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
118H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
119H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
119H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
120H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
120H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
121H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
121H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		

Tablo B.1.(Devam) Mevcut binanın zemin, 1, 2, 3 ve 4 kat kirişlerinin hasar bölgeleri

122H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	2. KAT
122H2	-0,00402	0,3	0,0134	0,00385	0,01725	MHB		
123H1	-0,0019	0,3	0,00634	0,00385	0,01019	MHB	MHB	
123H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
124H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
124H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
125H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
125H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
126H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
126H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
127H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
127H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
128H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
128H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
129H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
129H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
130H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
130H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
131H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
131H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
132H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
132H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
133H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
133H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
134H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
134H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
135H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
135H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		

Tablo B.1.(Devam) Mevcut binanın zemin, 1, 2, 3 ve 4 kat kirişlerinin hasar bölgeleri

147H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	3. KAT
147H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
148H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
148H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
149H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
149H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
150H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
150H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
151H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
151H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
152H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
152H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
153H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
153H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
154H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
154H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
155H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
155H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
156H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
156H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
157H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
157H2	0	0,3	0	0,00385	0,00386	MHB		
158H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
158H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
159H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
159H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
160H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
160H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
161H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
161H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
162H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
162H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
163H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
163H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
164H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
164H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
165H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
165H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
166H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
166H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		

Tablo B.1.(Devam) Mevcut binanın zemin, 1, 2, 3 ve 4 kat kirişlerinin hasar bölgeleri

167H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	3. KAT
167H2	0	0,3	0,00026	0,00385	0,00411	MHB		
168H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
168H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
169H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
169H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
170H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
170H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
171H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
171H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
172H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
172H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
173H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
173H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
174H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
174H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
175H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
175H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
176H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
176H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
177H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
177H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
178H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
178H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
179H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
179H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
180H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
180H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		

Tablo B.1.(Devam) Mevcut binanın zemin, 1, 2, 3 ve 4 kat kirişlerinin hasar bölgeleri

192H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	4. KAT
192H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
193H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
193H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
194H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
194H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
195H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
195H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
196H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
196H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
197H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
197H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
198H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
198H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
199H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
199H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
200H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
200H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
201H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
201H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
202H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
202H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
203H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
203H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
204H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
204H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
205H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
205H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
206H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
206H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
207H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
207H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
208H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
208H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
209H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
209H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
210H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
210H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
211H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
211H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		

Tablo B.1.(Devam) Mevcut binanın zemin, 1, 2, 3 ve 4 kat kirişlerinin hasar bölgeleri

212H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	4. KAT
212H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
213H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
213H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
214H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
214H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
215H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
215H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
216H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
216H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
217H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
217H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
218H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
218H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
219H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
219H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
220H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
220H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
221H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
221H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
222H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
222H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
223H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
223H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
224H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
224H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
225H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
225H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		

Tablo B.2. Güçlendirilmiş binanın zemin, 1, 2, 3 ve 4 kat kirişlerinin hasar bölgeleri

Mafsal Adı	θp	Lp	Φp	Φy	Φt	Kesit Hasar Bölgesi(εc,εs)		
12H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	ZEMİN KAT
12H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
13H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
13H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
14H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
14H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
15H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
15H2	0,001224	0,3	0,00408	0,00385	0,00793	MHB		
16H1	-0,001022	0,3	0,0034067	0,00385	0,007257	MHB	MHB	
16H2	0,002093	0,3	0,0069767	0,00385	0,010827	MHB		
17H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
17H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
18H1	0,007801	0,3	0,0260033	0,00385	0,029853	MHB	MHB	
18H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
19H1	0,002094	0,3	0,00698	0,00385	0,01083	MHB	MHB	
19H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
20H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
20H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
21H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
21H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
22H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
22H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
23H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
23H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
24H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
24H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
25H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
25H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
26H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
26H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
27H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
27H2	-0,006547	0,3	0,0218233	0,00385	0,025673	MHB		
28H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
28H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
29H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
29H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
30H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
30H2	-0,002786	0,3	0,0092867	0,00385	0,013137	MHB		

Tablo B.2.(Devam) Güçlendirilmiş binanın zemin, 1, 2, 3 ve 4 kat kirişlerinin hasar bölgeleri

31H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	ZEMİN KAT
31H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
32H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
32H2	-0,002509	0,3	0,0083633	0,00385	0,012213	MHB		
33H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
33H2	0,001374	0,3	0,00458	0,00385	0,00843	MHB		
34H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
34H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
35H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
35H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
36H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
36H2	-0,003324	0,3	0,01108	0,00385	0,01493	MHB		
37H1	0,006085	0,3	0,0202833	0,00385	0,024133	MHB	MHB	
37H2	-0,004385	0,3	0,0146167	0,00385	0,018467	MHB		
38H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
38H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
39H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
39H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
40H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
40H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
41H1	0,002634	0,3	0,00878	0,00385	0,01263	MHB	MHB	
41H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
42H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
42H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
43H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
43H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
44H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
44H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
45H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
45H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		

Tablo B.2.(Devam) Güçlendirilmiş binanın zemin, 1, 2, 3 ve 4 kat kirişlerinin hasar bölgeleri

57H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	1. KAT
57H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
58H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
58H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
59H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
59H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
60H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
60H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
61H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
61H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
62H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
62H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
63H1	0,007702	0,3	0,0256733	0,00385	0,029523	MHB	MHB	
63H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
64H1	0,001197	0,3	0,00399	0,00385	0,00784	MHB	MHB	
64H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
65H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
65H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
66H1	0,001801	0,3	0,0060033	0,00385	0,009853	MHB	MHB	
66H2	-0,002361	0,3	0,00787	0,00385	0,01172	MHB		
67H1	-0,003169	0,3	0,0105633	0,00385	0,014413	MHB	MHB	
67H2	0,003664	0,3	0,0122133	0,00385	0,016063	MHB		
68H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
68H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
69H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
69H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
70H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
70H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
71H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
71H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
72H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
72H2	-0,011501	0,3	0,0383367	0,00385	0,042187	MHB		
73H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
73H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
74H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
74H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
75H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	BHB	
75H2	-0,013678	0,3	0,0455933	0,00385	0,049443	BHB		
76H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
76H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		

Tablo B.2.(Devam) Güçlendirilmiş binanın zemin, 1, 2, 3 ve 4 kat kirişlerinin hasar bölgeleri

77H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	1. KAT
77H2	-0,000356	0,3	0,0011867	0,00385	0,005037	MHB		
78H1	0,012299	0,3	0,0409967	0,00385	0,044847	BHB	BHB	
78H2	0,001327	0,3	0,0044233	0,00385	0,008273	MHB		
79H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
79H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
80H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
80H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
81H1	0,000223	0,3	0,0007433	0,00385	0,004593	MHB	BHB	
81H2	-0,014432	0,3	0,0481067	0,00385	0,051957	BHB		
82H1	0,00789	0,3	0,0263	0,00385	0,03015	MHB	BHB	
82H2	-0,013829	0,3	0,0460967	0,00385	0,049947	BHB		
83H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
83H2	-0,007338	0,3	0,02446	0,00385	0,02831	MHB		
84H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
84H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
85H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
85H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
86H1	0,004756	0,3	0,0158533	0,00385	0,019703	MHB	MHB	
86H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
87H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
87H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
88H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
88H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
89H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
89H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
90H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
90H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		

Tablo B.2.(Devam) Güçlendirilmiş binanın zemin, 1, 2, 3 ve 4 kat kirişlerinin hasar bölgeleri

102H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	2. KAT
102H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
103H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
103H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
104H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
104H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
105H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
105H2	0,000019	0,3	6.333E-05	0,00385	0,003913	MHB		
106H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
106H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
107H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
107H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
108H1	0,005885	0,3	0,0196167	0,00385	0,023467	MHB	MHB	
108H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
109H1	0,000574	0,3	0,0019133	0,00385	0,005763	MHB	MHB	
109H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
110H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
110H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
111H1	0,000611	0,3	0,0020367	0,00385	0,005887	MHB	MHB	
111H2	-0,001132	0,3	0,0037733	0,00385	0,007623	MHB		
112H1	-0,001348	0,3	0,0044933	0,00385	0,008343	MHB	MHB	
112H2	0,002816	0,3	0,0093867	0,00385	0,013237	MHB		
113H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
113H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
114H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
114H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
115H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
115H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
116H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
116H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
117H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
117H2	-0,006204	0,3	0,02068	0,00385	0,02453	MHB		
118H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
118H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
119H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
119H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
120H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
120H2	-0,010896	0,3	0,03632	0,00385	0,04017	MHB		
121H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
121H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		

Tablo B.2.(Devam) Güçlendirilmiş binanın zemin, 1, 2, 3 ve 4 kat kirişlerinin hasar bölgeleri

122H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	2. KAT
122H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
123H1	0,009337	0,3	0,0311233	0,00385	0,034973	MHB	MHB	
123H2	0,001446	0,3	0,00482	0,00385	0,00867	MHB		
124H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
124H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
125H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
125H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
126H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	BHB	
126H2	-0,011905	0,3	0,0396833	0,00385	0,043533	BHB		
127H1	0,006806	0,3	0,0226867	0,00385	0,026537	MHB	BHB	
127H2	-0,011369	0,3	0,0378967	0,00385	0,041747	BHB		
128H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
128H2	-0,006685	0,3	0,0222833	0,00385	0,026133	MHB		
129H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
129H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
130H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
130H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
131H1	0,004869	0,3	0,01623	0,00385	0,02008	MHB	MHB	
131H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
132H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
132H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
133H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
133H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
134H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
134H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
135H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
135H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		

Tablo B.2.(Devam) Güçlendirilmiş binanın zemin, 1, 2, 3 ve 4 kat kirişlerinin hasar bölgeleri

147H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	3. KAT
147H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
148H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
148H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
149H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
149H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
150H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
150H2	0,000203	0,3	0,0006767	0,00385	0,004527	MHB		
151H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
151H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
152H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
152H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
153H1	0,002556	0,3	0,00852	0,00385	0,01237	MHB	MHB	
153H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
154H1	5.945E-11	0,3	1.982E-10	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
154H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
155H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
155H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
156H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
156H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
157H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
157H2	0,001176	0,3	0,00392	0,00385	0,00777	MHB		
158H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
158H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
159H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
159H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
160H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
160H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
161H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
161H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
162H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
162H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
163H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
163H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
164H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
164H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
165H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
165H2	-0,005576	0,3	0,0185867	0,00385	0,022437	MHB		
166H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
166H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		

Tablo B.2.(Devam) Güçlendirilmiş binanın zemin, 1, 2, 3 ve 4 kat kirişlerinin hasar bölgeleri

167H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	3. KAT
167H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
168H1	0,003356	0,3	0,0111867	0,00385	0,015037	MHB	MHB	
168H2	0,001406	0,3	0,0046867	0,00385	0,008537	MHB		
169H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
169H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
170H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
170H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
171H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
171H2	-0,006166	0,3	0,0205533	0,00385	0,024403	MHB		
172H1	0,004008	0,3	0,01336	0,00385	0,01721	MHB	MHB	
172H2	-0,00611	0,3	0,0203667	0,00385	0,024217	MHB		
173H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
173H2	-0,003096	0,3	0,01032	0,00385	0,01417	MHB		
174H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
174H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
175H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
175H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
176H1	0,004251	0,3	0,01417	0,00385	0,01802	MHB	MHB	
176H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
177H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
177H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
178H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
178H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
179H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
179H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
180H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
180H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		

Tablo B.2.(Devam) Güçlendirilmiş binanın zemin, 1, 2, 3 ve 4 kat kirişlerinin hasar bölgeleri

192H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	4. KAT
192H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
193H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
193H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
194H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
194H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
195H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
195H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
196H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
196H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
197H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
197H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
198H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
198H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
199H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
199H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
200H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
200H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
201H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
201H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
202H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
202H2	0,00046	0,3	0,0015333	0,00385	0,005383	MHB		
203H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
203H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
204H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
204H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
205H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
205H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
206H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
206H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
207H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
207H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
208H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
208H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
209H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
209H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
210H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
210H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
211H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
211H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		

Tablo B.2.(Devam) Güçlendirilmiş binanın zemin, 1, 2, 3 ve 4 kat kirişlerinin hasar bölgeleri

212H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	4. KAT
212H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
213H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
213H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
214H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
214H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
215H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
215H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
216H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
216H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
217H1	0,002066	0,3	0,0068867	0,00385	0,010737	MHB	MHB	
217H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
218H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
218H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
219H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
219H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
220H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
220H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
221H1	0,003424	0,3	0,0114133	0,00385	0,015263	MHB	MHB	
221H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
222H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
222H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
223H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
223H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
224H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
224H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
225H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
225H2	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		

Tablo B.3. Çelik çapraz elemanlarla güçlendirilmiş binanın zemin, 1, 2, 3 ve 4 kat kirişlerinin hasar bölgeleri

Mafsal Adı	θp	Lp	Φp	Φy	Φt	Kesit Hasar Bölgesi(εc,εs)		
226H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	ZEMİN KAT
229H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
230H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
233H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
234H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
237H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
238H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
241H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
242H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
245H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
246H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
249H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
250H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
253H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
254H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
257H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
258H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
261H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
262H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
265H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
266H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
269H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
270H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
273H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
274H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
277H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
278H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
281H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
282H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
285H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
286H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
289H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
290H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
293H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
294H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
297H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
298H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
301H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
302H1	0,000374	0,3	0,0012467	0,00385	0,005097	MHB	MHB	

Tablo B.3.(Devam) Çelik çapraz elemanlarla güçlendirilmiş binanın zemin, 1, 2, 3 ve 4 kat kirişlerinin hasar bölgeleri

305H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		ZEMİN KAT
306H1	0,000019	0,3	6,333E-05	0,00385	0,003913	MHB	MHB	
309H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
310H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
313H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
314H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
317H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
318H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
321H1	-0,00067	0,3	0,0022467	0,00385	0,006097	MHB		
322H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
325H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
326H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
329H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
330H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
333H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
334H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
337H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
338H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
341H1	-0,00058	0,3	0,00193	0,00385	0,00578	MHB		
342H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
345H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
346H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
349H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
350H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
353H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
354H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
357H1	-0,00011	0,3	0,0003667	0,00385	0,004217	MHB		
358H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
361H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		

Tablo B.3.(Devam) Çelik çapraz elemanlarla güçlendirilmiş binanın zemin, 1, 2, 3 ve 4 kat kirişlerinin hasar bölgeleri

362H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	1. KAT
365H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
366H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
369H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
370H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
373H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
374H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
377H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
378H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
381H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
382H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
385H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
386H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
389H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
390H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
393H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
394H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	BHB	
397H1	0,002113	0,3	0,0070433	0,00385	0,010893	BHB		
398H1	0,001289	0,3	0,0042967	0,00385	0,008147	BHB	BHB	
401H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
402H1	-0,00261	0,3	0,0087133	0,00385	0,012563	BHB	BHB	
405H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
406H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
409H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
410H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
413H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
414H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
417H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
418H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
421H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
422H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
425H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
426H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
429H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
430H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
433H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
434H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
437H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
438H1	0,003111	0,3	0,01037	0,00385	0,01422	BHB	BHB	
441H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		

Tablo B.3.(Devam) Çelik çapraz elemanlarla güçlendirilmiş binanın zemin, 1, 2, 3 ve 4 kat kirişlerinin hasar bölgeleri

442H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	GB	1. KAT
445H1	-0,0058	0,3	0,01933	0,00385	0,02318	GB		
446H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
449H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
450H1	0,005334	0,3	0,01778	0,00385	0,02163	IHB	IHB	
453H1	0,000379	0,3	0,0012633	0,00385	0,005113	MHB		
454H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	GB	
457H1	-0,00909	0,3	0,0303	0,00385	0,03415	GB		
458H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
461H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
462H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
465H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
466H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
469H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
470H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
473H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
474H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	GB	
477H1	-0,00785	0,3	0,0261767	0,00385	0,030027	GB		
478H1	0,001654	0,3	0,0055133	0,00385	0,009363	BHB	BHB	
481H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
482H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
485H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
486H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
489H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
490H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	BHB	
493H1	-0,00265	0,3	0,0088333	0,00385	0,012683	BHB		
494H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
497H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		

Tablo B.3.(Devam) Çelik çapraz elemanlarla güçlendirilmiş binanın zemin, 1, 2, 3 ve 4 kat kirişlerinin hasar bölgeleri

498H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	2. KAT
501H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
502H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
505H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
506H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
509H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
510H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
513H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
514H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
517H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
518H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
521H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
522H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
525H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
526H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
529H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
530H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
533H1	0,000237	0,3	0,00079	0,00385	0,00464	MHB		
534H1	0,000311	0,3	0,0010367	0,00385	0,004887	MHB	MHB	
537H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
538H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
541H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
542H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
545H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
546H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
549H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
550H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
553H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
554H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
557H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
558H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
561H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
562H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
565H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
566H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
569H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
570H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
573H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
574H1	0,001391	0,3	0,0046367	0,00385	0,008487	BHB	BHB	
577H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		

Tablo B.3.(Devam) Çelik çapraz elemanlarla güçlendirilmiş binanın zemin, 1, 2, 3 ve 4 kat kirişlerinin hasar bölgeleri

578H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	BHB	2. KAT
581H1	-0,00262	0,3	0,00873	0,00385	0,01258	BHB		
582H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
585H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
586H1	0,001993	0,3	0,0066433	0,00385	0,010493	BHB	BHB	
589H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
590H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	IHB	
593H1	-0,00486	0,3	0,0161967	0,00385	0,020047	IHB		
594H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
597H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
598H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
601H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
602H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
605H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
606H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
609H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
610H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	BHB	
613H1	-0,00282	0,3	0,0093867	0,00385	0,013237	BHB		
614H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
617H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
618H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
621H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
622H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
625H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
626H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	BHB	
629H1	-0,00114	0,3	0,0038067	0,00385	0,007657	BHB		
630H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
633H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		

Tablo B.3.(Devam) Çelik çapraz elemanlarla güçlendirilmiş binanın zemin, 1, 2, 3 ve 4 kat kirişlerinin hasar bölgeleri

634H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	3. KAT
637H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
638H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
641H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
642H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
645H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
646H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
649H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
650H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
653H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
654H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
657H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
658H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
661H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
662H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
665H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
666H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
669H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
670H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
673H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
674H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
677H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
678H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
681H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
682H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
685H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
686H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
689H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
690H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
693H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
694H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
697H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
698H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
701H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
702H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
705H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
706H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
709H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
710H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
713H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		

Tablo B.3.(Devam) Çelik çapraz elemanlarla güçlendirilmiş binanın zemin, 1, 2, 3 ve 4 kat kirişlerinin hasar bölgeleri

714H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	3. KAT
717H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
718H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
721H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
722H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
725H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
726H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	BHB	
729H1	-0,00147	0,3	0,0048833	0,00385	0,008733	BHB		
730H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
733H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
734H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
737H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
738H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
741H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
742H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
745H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
746H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
749H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
750H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
753H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
754H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
757H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
758H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
761H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
762H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
765H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
766H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
769H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		

Tablo B.3.(Devam) Çelik çapraz elemanlarla güçlendirilmiş binanın zemin, 1, 2, 3 ve 4 kat kirişlerinin hasar bölgeleri

770H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	4. KAT
773H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
774H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
777H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
778H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
781H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
782H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
785H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
786H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
789H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
790H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
793H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
794H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
797H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
798H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
801H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
802H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
805H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
806H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
809H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
810H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
813H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
814H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
817H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
818H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
821H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
822H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
825H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
826H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
829H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
830H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
833H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
834H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
837H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
838H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
841H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
842H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
845H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
846H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
849H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		

Tablo B.3.(Devam) Çelik çapraz elemanlarla güçlendirilmiş binanın zemin, 1, 2, 3 ve 4 kat kirişlerinin hasar bölgeleri

850H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	4. KAT
853H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
854H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
857H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
858H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
861H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
862H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
865H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
866H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
869H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
870H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
873H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
874H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
877H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
878H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
881H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
882H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
885H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
886H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
889H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
890H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
893H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
894H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
897H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
898H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
901H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		
902H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB	MHB	
905H1	0	0,3	0	0,00385	0,00385	MHB		

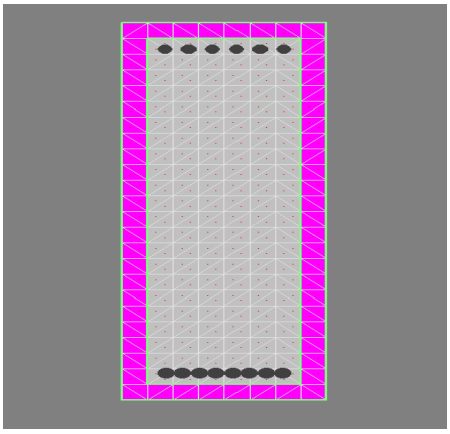
EK-C

Tablo C.1. Kolon geometrik özellikleri ve donatı tablosu

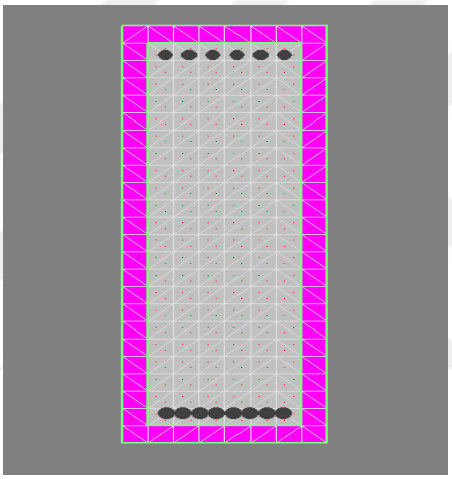
KOLON ADI	DONATI	X(cm)	Y(cm)
S1	8 Ø 14	25	50
S2	12 Ø 14	40	30
S3	8 Ø 14	25	50
S4	12 Ø 14	65	25
S5	14 Ø 14	80	25
S6	8 Ø 14	25	50
S7	14 Ø 14	80	25
S8	12 Ø 14	25	65
S9	10 Ø 14	25	60
S10	10 Ø 14	25	60
S11	10 Ø 14	25	60

Tablo C.2. Kolonların akma eğriliği

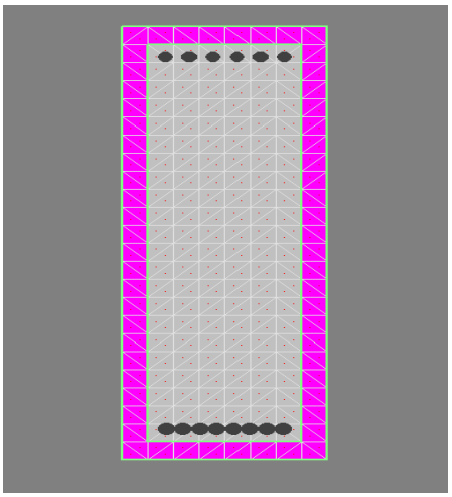
Kolon Adı	Akma Eğriliği(1/m)
S1	0,007081
S2	0,007081
S3	0,008497
S4	0,002264
S5	0,007283
S6	0,002842
S7	0,002264
S8	0,007081
S9	0,004245
S10	0,007081
S11	0,007081



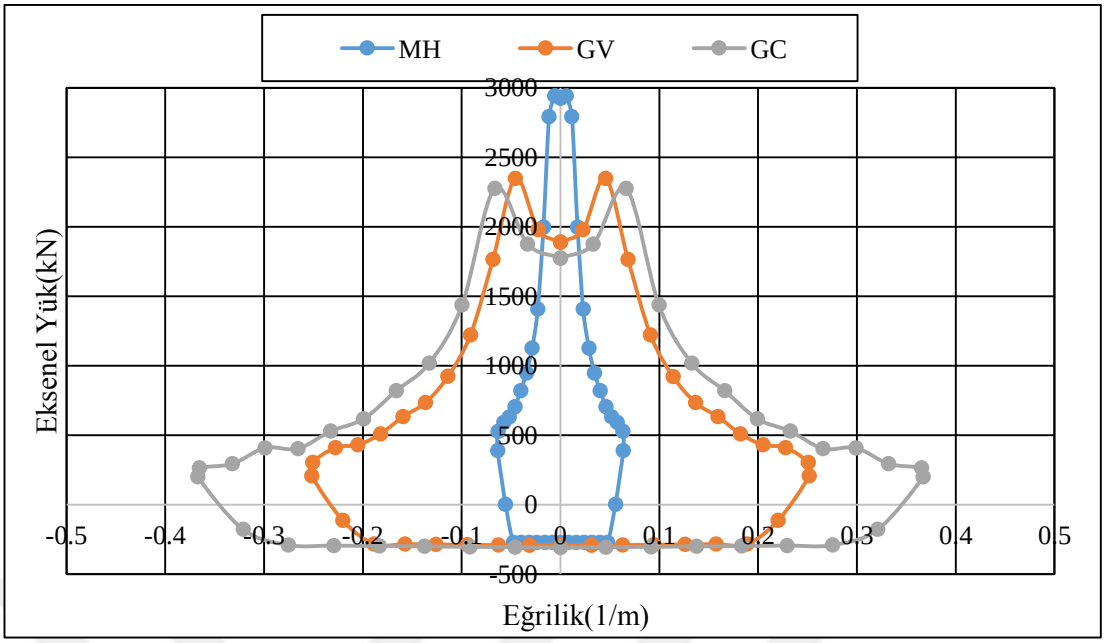
Şekil C.1. 20/60 Kirişin kesit görünüşü(6/Φ14-8/Φ16)



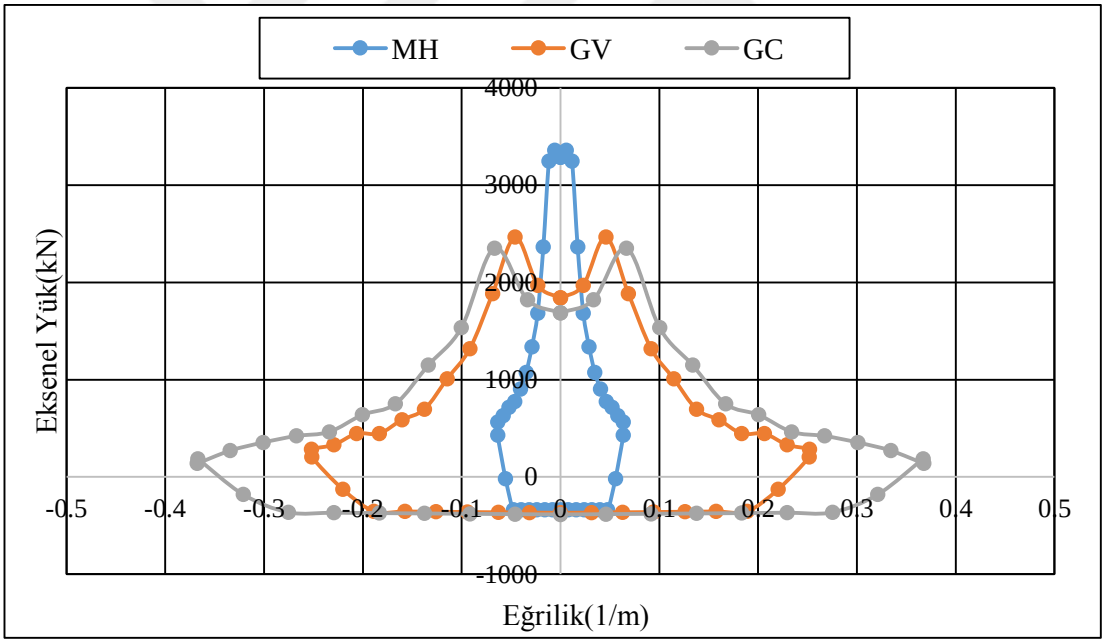
Şekil C.2. 25/60 Kirişin kesit görünüşü(6/Φ14-8/Φ16)



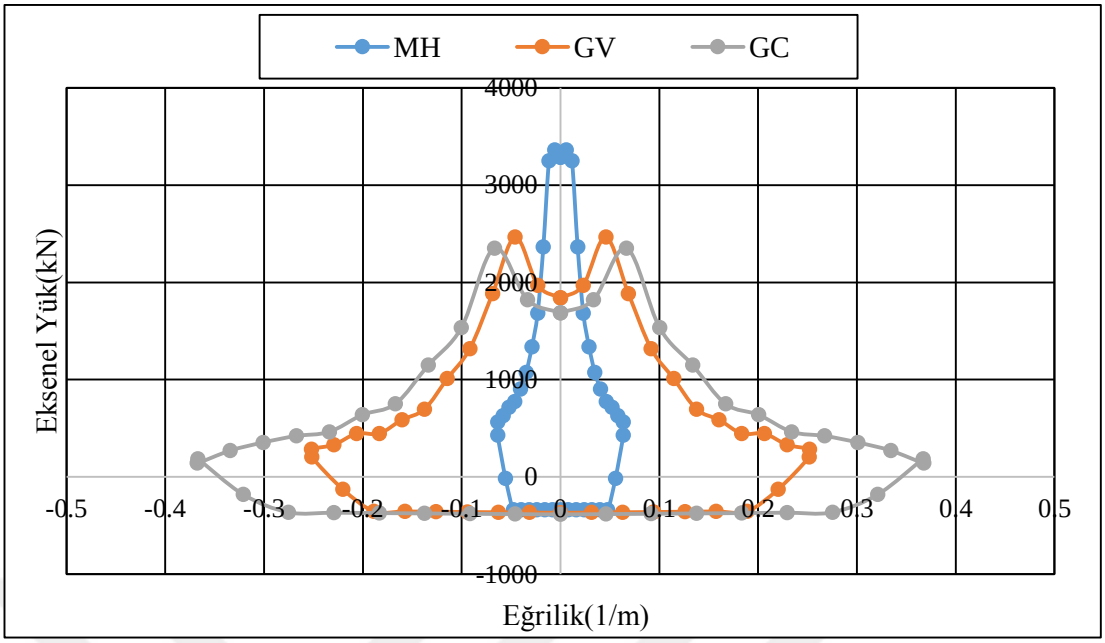
Şekil C.3. 30/60 Kirişin kesit görünüşü(6/Φ14-8/Φ16)



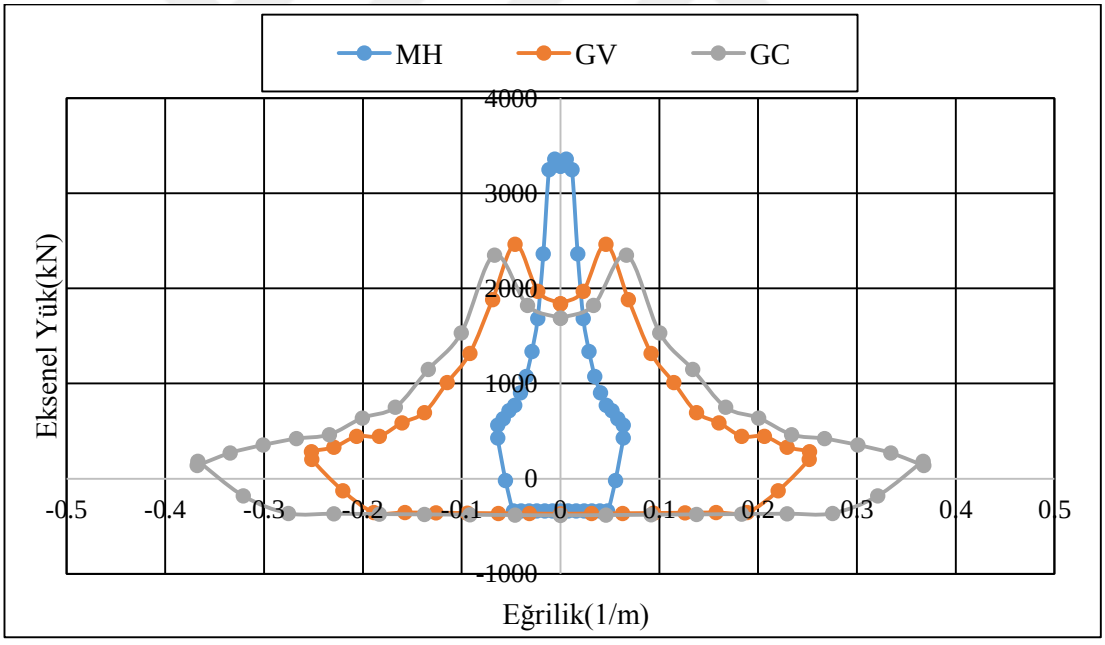
Şekil C.4. S1-S3 Kolonlarının eksenel yük-eğrilik diagramı



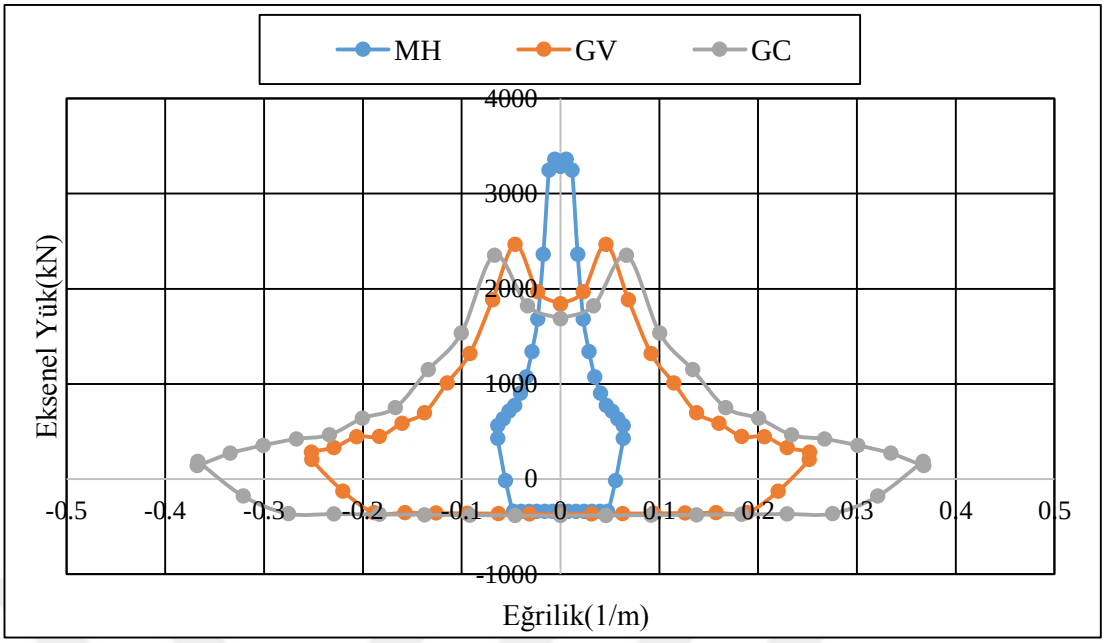
Şekil C.5. S2 Kolonunun eksenel yük-eğrilik diagramı



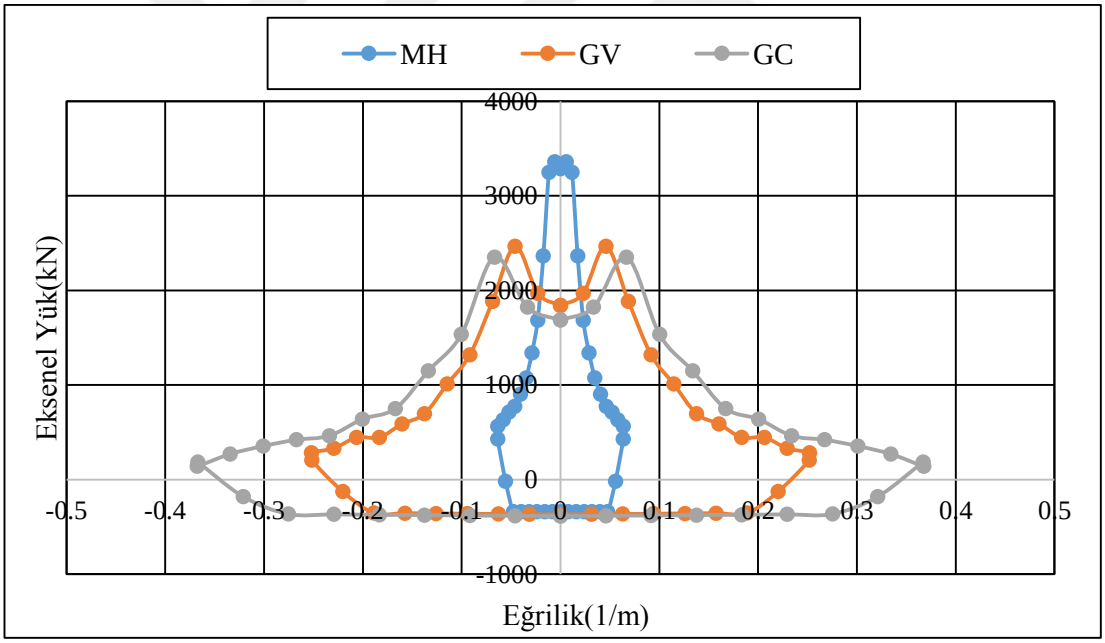
Şekil C.6. S4 Kolonunun eksenel yük-eğrilik diagramı



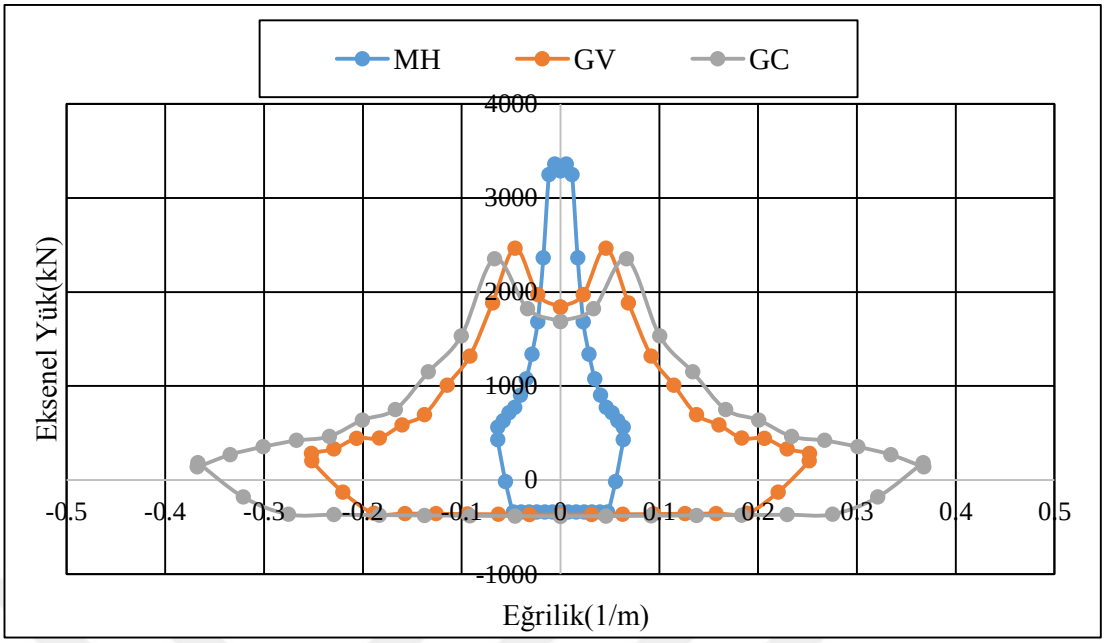
Şekil C.7. S5 Kolonunun eksenel yük-eğrilik diagramı



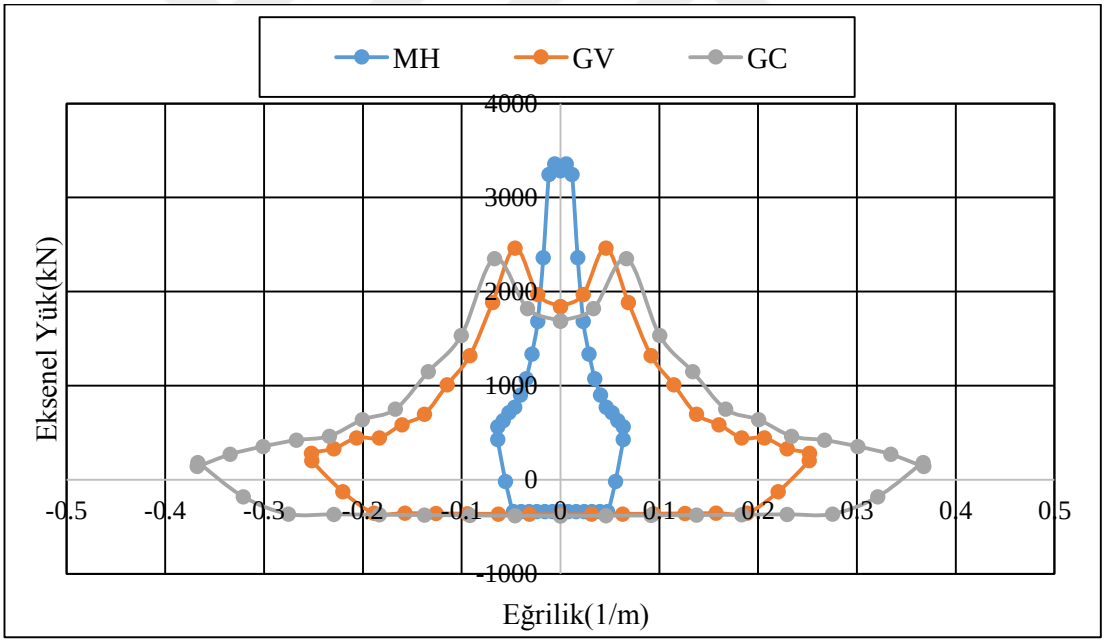
Şekil C.8. S6 Kolonunun eksenel yük-eğrilik diagramı



Şekil C.9. S7 Kolonunun eksenel yük-eğrilik diagramı



Şekil C.10. S8 Kolonunun eksenel yük-eğrilik diagramı



Şekil C.11. S9-S10-S11 Kolonlarının eksenel yük-eğrilik diagramı

KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER

[1] Meydanlı Atalay H., **Aynur S.,** Seismic Performance Evaluation of an Existing Reinforced Concrete Building and Strengthening with Steel Braces, *The International Conference on Civil and Enviromental Engineering,* Nevşehir, Turkey, 8-10 May 2017.

ÖZGEÇMİŞ

1991 yılında Giresun’ da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Giresun’ da tamamladı. 2010 yılında girdiği Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü’nden 2015 yılında İnşaat Mühendisi olarak mezun oldu. 2015 yılında, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı’ndaYüksek Lisans öğrenimine başladı ve halen devam ekmektedir. 2016 yılından beri Çınarcık Belediyesi İmar ve Şehircilik Müdürlüğü’ nde İnşaat Mühendisi olarak görev yapmaktadır.