

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**MEVCUT BETONARME BİR YAPININ DEPREM PERFORMANSININ
ARTIRILAN EŞDEĞER DEPREM YÜKÜ YÖNTEMİ İLE BELİRLENMESİ
VE GÜÇLENDİRİLMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
A. C. Noyan ŞENEL**

Anabilim Dalı : İnşaat Mühendisliği

Programı : Deprem Mühendisliği

OCAK 2011

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**MEVCUT BETONARME BİR YAPININ DEPREM PERFORMANSININ
ARTIMSAL EŞDEĞER DEPREM YÜKÜ YÖNTEMİ İLE BELİRLENMESİ
VE GÜÇLENDİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

A. C. Noyan ŞENEL

(501071201)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 20 Aralık 2010

Tezin Savunulduğu Tarih : 28 Ocak 2011

Tez Danışmanı : Doç. Dr. A. Necmettin GÜNDÜZ (İTÜ)

**Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Zekai CELEP (İTÜ)
Prof. Dr. Feridun ÇILI (İTÜ)**

OCAK 2011

Aileme,

ÖNSÖZ

Lisans ve yüksek lisans öğrenimim boyunca kendisinden almış olduğum dersler sayesinde bana mühendislik bakış açısı kazandıran, tez çalışmam süresince bana değerli vaktini ayıran ve hiçbir konuda yardımını esirgemeyen danışmanım Sayın Doç. Dr. A. Necmettin Gündüz'e en içten teşekkürlerimi sunarım.

Doğduğum günden beri yanımda olan, her ne koşulda olursa olsun desteğini, sevgisini, yardımını benden esirgemeyen, bana her daim güvenen aileme sonsuz teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Bu tezin hesap ve yazım aşamasında beni yalnız bırakmayan, bana zamanını ayırıp her konuda yardımcı olan meslektaş arkadaşlarım, A. Bahadır Başaran ve N. Deniz Gezen'e, arkadaşlıklarıyla beni destekleyen, ihtiyacım olan her anda bana yardım eden, Ersin Deniz Çınar'a ve Emre Cömert Günaydın'a çok teşekkür ederim.

Aralık 2010

A. C. Noyan ŞENEL

(İnşaat Mühendisi)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER	vii
KISALTMALAR	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
ÖZET.....	xxi
SUMMARY	xxiii
1. GİRİŞ	1
1.1 Giriş ve Çalışmanın İçeriği	1
2. PERFORMANSA DAYALI TASARIM VE DEĞERLENDİRME	3
2.1 Giriş	3
2.2 Betonarme Yapılardan Bilgi Toplanması ve Bilgi Düzeyleri	3
2.3 Betonarme Yapı Elemanlarında Hasar Sınırları ve Bölgeleri	5
2.3.1 Betonarme elemanlarda kesit hasar sınırları	6
2.3.2 Kesit hasar bölgeleri.....	7
2.4 Betonarme Yapılarda Deprem Performans Düzeyleri.....	7
2.4.1 Hemen kullanım performans düzeyi	8
2.4.2 Can güvenliği performans düzeyi	9
2.4.3 Göçme öncesi performans düzeyi	9
2.4.4 Göçme durumu.....	10
2.5 Deprem Etkisi.....	10
2.6 Binalar İçin Hedeflenen Performans Düzeyleri	11
2.7 Bina Performansının Doğrusal Elastik Olmayan Analiz Yöntemleri İle Belirlenmesi	12
2.7.1 Artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi ile itme analizi.....	14
2.7.1.1 Artımsal eşdeğer deprem yükü yönteminde yapılan kabuller.....	14
2.7.1.2 Modal kapasite eğrisinin elde edilmesi.....	16
2.7.1.3 Talep spektrumunun elde edilmesi.....	17
2.7.1.4 Tepe yerdeğiştirmesi isteminin belirlenmesi.....	18
2.7.2 Artımsal mod birleştirme yöntemi	22
2.7.3 Zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemi	22
3. ARTIMSAL EŞDEĞER DEPREM YÜKÜ İLE İTME ANALİZİ YÖNTEMİ KULLANILARAK 6 KATLI MEVCUT OKUL BİNASININ DEPREM PERFORMANSININ BELİRLENMESİ.....	23
3.1 Giriş	23
3.2 Yapı Hakkında Genel Bilgiler.....	24
3.3 Yapının Modellenmesi	26
3.3.1 Yapının yük analizleri	27
3.3.2 Yapının taşıyıcı eleman özellikleri	27
3.3.3 Eşdeğer deprem yükü yöntemi ile yapının doğrusal analizi	28

3.4 Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü ile İtme Analizi Yönteminin Yapı İçin Uygulanabilirlik Tahkiki	28
3.5 Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü ile İtme Analizi Yöntemi Kullanılarak Performans Değerlendirilmesi	30
3.5.1 Yapısal elemanların etkin eğilme rijitliklerinin belirlenmesi	30
3.5.2 Plastik mafsallık özelliklerinin belirlenmesi	30
3.5.2.1 Malzeme modelleri	31
3.5.2.2 Moment eğrilik ilişkilerinin belirlenmesi	32
3.5.2.3 Kirişler için M3 mafsallığının tanımlanması	33
3.5.2.4 Kesit akma yüzeylerinin belirlenmesi ve PMM mafsallığının tanımlanması	34
3.5.3 Statik itme analizi için tanımlanan analiz durumları	35
3.5.3.1 Podusey (Düşey doğrultulu) analiz durumu	36
3.5.3.2 Pox (x doğrultusu) analiz durumu	36
3.5.3.3 Poy (y doğrultusu) analiz durumu	37
3.5.4 Eşdeğer deprem yüğü ile itme analizi sonuçları	38
3.5.4.1 X doğrultusunda eşdeğer deprem yüğü ile itme analizi sonuçları	39
3.5.4.2 Y doğrultusunda eşdeğer deprem yüğü ile itme analizi sonuçları	39
3.5.5 Tepe yerdeğiştirmesi isteminin belirlenmesi	40
3.5.5.1 X doğrultusunda tepe yerdeğiştirmesi isteminin belirlenmesi	40
3.5.5.2 Y doğrultusunda tepe yerdeğiştirmesi isteminin belirlenmesi	43
3.5.6 Talep tepe yerdeğiştirmesi istemleri ile itme analizi	45
3.5.7 Yapı performansının değerlendirilmesi	45
3.5.7.1 X doğrultusunda tasarım depremi altında yapısal elemanların hasar durumlarının tespiti	46
3.5.7.2 Y doğrultusunda tasarım depremi altında yapısal elemanların hasar durumlarının tespiti	47
3.5.7.3 X doğrultusunda en büyük deprem altında yapısal elemanların hasar durumlarının tespiti	48
3.5.7.4 Y doğrultusunda en büyük deprem altında yapısal elemanların hasar durumlarının tespiti	49
3.5.8 Yapının performans seviyesinin belirlenmesi	50
4. 6 KATLI MEVCUT OKUL BİNASININ GÜÇLENDİRİLMESİ VE ARTIMSAL EŞDEĞER DEPREM YÜĞÜ YÖNTEMİ KULLANILARAK DEPREM PERFORMANSININ BELİRLENMESİ	51
4.1 Giriş	51
4.2 Güçlendirilen Yapının Modellenmesi	53
4.3 Güçlendirilmiş Yapının Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi İle Doğrusal Analizi	54
4.4 Güçlendirilmiş Yapının Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü ile İtme Analizi Yöntemi Kullanılarak Performans Değerlendirilmesi	55
4.4.1 Yeni yapısal elemanlara ait malzeme modellerinin tanımlanması	55
4.4.2 Yeni yapısal elemanların bilgisayar ortamında tanımlanması	55
4.4.3 Statik itme analizi için belirlenen deprem yükleri	55
4.4.4 X ve Y doğrultularında tepe yerdeğiştirmesi istemlerinin belirlenmesi ...	56
4.4.5 Güçlendirilmiş yapının performansının değerlendirilmesi	58
4.4.5.1 X doğrultusunda tasarım depremi altında yapısal elemanların hasar durumlarının tespiti	58
4.4.5.2 Y doğrultusunda tasarım depremi altında yapısal elemanların hasar durumlarının tespiti	59

4.4.5.3 X doğrultusunda en büyük deprem altında yapısal elemanların hasar durumlarının tespiti.....	60
4.4.5.4 Y doğrultusunda en büyük deprem altında yapısal elemanların hasar durumlarının tespiti.....	61
4.4.6 Yapının performans seviyesinin belirlenmesi	62
5. SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ.....	63
KAYNAKLAR	65
EKLER.....	67

KISALTMALAR

BS	: Beton Sınıfı
BÇ	: Beton Çeliği
BHB	: Belirgin Hasar Bölgesi
CG	: Can Güvenliği Performans Seviyesi
DBYBHY	: Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik
GB	: Göçme Bölgesi
GV	: Kesit Güvenlik Sınırı
GÇ	: Kesit Göçme Sınırı
GÖ	: Göçme Öncesi Performans Seviyesi
HK	: Hemen Kullanım Performans Seviyesi
İHB	: İleri Hasar Bölgesi
MHB	: Minimum Hasar Bölgesi
MN	: Kesit Minimum Hasar Sınırı
SAP 2000	: Integrated Software for Structural Analysis and Design
TS	: Türk Standardı

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : Binalar İçin Bilgi Düzeyi Katsayıları.....	5
Çizelge 2.2 : Deprem etkisi parametreleri.....	11
Çizelge 2.3 : Farklı deprem düzeylerinde binalar için öngörülen minimum performans hedefleri.....	12
Çizelge 3.1 : X ve Y doğrultuları için eşdeğer deprem yükleri	28
Çizelge 3.2 : X doğrultusu için burulma düzensizliği katsayıları.....	29
Çizelge 3.3 : Y doğrultusu için burulma düzensizliği katsayıları.....	29
Çizelge 3.4 : Pox statik itme analizi için hesaplanan EX deprem yüklemesi.....	37
Çizelge 3.5 : Poy statik itme analizi için hesaplanan EY deprem yüklemesi.....	38
Çizelge 3.6 : X doğrultusuna ait M_{x1} ve Γ_{x1} hesaplanması.....	41
Çizelge 3.7 : X doğrultusuna ait kapasite eğrisinin modal kapasite eğrisine dönüştürülmesi.....	41
Çizelge 3.8 : Y doğrultusuna ait M_{y1} ve Γ_{y1} hesaplanması.....	43
Çizelge 3.9 : Y doğrultusuna ait kapasite eğrisinin modal kapasite eğrisine dönüştürülmesi.....	43
Çizelge 3.10 : Kirişler için X doğrultusunda kat bazında tasarım depremi altında hasar tespiti	46
Çizelge 3.11 : Kolonlar ve perdeler için X doğrultusunda kat bazında tasarım depremi altında hasar tespiti	47
Çizelge 3.12 : Kirişler için Y doğrultusunda kat bazında tasarım depremi altında hasar tespiti	47
Çizelge 3.13 : Kolonlar ve perdeler için Y doğrultusunda kat bazında tasarım depremi altında hasar tespiti	48
Çizelge 3.14 : Kirişler için X doğrultusunda kat bazında en büyük deprem altında hasar tespiti	48
Çizelge 3.15 : Kolonlar ve perdeler için X doğrultusunda kat bazında en büyük deprem altında hasar tespiti	49
Çizelge 3.16 : Kirişler için Y doğrultusunda kat bazında en büyük deprem altında hasar tespiti	49
Çizelge 3.17 : Kolonlar ve perdeler için Y doğrultusunda kat bazında en büyük deprem altında hasar tespiti	50
Çizelge 4.1 : X ve Y doğrultuları için eşdeğer deprem yükleri	54
Çizelge 4.2 : İtme analizinde kullanılacak yeni EX deprem yüklemesi	56
Çizelge 4.3 : İtme analizinde kullanılacak yeni EY deprem yüklemesi	56
Çizelge 4.4 : X doğrultusuna ait M_{x1} ve Γ_{x1} hesaplanması.....	56
Çizelge 4.5 : Y doğrultusuna ait M_{y1} ve Γ_{y1} hesaplanması.....	57
Çizelge 4.6 : Kirişler için X doğrultusunda kat bazında tasarım depremi altında hasar tespiti.....	58
Çizelge 4.7 : Kolonlar ve perdeler için X doğrultusunda kat bazında tasarım depremi altında hasar tespiti	59
Çizelge 4.8 : Kirişler için Y doğrultusunda kat bazında tasarım depremi altında hasar tespiti.....	59

Çizelge 4.9 : Kolonlar ve perdeler için Y doğrultusunda kat bazında tasarım depremi altında hasar tespiti	60
Çizelge 4.10 : Kirişler için X doğrultusunda kat bazında en büyük deprem altında hasar tespiti	60
Çizelge 4.11 : Kolonlar ve perdeler için X doğrultusunda kat bazında en büyük deprem altında hasar tespiti	61
Çizelge 4.12 : Kirişler için Y doğrultusunda kat bazında en büyük deprem altında hasar tespiti	61
Çizelge 4.13 : Kolonlar ve perdeler için Y doğrultusunda kat bazında en büyük deprem altında hasar tespiti	62
Çizelge A.1 : Mevcut yapı elemanlarının çatlamış kesitlerine ait eğilme rijitliği katsayıları.....	69
Çizelge A.2 : Tasarım depremi altında X doğrultusunda zemin kat kirişlerinin hasar tespiti	73
Çizelge A.3 : Tasarım depremi altında Y doğrultusunda zemin kat kirişlerinin hasar tespiti	81

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Kesit hasar sınırları ve bölgeleri.....	7
Şekil 2.2 : Taşıyıcı sistem (bina) performans düzeyleri.....	8
Şekil 2.3 : Eğilme momenti – plastik dönme bağıntıları.....	15
Şekil 2.4 : Deprem talep spektrumunun elde edilişi.....	18
Şekil 2.5 : Performans noktasının belirlenmesi ($T_1^{(1)} \geq T_B$)	19
Şekil 2.6 : Performans noktasının belirlenmesi ($T_1^{(1)} < T_B$)	20
Şekil 2.7 : Performans noktasının belirlenmesi ($T_1^{(1)} < T_B$)	21
Şekil 3.1 : Zemin ve normal kat kalıp planı.....	25
Şekil 3.2 : Yapının Üç Boyutlu SAP2000 Modeli.....	26
Şekil 3.3 : C20 beton sınıfı için sargısız beton modeli	31
Şekil 3.4 : S220 donatı çeliği sınıfı için çelik modeli.....	32
Şekil 3.5 : XTRACT programı kullanılarak elde edilen moment – eğrilik bağıntısı	33
Şekil 3.6 : Bir kirişin moment-eğrilik bağıntısının SAP2000’de tanımlanması.....	34
Şekil 3.7 : Bir perdeye ait güç tükenmesi diyagramı.....	35
Şekil 3.8 : Bir kolonun akma yüzeyinin SAP2000’de tanımlanması	35
Şekil 3.9 : Podusey analiz durumunun SAP2000’de tanımlanması	36
Şekil 3.10 : Pox analiz durumunun SAP2000’de tanımlanması.....	37
Şekil 3.11 : Poy analiz durumunun SAP2000’de tanımlanması.....	38
Şekil 3.12 : SAP2000’de Pox analiz durumundan elde edilen kapasite eğrisi	39
Şekil 3.13 : SAP2000’de Poy analiz durumundan elde edilen kapasite eğrisi	40
Şekil 3.14 : Tasarım depremi için elde edilen deprem talep spektrumunun X doğrultusunda modal kapasite eğrisi ile kesiştirilmesi.....	42
Şekil 3.15 : En büyük deprem için elde edilen deprem talep spektrumunun X doğrultusunda modal kapasite eğrisi ile kesiştirilmesi.....	42
Şekil 3.16 : Tasarım depremi için elde edilen deprem talep spektrumunun Y doğrultusunda modal kapasite eğrisi ile kesiştirilmesi.....	44
Şekil 3.17 : En büyük deprem için elde edilen deprem talep spektrumunun Y doğrultusunda modal kapasite eğrisi ile kesiştirilmesi.....	45
Şekil 4.1 : Güçlendirilmiş duruma ait zemin ve normal kat kalıp planı	52
Şekil 4.2 : Yapının güçlendirilmiş halinin üç boyutlu SAP2000 modeli	53
Şekil A.1 : X doğrultusunda en büyük deprem altında 30x60 boyutlarındaki kolonların hasar tespiti	89
Şekil A.2 : X doğrultusunda en büyük deprem altında 40x60 boyutlarındaki kolonların hasar tespiti	89
Şekil A.3 : X doğrultusunda en büyük deprem altında 30x390 boyutlarındaki perdelerin hasar tespiti	90
Şekil A.4 : X doğrultusunda en büyük deprem altında 390x30 boyutlarındaki perdelerin hasar tespiti	90

SEMBOL LİSTESİ

A_c	: Kolon veya perdenin brüt kesit alanı
A_o	: Etkin Yer İvmesi Katsayısı
$a_1^{(i)}$	: (i)'inci itme adımı sonunda elde edilen birinci moda ait modal ivme
a_{y1}	: Birinci moda ait eşdeğer akma ivmesi
c	: Tarafsız eksen uzunluğu
C_{R1}	: Birinci moda ait spektral yerdeğiştirme oranı
$d_1^{(i)}$	: (i)'inci itme adımı sonunda elde edilen birinci moda ait modal yerdeğiştirme
$d_1^{(p)}$	: Birinci moda ait modal yerdeğiştirme istemi
E_c	: Betonun elastisite modülü
E_s	: Donatı çeliğinin elastisite modülü
$(EI)_e$	: Çatlamış kesite ait etkin eğilme rijitliği
$(EI)_o$	: Çatlamamış kesite ait eğilme rijitliği
f_{cm}	: DBYBHY 2007 Bölüm 7.2'ye göre tanımlanan mevcut beton dayanımı [2]
f_{ym}	: DBYBHY 2007 Bölüm 7.2'ye göre tanımlanan mevcut donatı çeliği akma dayanımı [2]
f_c	: Sargılı betonda beton basınç gerilmesi
f_{cc}	: Sargılı beton dayanımı
f_{co}	: Sargısız betonun basınç
f_e	: Etkili sargılama basıncı
f_s	: Donatı çeliğindeki gerilme
f_{sy}	: Donatı çeliğinin akma dayanımı
f_{su}	: Donatı çeliğinin kopma dayanımı
f_{yw}	: Enine donatının akma dayanımı
g	: Yerçekimi ivmesi (9.81 m/s^2)
G	: Sabit yük simgesi
h	: Çalışan doğrultudaki kesit boyutu
H_i	: Binanın i'inci katının temel üstünden itibaren ölçülen yüksekliği (Bodrum katlarında rijit çevre perdelerinin bulunduğu binalarda i'inci katın zemin kat döşemesi üstünden itibaren ölçülen yüksekliği)
I	: Bina önem katsayısı
I_{22}, I_{33}	: SAP2000'de çubuk elemanın lokal eksenlerdeki eylemsizlik momentleri
K_o	: Zemin yatak katsayısı
L_p	: Plastik mafsal boyu
M_{x1}	: Gözönüne alınan x deprem doğrultusunda binanın birinci doğal titreşim modundaki etkin kütle
M_{y1}	: Gözönüne alınan y deprem doğrultusunda binanın birinci doğal titreşim modundaki etkin kütle
m_i	: Binanın i'inci katının kütlesi ($m_i : W_i / g$)
N	: Binanın temel üstünden itibaren toplam kat sayısı (Bodrum katlarında rijit çevre perdelerinin bulunduğu binalarda zemin kat döşemesi üstünden itibaren toplam kat sayısı)
n	: Hareketli Yük Katılım Katsayısı

N_D	: Deprem hesabında esas alınan toplam kütlelerle uyumlu düşey yükler altında kolon veya perdede oluşan eksenel kuvvet
Q	: Hareketli yük simgesi
R	: Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı
$R_a(T)$	: Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı
R_{y1}	: Birinci moda ait Dayanım Azaltma Katsayısı
$S(T)$	: Spektrum Katsayısı
$S_{ae}(T)$	: Elastik spektral ivme [m/s^2]
$S_{ae1}^{(1)}$	: İtme analizinin ilk adımında birinci moda ait elastik spektral ivme
$S_{de1}^{(1)}$	: İtme analizinin ilk adımında birinci moda ait doğrusal elastik spektral yer değiştirme
S_{di1}	: Birinci moda ait doğrusal elastik olmayan (nonlinear) spektral yer değiştirme
T	: Bina doğal titreşim periyodu [s]
T_1	: Binanın birinci doğal titreşim periyodu [s]
T_A, T_B	: Spektrum Karakteristik Periyotları [s]
V_i	: Gözönüne alınan deprem doğrultusunda binanın i'inci katına etki eden kat kesme kuvveti
V_t	: Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'nde gözönüne alınan deprem doğrultusunda binaya etkiyen toplam eşdeğer deprem yüğü (taban kesme kuvveti)
W	: Binanın, hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak bulunan toplam ağırlığı
W_i	: Binanın i'inci katının, hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak hesaplanan ağırlığı
ω_1	: Başlangıçtaki (i:1) itme adımında birinci (deprem doğrultusunda hakim) titreşim moduna ait doğal açısal frekans
S_{di1}	: Birinci moda ait doğrusal olmayan spektral yerdeğiştirme
$u_{xN1}^{(i)}$	: Binanın tepesinde (N'inci katında) x deprem doğrultusunda (i)'inci itme adımı sonunda elde edilen birinci moda ait yerdeğiştirme
$u_{xN1}^{(p)}$	: Binanın tepesinde (N'inci katında) x deprem doğrultusunda tepe yerdeğiştirme istemi
V_e	: Kolon, kiriş ve perdede esas alınan tasarım kesme kuvveti
$V_{x1}^{(i)}$	: x deprem doğrultusunda (i)'inci itme adımı sonunda elde edilen birinci moda (hakim moda) ait taban kesme kuvveti
ϵ_{cg}	: Etriye içindeki bölgenin en dış lifindeki beton basınç birim şekil değiştirmesi
ϵ_{cu}	: Kesitin en dış lifindeki beton basınç birim şekil değiştirmesi
ϵ_{sy}	: Donatı çeliğinin akma birim şekildeğiştirmesi
ϵ_s	: Donatı çeliğinin pekleşme başlangıcındaki birim şekildeğiştirmesi
ϵ_{su}	: Donatı çeliğinin kopma birim şekildeğiştirmesi
ϕ_p	: Plastik eğrilik istemi
ϕ_t	: Toplam eğrilik istemi
ϕ_y	: Eşdeğer akma eğriliği
Φ_{xN1}	: Binanın tepesinde (N'inci katında) x deprem doğrultusunda birinci moda ait mod şekli genliği
Γ_{x1}	: x deprem doğrultusunda birinci moda ait katkı çarpanı
η_{bi}	: i'inci katta tanımlanan Burulma Düzensizliği Katsayısı
θ_p	: Plastik dönme istemi
ρ	: Çekme donatısı oranı

ρ_b	: Dengeli donatı oranı
ρ_s	: Kesitte mevcut bulunan ve DBYBHY 2007 Bölüm 3.2.8'e göre "özel deprem etriyeleri ve çirozları" olarak düzenlenmiş enine donatının hacımsal oranı [2]
ρ_{sm}	: DBYBHY 2007 Bölüm 3.3.4, 3.4.4 veya 3.6.5.2'ye göre kesitte bulunması gereken enine donatının hacımsal oranı [2]
ΔF_N	: Binanın N'inci katına (tepesine) etkiyen ek eşdeğer deprem yükü
Δ_i	: Binanın i'inci katındaki azaltılmış görelî kat ötelemesi
$(\Delta_i)_{maks}$	: Binanın i'inci katındaki maksimum azaltılmış görelî kat ötelemesi
$(\Delta_i)_{min}$	: Binanın i'inci katındaki minimum azaltılmış görelî kat ötelemesi
$(\Delta_i)_{ort}$	: Binanın i'inci katındaki ortalama azaltılmış görelî kat ötelemesi
δ_{maks}	: Binanın maksimum temel deformasyonu
δ_{min}	: Binanın minimum temel deformasyonu
γ_m	: Malzeme katsayısı
β_x, β_y	: Birinci hakim titreşim moduna ait etkin kütlelerin toplam yapı kütlelerine oranı
σ_{maks}	: Maksimum zemin gerilmesi
σ_{min}	: Minimum zemin gerilmesi
$\sigma_{z,em}$	: Zemin emniyet gerilmesi

MEVCUT BETONARME BİR YAPININ DEPREM PERFORMANSININ ARTIMSAL EŞDEĞER DEPREM YÜKÜ YÖNTEMİ İLE BELİRLENMESİ VE GÜÇLENDİRİLMESİ

ÖZET

Yapıların deprem performanslarının değerlendirilmesi için doğrusal ve doğrusal olmayan hesap yöntemleri kullanılmaktadır. Doğrusal olmayan teoriyi esas alan hesap yöntemlerinden yararlanarak, yapı sistemlerinin yerdeğiştirme ve şekildeğiştirmeye bağlı deprem performansları daha gerçekçi olarak belirlenebilmektedir. Bu çalışmada Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007 Bölüm 7’de belirtilen doğrusal olmayan analiz yöntemlerinden biri olan Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile İtme analizi kullanılarak mevcut betonarme bir okul binasının performansının değerlendirilmesi ele alınmıştır.

Tezin birinci bölümünde konu ile ilgili bilgiler açıklanmış ve çalışmanın içeriğı ile ilgili kısaca bilgi verilmiştir.

İkinci bölümde Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007 Bölüm 7’de detaylı bir şekilde açıklanmış olan yapıların performansa dayalı tasarımı ve değerlendirilmesi hakkında bilgi verilmektedir. Bu bölümde, 2007 Türk Deprem Yönetmeliğı’nde tanımlanan kesit hasar düzeyleri, performans seviyeleri ve çoklu performans hedefleri tez konusu doğrultusunda özetlenmiştir. Ek olarak bu çalışmada kullanılan, doğrusal olmayan analiz yöntemlerinden artımsal eşdeğer deprem yüğü yöntemi açıklanmıştır.

Üçüncü bölümde mevcut bir okul binasının yapısal olarak incelenmesi ile, artımsal eşdeğer deprem yüğü yöntemi ile performans değerlendirilmesine sayısal bir örnek oluşturulmuştur. Analiz sonucunda, yapının kapasitesi doğrultusunda deprem talep etkileri altında öngörülen performans hedeflerini sağlayıp sağlamadığı kontrol edilmiştir. Bu sayısal örnek ile teorisi anlatılan performansa dayalı tasarımın uygulanması doğrusal olmayan analiz yöntemi kullanılarak kapsamlı bir şekilde gösterilmiştir.

Dördüncü bölümde performans hedeflerini sağlayamayan mevcut yapının, betonarme perde ekleme ve mantolama uygulamalarıyla güçlendirilmesi, gerekli performans hedeflerine aynı analiz yöntemi kullanılarak ulaştırılması anlatılmıştır. Performans hedeflerine ulaşan yapının güçlendirme öncesi ve sonrası için taban kesme kuvveti ve periyot mertebelerinde karşılaştırma yapılmıştır.

Beşinci bölüm bu çalışmada varılan sonuçları kapsamaktadır. Çalışmanın başlıca özellikleri, sayısal sonuçlarının değerlendirilmesi belirtilmiştir.

SEISMIC PERFORMANCE DETERMINATION AND STRENGTHENING OF AN EXISTING REINFORCED CONCRETE BUILDING BY INCREMENTAL EQUIVALENT EARTHQUAKE LOAD METHOD

SUMMARY

The seismic performance of structures may be evaluated by means of either linear or nonlinear methods. The overall structural behaviour as well as deformation and displacement based performance evaluation of structural systems under earthquake effects can be reliably assessed through the use of nonlinear methods. In this study an existent school building is evaluated for seismic performance by using the Incremental Equivalent Earthquake Load Method stated in the Section 7 of the Turkish Earthquake Code 2007.

In the first section of this thesis the information about the subject is given and the content of this study is mentioned briefly.

The second chapter gives general information about performance based design and assessment of structures which are stated in Section 7 of the Turkish Earthquake Code 2007 in detail. The section damage limits, building performance levels and multiple performance objectives, which are stated and explained in the 2007 Turkish Earthquake Code, are summarized according to the subject of the thesis. Later, incremental equivalent earthquake load method which is also utilized for the numerical study, explained in this chapter.

In third section, a numerical example for seismic performance evaluation by the incremental equivalent earthquake load method is formed by examining of an existing school building structurally. At the end of the analysis, it is checked whether the structure is able to have its projected performance targets under required seismic effects according to its capacity. Design based on seismic performance of which the theory is explained, is applied by nonlinear analysis method by this numerical example completely.

In fourth section, the strengthening applications, that are adding RC walls and increasing the area of the column sections, that are used for the existent building, which cannot reach its necessary seismic performance targets, are explained for the scope of strengthened building reaching its performance targets by using the same analysis method. The structure that have reached its performance targets is compared based upon its measures of base reactions and periods before and after strengthening.

The fifth section contains the results of the study. The basic features of the study, the evaluation of the numerical results are stated in this section.

1. GİRİŞ

1.1 Giriş ve Çalışmanın İçeriği

Yerkabuğunun hareket edişinin bir sonucu olarak gerçekleşen kırılmaların ortaya çıkarttığı çok büyük miktardaki enerjinin, zeminde dalgalar şeklinde yayılması depremleri meydana getirmektedir. Büyük doğal afetlerin başında gelen depremlerin ne zaman, nerede ve ne büyüklükte gerçekleşeceği önceden belirlenememektedir. Depremler, çok sayıda can ve mal kaybına yol açabilmektedir. Bu doğal afetin meydana gelişini engellemek mümkün değildir. Ancak yeni inşa edilecek yapıları belli standartlara uygun şekilde imal etmek, mevcut olanları ise güçlendirme vasıtası ile belirli standartlara kavuşturmak, can ve mal kayıplarının azaltılmasında önemli rol oynamaktadır.

Ülkemizde bu güne kadar meydana gelen depremler, yapılarımızın depreme dayanma konusundaki yetersizliklerini acı bir şekilde göstermiştir. Bir çok vatandaşımız bu depremler neticesinde hayatını kaybetmiş, ülkemiz ekonomik açıdan büyük zarara uğramıştır. Mevcut yapıların, inşa edildikleri günün yönetmeliklerine uymayışı, imalat hataları, işçilik ve malzeme kalitelerinin yetersiz oluşu gibi sebepler; yapılarımızın deprem etkilerine gerektiği gibi dayanamamalarına, ciddi miktarda can ve mal kayıplarına neden olmaktadır. Bu sebeple mevcut yapılarımızın deprem performanslarının belirlenmesi, yetersiz görülenlerin, ekonomik olarak uygunsa güçlendirilmesi, güçlendirilmeleri ekonomik olarak uygun olmayanların ise yıkılıp yerlerine yenilerinin inşa edilmesi, yeni inşa edilecek yapıların ise yönetmeliklerde belirlenen şartları sağlayacak şekilde imal edilmesi can ve mal kayıplarının azaltılması için gereklidir.

Doğrusal analiz yöntemleri yapıların dış yükler ve deprem yükleri altındaki davranışlarının belirlenmesinde yeterince gerçekçi sonuçlar vermemektedir. Belirli katsayılar kullanılarak yapının elastik ötesi davranışı göz önüne alınmaya çalışılsa da bu yöntemler deprem sonucunda oluşacak hasar büyüklükleri, durumları ve tipleri konusunda yeterli bilgi sağlayamamaktadır. Bu konularda en gerçekçi bilgiye sahip olabilmek için hasar durumlarının şekildeğiştirmelere göre belirlendiği doğrusal olmayan analiz yöntemleri kullanılmalıdır.

Deprem etkisi altında oluşan plastik mafsallardaki şekildeğiştirmeyi göz önünde bulunduran ve hasar durumlarının bu veriler sonucunda belirlendiği doğrusal olmayan hesap yöntemlerinin kullanılması daha doğru ve gerçekçi sonuçlar ortaya koymaktadır. Bu analiz yöntemleri sayesinde, yapının elastik ötesi kapasitesi, deprem yükleri altındaki davranışı ve güvenliği daha iyi şekilde anlaşılabilir. Doğrusal elastik olmayan analiz yöntemleri sayesinde yeni yapılar daha güvenli olacak şekilde projelendirilirken, mevcut yapıların kapasiteleri de daha iyi şekilde belirlenip en uygun ve etkili biçimde güçlendirilmeleri sağlanmaktadır.

Doğrusal elastik olmayan değerlendirme yöntemlerinin esası, yer değiştirme ve şekildeğiştirme esaslı değerlendirmenin temel alındığı ve genel olarak malzeme ve geometri değişimleri bakımından doğrusal olmayan sistem hesabına dayanan yöntemlerde, belirli bir deprem etkisi için binadaki yer değiştirme istemine ulaşıldığında yapıdan beklenen performans hedefinin sağlanıp sağlanmadığının kontrol edilmesidir [1].

Yapılan bu çalışmada ilk önce, performans kavramından ve doğrusal elastik olmayan analiz yöntemlerinden bahsedilmiştir. Daha sonra, bu yöntemlerden artımsal eşdeğer deprem yükü ile itme analizi detaylı bir şekilde ele alınmıştır. Ardından, mevcut betonarme bir okul binası artımsal eşdeğer deprem yükü ile itme yöntemi kullanılarak performans bakımından değerlendirilmiştir. Deprem performansı bakımından yetersiz olduğu belirlenen yapı güçlendirilerek tekrar analiz edilmiş ve yeterli performansı sağladığı kanıtlanmıştır.

2. PERFORMANSA DAYALI TASARIM VE DEĞERLENDİRME

2.1 Giriş

Yapılar deprem etkisine maruz kaldıklarında, bünyelerindeki taşıyıcı elemanların lineer elastik davranışın ötesine geçebilmekte oldukları, yani elastik ötesi bir dayanım rezervlerinin olduğu bilinmektedir. Doğrusal elastik hesap yöntemlerinde, taşıyıcı sistemin bu elastik ötesi davranışı çeşitli katsayıların kullanımıyla göz önünde bulundurulmaktadır. Bu katsayılar; taşıyıcı sistem davranış katsayısı (R) ve ona bağlı olan deprem yükü azaltma katsayısıdır (R_a). Elastik ötesi davranışın sadece bu katsayılar vasıtasıyla göz önüne alınması yeteri kadar gerçekçi sonuçlar elde edilmesini engellemektedir. Dolayısıyla şekildeğiştirme ve yerdeğiştirmeye bağlı performans kriterlerini esas alan, daha gerçekçi sonuçlar elde edilmesine imkan tanıyan yeni hesap yöntemlerinin geliştirilmesine ihtiyaç duyulmuştur. Bu ihtiyaç doğrultusunda deprem yönetmeliğimizde güncellemeler yapılmıştır, ayrıca mevcut binaların değerlendirilmesi ve güçlendirilmesi ile ilgili olan yedinci bölüm eklenerek DBYBHY 2007 bugünkü halini almıştır.

Bu bölümde DBYBHY 2007’de belirtilen; betonarme yapılardan bilgi toplanması ve bilgi düzeyleri, betonarme yapı elemanlarında hasar sınırı ve hasar bölgeleri, betonarme yapılarda deprem performans düzeyleri, deprem etkisi, binalar için hedeflenen performans seviyeleri, bina performanslarının doğrusal elastik olmayan analiz yöntemleriyle belirlenmesi ele alınacaktır.

2.2 Betonarme Yapılardan Bilgi Toplanması ve Bilgi Düzeyleri

Mevcut binaların taşıyıcı sistem elemanlarının kapasitelerinin belirlenmesinde ve deprem dayanımlarının değerlendirilmesinde kullanılacak eleman detayları ve boyutları, taşıyıcı sistem geometrisine ve malzeme özelliklerine ilişkin bilgiler, binaların projelerinden ve raporlarından, binada yapılacak gözlem ve ölçümlerden, binadan alınacak malzeme örneklerine uygulanacak deneylerden elde edilecektir [2].

Binalardan bilgi toplanması kapsamında yapısal sistem tanımlanmalı, bina geometrisine, temel sistemine dair özellikler belirlenmeli, zemin parametreleri saptanmalı, yapıda hasar varsa belirlenmeli, yapıda bir hasar meydana gelip onarılmışsa onarımın özellikleri tespit edilmeli, malzeme özellikleri saptanmalı, eleman boyutları ölçülmeli ve yapının projesi mevcutsa sahada toplanan bu verilerin projeye uygunluğu kontrol edilmelidir.

Yapılan incelemeler ve değerlendirmeler sonucunda elde edilebilen bilgilerin kapsamına göre, ele alınan her bir yapı için bilgi düzeyi katsayısı belirlenir. Elde edilen bu katsayılar eleman kapasitelerinin bulunmasında kullanılır. Üç tip bilgi düzeyi vardır. Bunlar sırasıyla; sınırlı, orta ve kapsamlı bilgi düzeyleri olarak sınıflandırılmıştır.

- **Sınırlı Bilgi Düzeyi:** Binanın taşıyıcı sistem projeleri mevcut değildir. taşıyıcı sistem özellikleri binada yapılacak ölçümlerle belirlenir. Mevcut beton basınç dayanımı (f_{cm}) olarak, binadan alınan numuneler üzerinde yapılan deneyler sonucu elde edilen en düşük dayanım değeri kullanılacaktır. Görsel inceleme ile tespit edilen donatı sınıfının karakteristik akma dayanımı mevcut donatı dayanımı olarak alınacaktır. Sınırlı bilgi düzeyi “Deprem Sonrası Hemen Kullanımı Gereken Binalar” ve “İnsanların Uzun Süreli ve Yoğun Olarak Bulunduğu Binalar” için uygulanamaz.
- **Orta Bilgi Düzeyi:** Binanın taşıyıcı sistem projeleri mevcut değilse, sınırlı bilgi düzeyine göre daha fazla ölçüm yapılır. Binanın taşıyıcı sistem projelerinin mevcut olduğu durumlarda ise sınırlı bilgi düzeyinde belirtilen ölçümlerin yapılmasıyla proje bilgileri doğrulanır. Numunelerin analizlerinden elde edilen ortalama değerden standart sapmanın çıkarılmasıyla, mevcut beton dayanımı (f_{cm}) belirlenecektir. Görsel inceleme ile tesbit edilen donatı sınıfının karakteristik akma dayanımı mevcut donatı dayanımı olarak alınacaktır.
- **Kapsamlı Bilgi Düzeyi:** Binanın taşıyıcı sistem projeleri mevcuttur. Proje bilgilerinin doğrulanması amacıyla yeterli düzeyde ölçümler yapılır. Mevcut beton basınç dayanımı (f_{cm}) olarak, binadan alınan numuneler üzerinde yapılan deneyler sonucu elde edilen en düşük dayanım değeri kullanılacaktır. Görsel inceleme ile tespit edilen donatı sınıflarının her biri için örnek

alınacak, bu örnekler üzerinde deney yapılacak, bulunan malzeme özelliklerinin projeye uygunluğu incelenecektir. Sonuçların projeye uygun çıkması durumunda projede kullanılan çeliğin karakteristik akma dayanımı mevcut çelik dayanımı olarak kullanılacaktır. Sonuçların projeye uygun olmaması durumunda en az üç dört adet numune üzerinde daha inceleme yapılacak ve elde edilen en elverişsiz değer mevcut donatı dayanımı olarak alınacaktır.

Özellikle belirtilmediği müddetçe malzeme dayanımları ilgili tasarım yönetmeliklerinde verilen malzeme katsayıları (γ_m) ile bölünmeyecek, hesaplarda mevcut dayanımlar kullanılacaktır.

İncelenen binalar için belirlenen bilgi düzeylerine göre, eleman kapasitelerinin hesabında kullanılacak Bilgi Düzeyi Katsayıları Çizelge 2.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 2.1 : Binalar İçin Bilgi Düzeyi Katsayıları

Bilgi Düzeyi	Bilgi Düzeyi Katsayısı
Sınırlı	0.75
Orta	0.9
Kapsamlı	1

2.3 Betonarme Yapı Elemanlarında Hasar Sınırları ve Bölgeleri

Yapıların deprem etkileri altındaki performanslarının değerlendirilmesinde genel olarak iki farklı kriter göz önünde bulundurulmaktadır. Dayanım (kuvvet) bazlı değerlendirme adı verilen ve doğrusal elastik değerlendirme yöntemlerinin temelini oluşturan yöntemde, elastik deprem yüklerinden kaynaklanan ve doğrusal teoriye göre hesaplanan etkiler yapı elemanlarının dayanım kapasiteleriyle karşılaştırılmakta, yapı elemanlarının sünekliğini göz önünde bulundurmak için deprem yükü azaltma katsayıları kullanılmakta ve bu şekilde yapılan değerlendirmeler neticesinde binanın beklenen performans hedefini sağlayıp sağlamadığı belirlenmektedir.

Doğrusal elastik olmayan değerlendirme yöntemlerinin temelini, yerdeğiştirme ve şekildeğiştirme bazlı karşılaştırma yöntemleri oluşturmaktadır. Bu tip değerlendirme yöntemleri gerek malzeme, gerekse geometri bakımından doğrusal olmayan sistem hesabına dayanmaktadır ve belirli bir deprem etkisi için yapı yerdeğiştirme istemine ulaştığında, beklenen performans seviyesinin sağlanıp sağlanmadığı kontrol edilmektedir.

İki yaklaşım türünde de yapı elemanları için hasar sınırları ve hasar bölgeleri tanımlanmıştır. Hasar sınırlarının belirlenmesinde yapı elemanları, kapasitelerine hangi çeşit kırılma ile ulaştıklarına göre “sünek” ve “gevrek” şeklinde iki türe ayrılırlar.

2.3.1 Betonarme elemanlarda kesit hasar sınırları

Plastik şekildeğştirmelerin meydana geldiği betonarme sünek taşıyıcı sistem elemanlarında, çeşitli hasar sınırlarına göre izin verilen şekildeğştirme üst sınırları (kapasiteleri) aşağıda tanımlanmıştır [2]:

- Kesit Minimum Hasar Sınırı (MN): İlgili kesitte elastik ötesi davranışın başlangıcını tanımlamaktadır. Bu hasar durumu için kesitin en dış lifindeki beton basınç birim şekildeğştirmesi ile donatı çeliğinin birim şekildeğştirmesi üst sınırları denklem (2.1)’de verilmiştir.

$$(\epsilon_{cu})_{MN} = 0.0035 \quad ; \quad (\epsilon_s)_{MN} = 0.010 \quad (2.1)$$

- Kesit Güvenlik Sınırı (GV): İlgili kesitin dayanımını güvenli olarak sağlayabileceği elastik ötesi davranışın sınırını tanımlamaktadır. Bu hasar durumu için etriye içindeki bölgenin en dış lifindeki beton basınç birim şekildeğştirmesi ile donatı çeliği birim şekildeğştirmesi üst sınırları denklem (2.2)’de verilmiştir.

$$(\epsilon_{cg})_{GV} = 0.0035 + 0.01 (\rho_s / \rho_{sm}) \leq 0.0135 \quad ; \quad (\epsilon_s)_{GV} = 0.040 \quad (2.2)$$

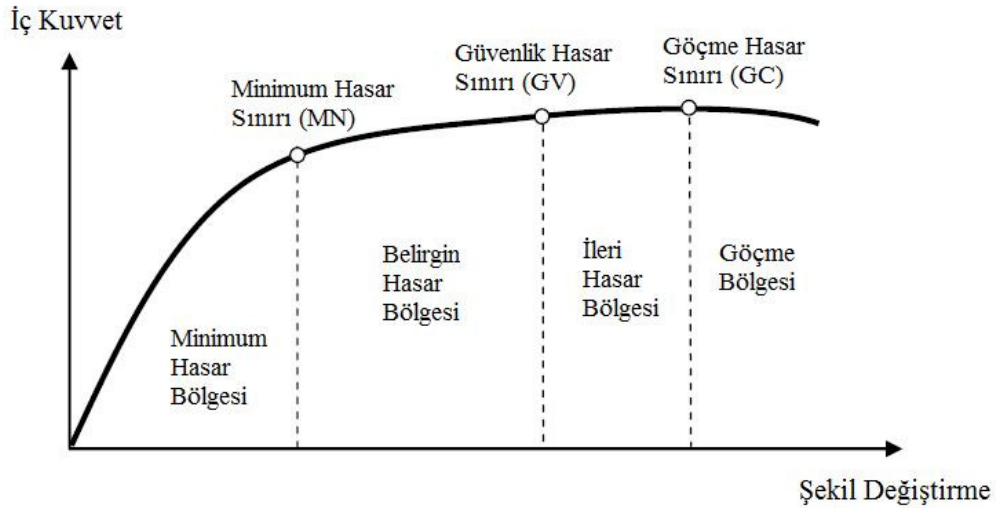
- Kesit Göçme Sınırı (GÇ): İlgili kesitin göçme öncesi davranışının sınırını tanımlamaktadır. Bu hasar durumu için etriye içindeki bölgenin en dış lifindeki beton basınç birim şekildeğştirmesi ile donatı çeliği birim şekildeğştirmesi üst sınırları denklem (2.3)’de verilmiştir.

$$(\epsilon_{cg})_{GÇ} = 0.004 + 0.014 (\rho_s / \rho_{sm}) \leq 0.018 \quad ; \quad (\epsilon_s)_{GÇ} = 0.060 \quad (2.3)$$

Bu denklemlerde göz önüne alınacak enine donatıların özel deprem etriyeleri ve çirozları olarak düzenlenmiş olmaları gerekmektedir. Gevrek yani, eksenel basınç ve kesme gibi etkiler altında kapasitesine ulaşan elemanlar için elastik ötesi davranışa izin verilmemektedir.

2.3.2 Kesit hasar bölgeleri

Kritik kesitlerinin 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 alırlar [2]. Kesit hasar sınırları ve bölgeleri Şekil 2.1'de gösterilmektedir.



Şekil 2.1 : Kesit hasar sınırları ve bölgeleri

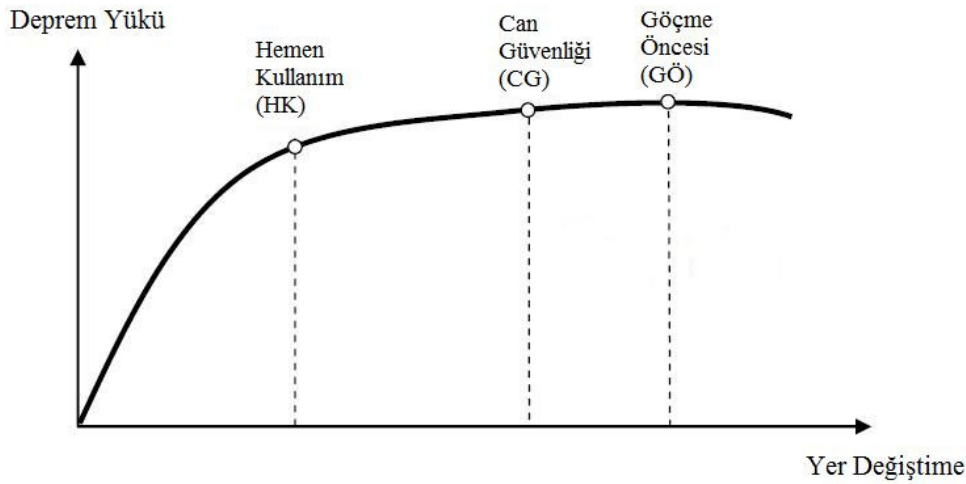
Şekil 2.1'de gösterilen grafiğin ilk bölümünde, grafik elastik davranışa yakın bir davranış sergilerken, iç kuvvet artmaya devam ettikçe elasto-plastik davranış ortaya çıkmaktadır. Yapısal elemanlardaki elastik ötesi davranışın belirgin başlangıcı, *Minimum Hasar Sınırı (MN)* olarak tanımlanmıştır. *Göçme Sınırı (GÇ)* iç kuvvetlerin azaldığı ve güç tükenmesinin ortaya çıktığı durumu belirtmektedir. Bu iki hasar sınırının ortasında ise kesitin dayanımını güvenli olarak sağlayabileceği elastik ötesi davranışın sınırını gösteren *Güvenlik Sınırı (GV)* bulunmaktadır [3].

TS-500'e göre hesaplanan kesme kapasitesi (V_r), eğilme kapasitesine bağlı olarak hesaplanan kesme kuvvetinden (V_e) küçük olan elemanlar gevrek davranış sergilerler ve doğrudan *Göçme Bölgesi*'nde yer alırlar [4].

2.4 Betonarme Yapılarda Deprem Performans Düzeyleri

Belirli bir deprem etkisi sonucu, yapının taşıyıcı ve taşıyıcı olmayan elemanlarında meydana gelmesi beklenen hasar durumlarının limitlerine yapının performans düzeyi

adı verilir. Bu elemanlardaki hasarın miktarına bağlı olarak yapının ne durumda olduğuna, hemen kullanılıp kullanılamayacağına, can güvenliği açısından bir tehlike arz edip etmediğine, göçme ihtimalinin olup olmadığına karar verilir. Şekil 2.2 deprem etkisi altındaki yapının statik davranışını tepe yer değiştirmesi ve toplam taban kesme kuvveti arasında çizilen bir eğri ile tanımlamaktadır. Yapılar için performans düzeylerini gösteren bu eğri, kesit hasar sınırları ve bölgelerini gösteren eğriye benzemektedir. Bu eğri üzerindeki Hemen Kullanım Performans Düzeyi (HK), elastik ötesi davranışın belirgin başlangıcını göstermektedir ve sınırlı hasar durumuna karşı gelmektedir. Can Güvenliği Performans Düzeyi (CG), taşıyıcı sistemin elastik ötesi şekildeğiştirmelerle yatay yük kapasitesini güvenli olarak sağlayabileceği sınırı göstermektedir. Göçme Öncesi Performans Düzeyi (GÖ), yapıya etki eden deprem yükünün azaldığı ve yapıda güç tükenmesinin ortaya çıktığı durumu göstermektedir.



Şekil 2.2 : Taşıyıcı sistem (bina) performans düzeyleri

2.4.1 Hemen kullanım performans düzeyi

Deprem etkisi sonucunda oluşan hasar minimum seviyededir, yapısal elemanlar bütün kapasite ve dayanım özelliklerini hemen hemen muhafaza etmektedir. Yapı kalıcı ötelemeler yapmamıştır.

DBYBHY 2007 Bölüm 7.7.2'e göre herhangi bir katta, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda kirişlerin en fazla %10'u Belirgin Hasar Bölgesi'ne geçebilir, ancak diğer taşıyıcı elemanlarının tümü Minimum Hasar Bölgesi'ndedir. Eğer varsa, gevrek olarak hasar gören elemanların güçlendirilmeleri

kaydı ile, bu durumdaki binaların Hemen Kullanım Performans Düzeyi'nde olduğu kabul edilir [2].

2.4.2 Can güvenliği performans düzeyi

Yapının taşıyıcı sistem elemanlarında bir miktar hasar meydana gelmiş olsa da yerel veya toptan göçme mevcut değildir. Yapıda az miktarda kalıcı ötelenmeler oluşabilir ancak can güvenliği tehlikesi yoktur.

DBYBHY 2007 Bölüm 7.7.3'e göre Eğer varsa, gevrek olarak hasar gören elemanların güçlendirilmeleri kaydı ile, aşağıdaki koşulları sağlayan binaların Can Güvenliği Performans Düzeyi'nde olduğu kabul edilir [2]:

- (a) Herhangi bir katta, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda, ikincil (yatay yük taşıyıcı sisteminde yer almayan) kirişler hariç olmak üzere, kirişlerin en fazla %30'u ve kolonların aşağıdaki (b) paragrafında tanımlanan kadarı İleri Hasar Bölgesi'ne geçebilir.
- (b) İleri Hasar Bölgesi'ndeki kolonların, her bir katta kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine toplam katkısı %20'nin altında olmalıdır. En üst katta İleri Hasar Bölgesi'ndeki kolonların kesme kuvvetleri toplamının, o kattaki tüm kolonların kesme kuvvetlerinin toplamına oranı en fazla %40 olabilir.
- (c) Diğer taşıyıcı elemanların tümü Minimum Hasar Bölgesi veya Belirgin Hasar Bölgesi'ndedir. Ancak, herhangi bir katta alt ve üst kesitlerinin ikisinde birden Minimum Hasar Sınırı aşılmış olan kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetlerinin, o kattaki tüm kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine oranının %30'u aşmaması gerekir.

2.4.3 Göçme öncesi performans düzeyi

Yapısal elemanların önemli bir bölümünde hasar meydana gelmiş, güç tükenmesi ortaya çıkmış ve yapıda kalıcı ötelenmeler oluşmuştur. Yapının bu haliyle kullanılması can güvenliği açısından sakıncalıdır.

DBYBHY 2007 Bölüm 7.7.4'e göre, Gevrek olarak hasar gören tüm elemanların Göçme Bölgesi'nde olduğunun gözönüne alınması kaydı ile, aşağıdaki koşulları sağlayan binaların Göçme Öncesi Performans Düzeyi'nde olduğu kabul edilir [2]:

- (a) Herhangi bir katta, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda, ikincil (yatay yük taşıyıcı sisteminde yer almayan) kirişler hariç olmak üzere, kirişlerin en fazla %20'si Göçme Bölgesi'ne geçebilir.
- (b) Diğer taşıyıcı elemanların tümü Minimum Hasar Bölgesi, Belirgin Hasar Bölgesi veya İleri Hasar Bölgesi'ndedir. Ancak, herhangi bir katta alt ve üst kesitlerinin ikisinde birden Minimum Hasar Sınırı aşılmış olan kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetlerinin, o kattaki tüm kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine oranının %30'u aşmaması gerekir.
- (c) Binanın mevcut durumunda kullanımı can güvenliği bakımından sakıncalıdır.

2.4.4 Göçme durumu

DBYBHY 2007 Bölüm 7.7.4'e göre, Bina Göçme Öncesi Performans Düzeyi'ni sağlayamıyorsa Göçme Durumu'ndadır. Binanın kullanımı can güvenliği bakımından sakıncalıdır [2].

2.5 Deprem Etkisi

Performansa dayalı tasarımda binanın kullanım amacı ve türüne bağlı olarak, hangi büyüklükte deprem etkisine maruz kaldığında hangi performans seviyesini sağlaması gerektiği belirlenmelidir. Bu sebeple performans analizlerde kullanmak üzere değişik deprem etki seviyeleri tanımlanmıştır. Farklı deprem etki seviyeleri spektrum eğrilerinin tanımlanması ile belirlenir. Bu deprem etkileri genel olarak 50 yıllık bir süreç içindeki aşılma olasılıkları ve benzer depremlerin meydana gelmesi arasındaki zaman aralığına (dönüş periyodu) göre belirlenmektedir. Aşağıda üç ana deprem etkisinden bahsedilmektedir, Çizelge 2.2'de deprem etkisi parametreleri gösterilmiştir.

- Kullanım Depremi: 50 yılda aşılma olasılığı %50 olan yer hareketidir. Dönüş periyodu yaklaşık 72 yıl olan bu depreme yapının ömrü boyunca en az bir kere maruz kalması muhtemeldir. Maksimum deprem ivmesi altta bahsedilen Tasarım Depremi'nin yarısı kadar yani 0.2g olarak kabul edilir.
- Tasarım Depremi: 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan yer hareketidir. Yapının ömrü boyunca gerçekleşmesi düşük bir ihtimal olan bu depremin dönüş periyodu yaklaşık 474 yıldır. Bina önem katsayısı 1 olan yeni yapıların

tasarımında bu deprem esas alınmaktadır. Maksimum deprem ivmesi 0.4g olarak kabul edilir.

- En Büyük Deprem: 50 yılda meydana gelme olasılığı %2 olan yer hareketidir. Yapı ömrü boyunca gerçekleşme ihtimali çok az olan bu depremin dönüş periyodu yaklaşık 2475 yıldır. Bina önem katsayısının 1'den büyük seçilmesiyle göz önüne alınır. Maksimum deprem ivmesi 0.6g olarak kabul edilir.

Çizelge 2.2 : Deprem etkisi parametreleri

Deprem Türü	Maksimum Deprem Etkisi (g)	Deprem Etkisi Katsayısı	50 Yılda Aşılma Olasılığı	Ortalama Dönüş Periyodu
Kullanım Depremi	0.2	0,50	% 50	72 Yıl
Tasarım Depremi	0.4	1,00	% 10	474 Yıl
En Büyük Deprem	0.6	1,50	% 2	2475 Yıl

2.6 Binalar İçin Hedeflenen Performans Düzeyleri

Performans hedefi, belirli bir deprem etkisi altında bina için öngörülen yapısal performans düzeyi olarak tanımlanabilir. Bir binanın farklı deprem etkileri altında, farklı performans seviyelerini sağlaması beklenebilir. Çizelge 2.3'te binaların performanslarının belirlenmesinde esas alınacak deprem düzeyleri ile birlikte, bu deprem düzeyleri için binaların kullanım amaçları ve türlerine göre sağlaması gereken minimum performans hedefleri gösterilmiştir.

Çizelge 2.3 : Farklı deprem düzeylerinde binalar için öngörülen minimum performans hedefleri

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

2.7 Bina Performansının Doğrusal Elastik Olmayan Analiz Yöntemleri İle Belirlenmesi

Doğrusal elastik olmayan analiz yöntemlerinin amacı, deprem etkisi altında bir binanın yapısal performansı belirlenirken, yapıdaki sünek davranışa ilişkin plastik şekil değiştirme istemleri ve gevrek davranışa ilişkin iç kuvvet istemlerinin hesaplanmasıdır. Hesaplanan bu istem büyüklüklerinin DBYBHY 2007 Bölüm 7’de tanımlanmış şekil değiştirme ve iç kuvvet sınır değerleri ile karşılaştırılması ile kesit ve bina düzeyinde performans değerlendirmesi yapmak mümkündür. Böylelikle binaların, elastik sınırların aşılmasına sebep olan bir deprem etkisinde nasıl davranacakları ve göçme mekanizmalarının ne şekilde meydana geleceği daha açık bir şekilde anlaşılabilir.

Doğrusal hesap yöntemleri ile yapının elastik kapasitesi görülebilir, elemanlarda oluşacak akma başlangıcının yeri tespit edilebilir fakat göçme mekanizmasının nasıl olacağı ve akma sırasında elemanlardaki kuvvet dağılımları belirlenemez.

Performansa dayalı tasarımın üç önemli kavramı, talep, performans ve kapasitedir. Talep deprem etkisini, kapasite ise yapının deprem etkisini karşılama yeteneğini temsil eder. Performans, kapasitenin talebi karşılama yeteneği ile alakalıdır. Yapının tasarım veya değerlendirme performans hedefini sağlayabilmesi için kapasitenin talebi karşılayabilmesi gerekir. Aşağıda bu üç kavram kısaca açıklanmıştır.

- **Kapasite:** Yapının toplam kapasitesi yapı bünyesindeki elemanların dayanım ve deformasyon kapasitelerine bağlıdır. Doğrusal analiz yöntemleri ile binanın elastik sınırlar dahilindeki deformasyon yapabilme kapasitesi belirlenebilir fakat elastik sınırlar ötesindeki kapasitenin belirlenebilmesi için doğrusal olmayan analiz yöntemlerine ihtiyaç duyulur. Bu yöntemlerde tüm yapının kuvvet – deplasman diyagramının elde edilmesi için bir dizi ardışık elastik analizin kullanılması gerekir. Bu yöntemde yapının matematiksel modeli akma noktasını geçen elemanların azaltılmış dayanımları göz önünde bulundurularak yeniden düzenlenir. Yatay kuvvet dağılımı, sistem yeni bir akma noktasına ulaşıncaya kadar uygulanır. Yapının stabilitesi bozuluncaya ya da önceden belirlenmiş hedef deplasman sınırına ulaşıncaya kadar bu işleme devam edilir. Bu şekilde, önceden belirlenen sınıra ulaşılması durumuna ya da mekanizma meydana gelmesi haline ait yapı toplam kapasitesi elde edilir.
- **Talep:** Analiz esnasında göz önüne alınacak deprem etkisi ve bu deprem etkisi sonucunda binada oluşacak kesit etkileri, şekildeğişiklikler ve yerdeğişiklikler olarak tanımlanabilir.
- **Performans:** Deprem etkisi altındaki yapılarda önceden belirlenen hasar sınırları doğrultusunda oluşan en büyük şekildeğişikliklerin belirlenmesi ve sınıflandırılması olarak tanımlanabilir. Kapasitenin talebi karşılayıp karşılayamadığının bir göstergesi olarak da belirtilebilir. Kapasite eğrisi ve talep deplasmanı tanımlandığı zaman performans kontrolü yapılabilir.

DBYBHY 2007 kapsamında yer alan doğrusal elastik olmayan analiz yöntemleri, Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi, Artımsal Mod Birleştirme Yöntemi ve Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi'dir. Bu çalışmada, Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ayrıntılı bir şekilde ele alınacak, diğer yöntemler hakkında özet bilgi verilecektir.

2.7.1 Artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi ile itme analizi

Bu yöntemi, X ve Y deprem doğrultusunda birinci (hakim) titreşim mod şekliyle orantılı olacak şekilde, deprem istem (talep) sınırına kadar monotonik olarak adım adım arttırılan eşdeğer deprem yüklerinin etkisi altında doğrusal olmayan itme analizinin yapılması şeklinde tanımlamak mümkündür. Düşey yük analizinin ardından yapılan itme analizinin her bir adımında, taşıyıcı sistemde oluşan yerdeğiştirme, elastik ötesi şekildeğiştirme ve iç kuvvetlere ait kümülatif değerler ile son adımda deprem istemine karşılık gelen maksimum değerler hesaplanır.

Bu yöntem kullanılarak analiz yapılabilmesi için betonarme bir binanın sağlaması gereken koşullar, DBYBHY 2007 Bölüm 7.6.5.2.'de şu şekilde açıklanmıştır:

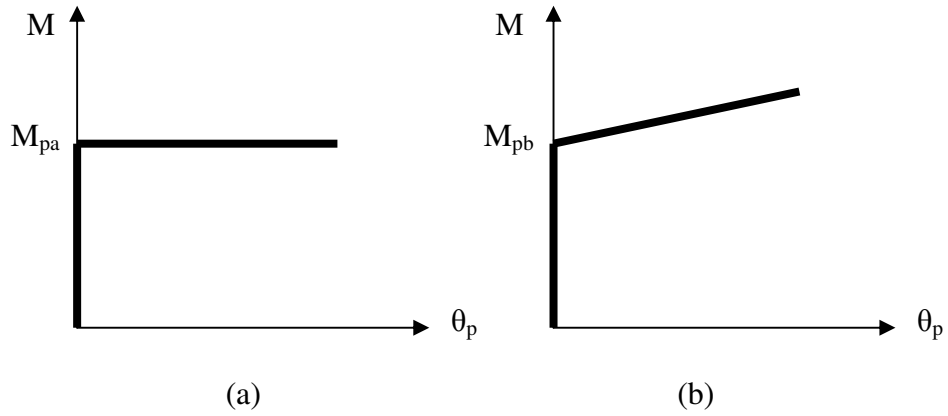
- Yapının kat adedi bodrum hariç 8 kattan fazla olmamalıdır,
- Herhangi bir katta ek dışmerkezlik gözönüne alınmaksızın doğrusal elastik davranışa göre hesaplanan burulma düzensizliği katsayısı, $\eta_{bi} < 1.4$ koşulunu sağlamalıdır,
- Gözönüne alınan deprem doğrultusunda, doğrusal elastik davranış esas alınarak hesaplanan birinci (hakim) titreşim moduna ait etkin kütlelerin, toplam bina kütlelerine (rijit perdelerle çevrelenen bodrum katlarının kütleleri hariç) oranı en az 0.70 olmalıdır.

2.7.1.1 Artımsal eşdeğer deprem yükü yönteminde yapılan kabuller

DBYBHY 2007 Bölüm 7.6.4'te doğrusal elastik olmayan davranışın idealleştirilmesi için gerekli kabuller belirtilmiştir. Bu kabullerin neler olduğu aşağıda açıklanmıştır.

- Yıgılı plastik mafsallı model, malzeme bakımından doğrusal olmayan davranışın idealleştirilebilmesi için esas alınabilir. Çubuk eleman olarak idealleştirilen kiriş, kolon ve perde türü taşıyıcı sistem elemanlarındaki iç kuvvetlerin plastik kapasitelerine eriştiği sonlu uzunluktaki bölgeler boyunca, plastik şekildeğiştirmelerin düzgün yayılı biçimde oluştuğunu varsayan bu model Plastik Mafsallı Hipotezi'ne karşı gelmektedir. Plastik mafsallı boyu olarak adlandırılan plastik şekildeğiştirme bölgesinin uzunluğu (L_p), çalışan doğrultudaki kesit boyutu (h)'nin yarısına eşit kabul edilir ($L_p = 0,5 h$).
- Plastik mafsallar üç boyutlu modelde kiriş ve kolonların uçlarına, perdelerin ise alt uçlarına yerleştirilebilir.

- İç kuvvet-plastik şekildeğiştirme bağıntılarında pekleşme etkisi (plastik dönme artışına bağlı olarak plastik momentin artışı) yaklaşık olarak terk edilebilir. Şekil 2.3(a)'da gösterilen bu durumda , bir veya iki eksenli eğilme ve eksenel kuvvet etkisindeki kesitlerde plastikleşmeyi izleyen itme adımlarında, iç kuvvetlerin akma yüzeyinin üzerinde kalması şartı ile plastik şekildeğiştirme vektörünün akma yüzeyine yaklaşık olarak dik olması koşulu gözönüne alınır. Pekleşme etkisinin gözönüne alınması durumunda, bir veya iki eksenli eğilme ve eksenel kuvvet etkisindeki kesitlerde plastikleşmeyi izleyen itme adımlarında iç kuvvetlerin ve plastik şekildeğiştirme vektörünün sağlaması gereken koşullar, ilgili literatürden alınan uygun bir pekleşme modeline göre belirlenebilir. Şekil 2.3(b) pekleşme etkisinin göz önüne alındığı durumu göstermektedir.



Şekil 2.3 : Eğilme momenti – plastik dönme bağıntıları

- Taşıyıcı elemanların malzeme özellikleri belirlenirken mevcut malzeme dayanımları kullanılır. Sargılı betonun malzeme özellikleri için Mander teorik gerilme - şekildeğiştirme modeli kullanılabilir.
- Tablalı kiriş kesitlerinde, tabladaki beton ve donatının kesit kapasitesine katkısının olduğu kabul edilebilir.
- Betonun maksimum basınç birim şekildeğiştirmesi 0,003, donatı çeliğinin maksimum birim şekildeğiştirmesi ise 0,01 kabul edilir.
- Eğilme etkisindeki betonarme elemanlarda çatlamış kesitlere ait etkin eğilme rijitlikleri kullanılmalıdır. Daha kesin bir hesap yapılmadıkça etkin eğilme

rijitliklerinin belirlenmesi için kirişlerde Denklem (2.4), kolon ve perdelerde ise Denklem (2.5) ile (2.6) kullanılabilir.

$$\text{Kirişlerde: } (EI)_e = 0,40 (EI)_o \quad (2.4)$$

$$\text{Kolon ve perdelerde, } N_D / (A_c f_{cm}) \leq 0,10 \text{ ise: } (EI)_e = 0,40 (EI)_o \quad (2.5)$$

$$N_D / (A_c f_{cm}) \geq 0,40 \text{ ise: } (EI)_e = 0,80 (EI)_o \quad (2.6)$$

2.7.1.2 Modal kapasite eğrisinin elde edilmesi

Artımsal itme analizi esnasında, eşdeğer deprem yükü dağılımının taşıyıcı sistemdeki plastik kesit oluşumlarından bağımsız biçimde sabit kaldığı kabulü yapılabilir. Bu durumda yük dağılımı, analizin başlangıç adımıda doğrusal elastik davranış için hesaplanmış olan birinci (deprem doğrultusunda hakim) doğal titreşim mod şekli genliği ile ilgili kütlenin çarpımı sonucunda elde edilen değer ile orantılı olacak şekilde belirlenir. Kat döşemelerinin rijit diyafram olarak idealleştirildiği yapılarda, birinci doğal titreşim mod şeklinin genlikleri olarak her katın kütle merkezindeki birbirine dik iki yatay öteleme ile kütle merkezinden geçen düşey eksen etrafındaki dönme gözönünde bulundurulur.

Koordinatları “tepe yerdeğiştirmesi – taban kesme kuvveti” olan itme eğrisi, sabit yük dağılımına göre yapılan itme analizi sonucunda elde edilir. Yapının en üst katındaki kütle merkezinde, gözönüne alınan deprem doğrultusundaki her itme adımıda hesaplanan yerdeğiştirme, tepe yerdeğiştirmesidir. Taban kesme kuvveti ise, her adımda eşdeğer deprem yüklerinin göz önüne alınan deprem doğrultusundaki toplamıdır. İtme eğrisine uygulanan koordinat dönüşümü ile, koordinatları “modal yerdeğiştirme – modal ivme” olan modal kapasite eğrisinin elde edilişi aşağıda açıklanmıştır.

$a_1^{(i)}$: (i)’inci itme adımıda birinci (deprem doğrultusunda hakim) moda ait modal ivmedir ve aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$a_1^{(i)} = \frac{V_{x1}^{(i)}}{M_{x1}} \quad (2.7)$$

Yukarıdaki denklemde $V_{x1}^{(i)}$, x deprem doğrultusunda (i)'inci itme adımı sonunda elde edilen birinci (hakim) moda ait taban kesme kuvvetini göstermektedir. M_{x1} ise, x deprem doğrultusunda, doğrusal elastik davranış için tanımlanan birinci (hakim) moda ait etkin kütleyle belirtilmektedir.

$d_1^{(i)}$ ile gösterilen (i)'inci itme adımında birinci (hakim) moda ait yerdeğiştirmenin belirlenmesi için aşağıdaki denklemden yararlanılabilir:

$$d_1^{(i)} = \frac{u_{xN1}^{(i)}}{\Gamma_{x1} \Phi_{xN1}} \quad (2.8)$$

$u_{xN1}^{(i)}$ binanın en üst (N'inci) katında, x deprem doğrultusunda (i)'inci itme adımı sonunda elde edilen birinci (hakim) moda ait yerdeğiştirmeyi göstermektedir. Φ_{xN1} değeri x deprem doğrultusunda, birinci (hakim) moda ait, yapının en üstündeki modal genliktir. Birinci (hakim) moda ait katkı çarpanı Γ_{x1} , değerinin nasıl hesaplanacağı Denklem (2.9)'da gösterilmiştir.

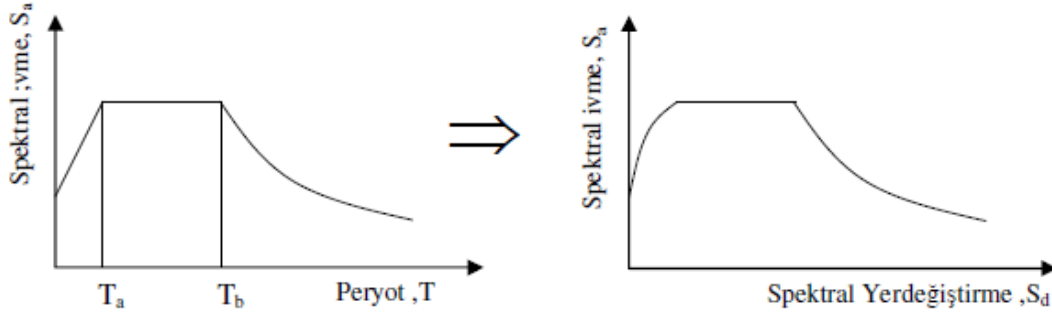
$$\Gamma_{x1} = \frac{L_{x1}}{M_1} \quad (2.9)$$

2.7.1.3 Talep spektrumunun elde edilmesi

Doğrusal eşdeğer deprem yükü yöntemi ile analizde, deprem etkisi spektrum eğrisi ile belirlenmiştir. Eğrinin karakteristik periyotları zemin grubuna göre değişiklik göstermektedir. X ekseninde periyot (T [s]) değerlerini ve Y ekseninde spektral ivme (S_a) değerlerini göstermektedir. Spektral ivmeyi gösteren eksen boyutsuzdur, çünkü yerçekimi ivmesi (g) ve etkin yer ivmesi katsayısı (A_o) değerlerine bölünmüştür. Deprem talep spektrumu eksenlerinin boyut olarak, modal kapasite spektrumu ile kesiştirme için aynı tür olması gerekmektedir.

$$S_d = \frac{S_a}{\omega^2} = S_a \frac{T^2}{(2\pi)^2} \quad (2.10)$$

Deprem talep spektrumunun Y ekseninde spektral ivme (S_a [m/s^2]) ve X ekseninde spektral yerdeğiştirme (S_d [m]) bulunmaktadır.



şekil 2.4 : Deprem talep spektrumunun elde edilişi

2.7.1.4 Tepe yerdeğiştirmesi isteminin belirlenmesi

İtme analizi neticesinde elde edilen modal kapasite diyagramı ile elastik davranış spektrumu ve farklı aşılma olasılıklı deprem istemi için bu spektrum üzerinde yapılan değişiklikler gözönünde bulundurularak, birinci (hakim) moda ait maksimum modal yerdeğiştirme yani, modal yerdeğiştirme istemi belirlenir. Tanım olarak modal yerdeğiştirme istemi $d_1^{(p)}$, doğrusal olmayan spektral yerdeğiştirme S_{di1} ’e eşittir:

$$d_1^{(p)} = S_{di1} \quad (2.11)$$

Doğrusal elastik olmayan spektral yerdeğiştirme S_{di1} , itme analizinin ilk adımında doğrusal elastik davranış esas alınarak hesaplanmış olan birinci (hakim) moda ait $T_1^{(1)}$ başlangıç periyoduna karşı gelmekte olan doğrusal elastik (lineer) spektral yerdeğiştirme S_{de1} ’e bağlı olarak aşağıdaki şekilde belirlenir:

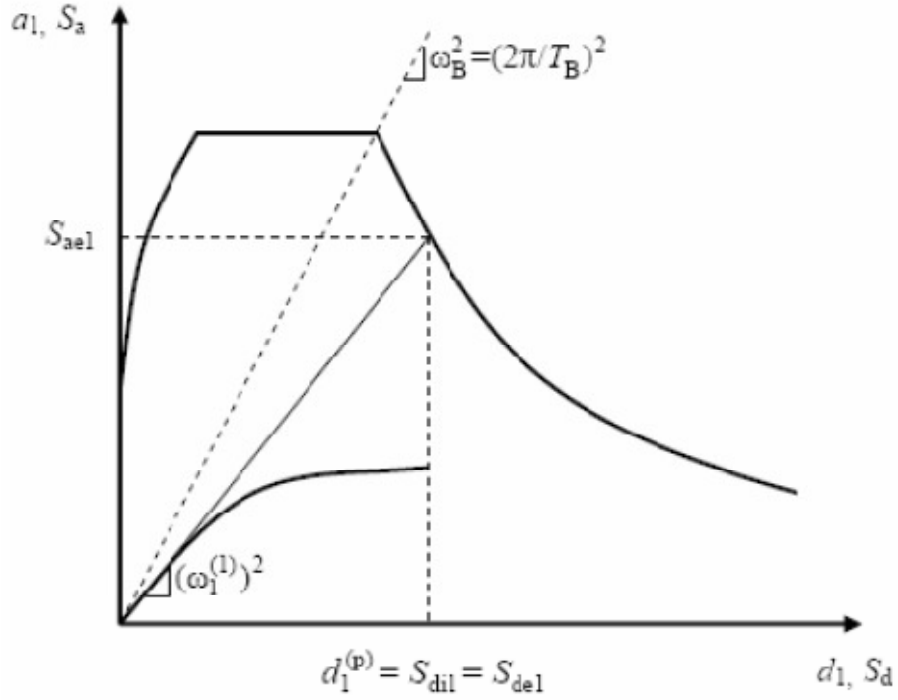
$$S_{di1} = C_{R1} S_{de1} \quad (2.12)$$

Doğrusal elastik spektral yerdeğiştirme S_{de1} , S_{ae1} yani, itme analizinin ilk adımında birinci moda ait elastik spektral ivmeye bağlı olarak Denklem (2.13)’te gösterilen şekilde hesaplanır:

$$S_{de1} = \frac{S_{ae1}}{(\omega_1^{(1)})^2} \quad (2.13)$$

C_{R1} , spektral yerdeğiştirme oranını göstermektedir ve değeri başlangıç periyodu $T_1^{(1)}$ 'e bağlı olarak belirlenmektedir. $T_1^{(1)}$ başlangıç periyodunun ($T_1^{(1)} = 2\pi / \omega_1^{(1)}$) ivme spektrumundaki T_B karakteristik periyoduna eşit veya daha uzun olması durumunda, doğrusal elastik olmayan (nonlinear) spektral yerdeğiştirme S_{di1} , eşit yerdeğiştirme kurallı doğrultusunda doğal periyodu $T_1^{(1)}$ olan eşlenik doğrusal elastik sisteme ait olan elastik spektral yerdeğiştirme S_{de1} 'e eşit alınır. Buna göre spektral yerdeğiştirme oranı aşağıdaki şekilde tanımlanır:

$$T_1^{(1)} \geq T_B \rightarrow C_{R1} = 1 \quad (2.14)$$

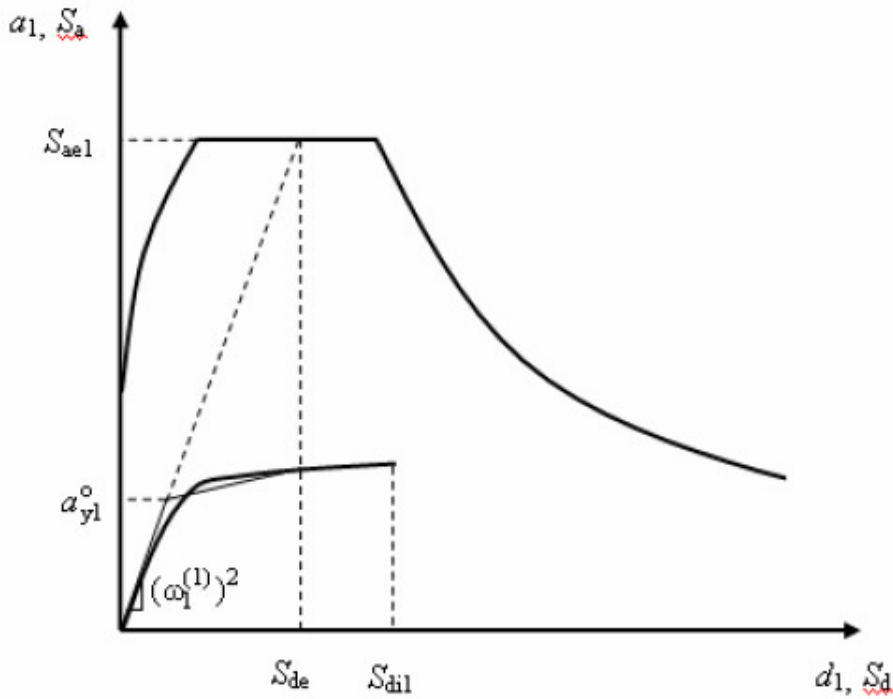


Şekil 2.5 : Performans noktasının belirlenmesi ($T_1^{(1)} \geq T_B$)

Yukarıdaki şekilde birinci (hakim) titreşim moduna ait, koordinatları (d_1 , a_1) olan modal kapasite diyagramı ve koordinatları “spektral yerdeğiştirme (S_d) – spektral ivme (S_a)” olan, davranış spektrumu bir arada gösterilmiştir.

$T_1^{(1)}$ başlangıç periyodunun, ivme spektrumundaki karakteristik periyot T_B 'den daha kısa olması halinde, spektral yerdeğiştirme oranı C_{R1} , ardışık yaklaşımla aşağıda anlatıldığı gibi hesaplanabilir.

İtme analizi sonucunda elde edilen modal kapasite diyagramı yaklaşık olarak iki doğrulu (bi-lineer) bir diyagrama dönüştürülür. Bu diyagramın başlangıç doğrusunun eğimi, itme analizinin ilk adımındaki doğrunun eğimi olan birinci moda ait $(\omega_1^{(1)})^2$ özdeğerine eşit kabul edilir. Şekil 2.6'da bu durum gösterilmiştir.



Şekil 2.6 : Performans noktasının belirlenmesi ($T_1^{(1)} < T_B$)

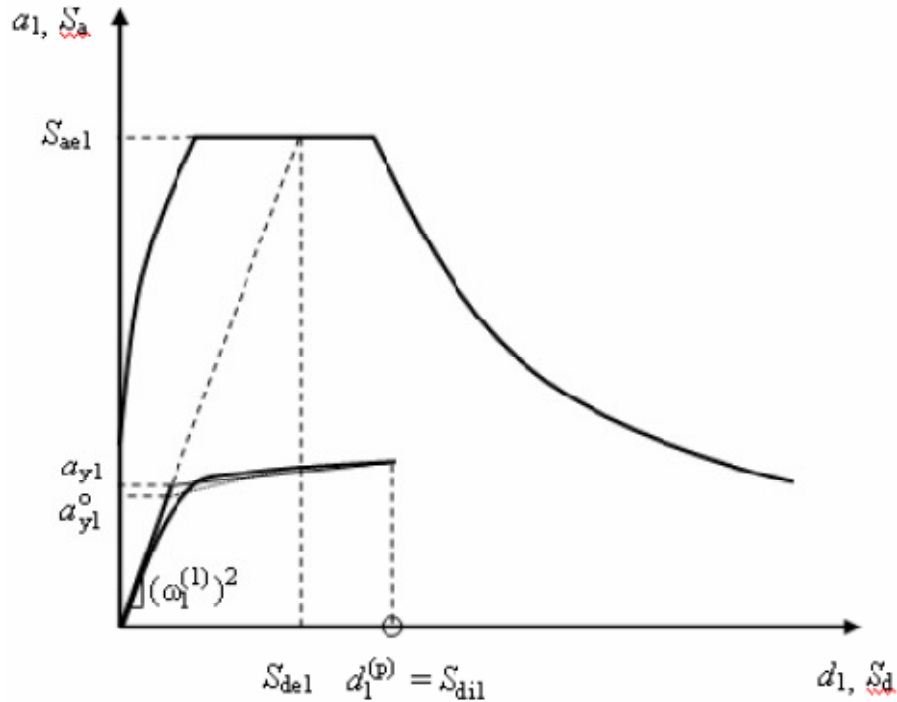
Ardışık yaklaşımın ilk adımında, spektral yerdeğiştirme oranını $C_{R1} = 1$ kabulü yapılarak, eşit alanlar kuralı doğrultusunda eşdeğer akma noktasının koordinatları belirlenir. Şekil 2.6'da görülen a_{y1}^o , esas alınarak C_{R1} aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$C_{R1} = \frac{1 + (R_{y1} - 1) T_B / T_1^{(1)}}{R_{y1}} \geq 1 \quad (2.15)$$

R_{y1} birinci moda ait dayanım azaltma katsayısıdır ve aşağıda gösterildiği şekilde hesaplanır:

$$R_{y1} = \frac{S_{ae1}}{a_{y1}} \quad (2.16)$$

Denklem (2.15) vasıtasıyla belirlenen C_{R1} kullanılarak, Denklem (2.12)'ye göre hesaplanan S_{d1} esas alınarak eşdeğer akma noktasının koordinatları Şekil 2.7'de gösterildiği gibi eşit alanlar kuralı ile tekrar belirlenir ve bunlara göre a_{y1} , R_{y1} ve C_{R1} yeniden hesaplanır. Ardışık iki adımda elde edilen sonuçların kabul edilebilir ölçüde birbirine yaklaştıkları adımda ardışık yaklaşım sonlandırılır.



Şekil 2.7 : Performans noktasının belirlenmesi ($T_1^{(1)} < T_B$)

Son itme adımı $i = p$ için Denklem (2.11)'e göre belirlenen modal yerdeğiştirme istemi $d_1^{(p)}$, Denklem (2.8)'de yerine konur ve x deprem doğrultusundaki tepe yerdeğiştirmesi istemi $u_{xN1}^{(p)}$ edilir.

$$u_{xN1}^{(p)} = \Phi_{xN1} \Gamma_{x1} d_1^{(p)} \quad (2.17)$$

Denklem (2.17) kullanılarak belirlenen tepe yer değiştirmesi istemine göre, performans noktasında ilgili deprem doğrultuları ve türleri için sistemin iç kuvvet istemleri, şekildeğiştirmeleri ve yer değiştirmeleri itme analizinden elde edilecektir.

2.7.2 Artımsal mod birleştirme yöntemi

Artımsal mod birleştirme yönteminin amacı, taşıyıcı sistem davranışını temsil eden yeteri sayıda doğal titreşim mod şekli ile orantılı olacak şekilde monotonik olarak adım adım arttırılan ve birbirleri ile uygun biçimde ölçeklendirilen modal yerdeğiştirmeler veya onlarla uyumlu modal deprem yükleri esas alınarak mod birleştirme yönteminin artımsal olarak uygulanmasıdır [2].

Artımsal mod birleştirme yöntemi ile itme analizinde her bir plastik kesitin oluşumunda tüm modların katkıları göz önünde bulundurulabilmektedir. İtme analizi haricinde ek analizlere gerek kalmaksızın plastik dönmeler ile i kuvvet istemleri doğrudan elde edilebilmektedir.

2.7.3 Zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemi

Bu hesap yönteminin amacı, taşıyıcı sistemdeki doğrusal olmayan davranış gözönünde bulundurularak sistemin hareket denkleminin adım adım entegre edilmesidir. Doğrusal olmayan zmllemede olduğu gibi plastik şekildeğiştirme, yerdeğiştirme ve i kuvvet istemleri zamana bağlı olarak, spektrum eğrisi ile uyuşan bir deprem kaydı altında bulunur. Plastik kesitlerin plastik dönmeleri belirlenir. Hasar tespiti, bulunan plastik dönmelerin karşılık geldiği beton ve donatı çeliği şekildeğiştirmeleri yardımı ile yapılır.

3. ARTIMSAL EŞDEĞER DEPREM YÜKÜ İLE İTME ANALİZİ YÖNTEMİ KULLANILARAK 6 KATLI MEVCUT OKUL BİNASININ DEPREM PERFORMANSININ BELİRLENMESİ

3.1 Giriş

Bu bölümde önceki bölümlerde anlatılmış olan doğrusal olmayan hesap yöntemlerinden Eşdeğer Deprem Yüğü ile İtme Analizi Yöntemi kullanılarak mevcut betonarme bir okul binasının deprem performansı belirlenecektir. Ele alınacak mevcut betonarme okul binası 1990 yılında inşa edilmiştir. Altı katlıdır ve kat yüksekliği 3,2 metredir. Bina, DBYBHY 2007 Bölüm 7.6.5.2 de gösterilen Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü ile İtme Analizi uygulanma şartlarını sağlamaktadır. Kalıp planına göre bina, X ve Y eksenlerinde simetrik değildir.

Binaya ait statik projelerin çoğu mevcut olmadığından yapısal elemanların özelliklerinin değerlendirilmesinde, orta bilgi düzeyi katsayısı, kullanılacaktır. Yapı İstanbul ili sınırları içerisinde yer almaktadır ve 1. Derece deprem bölgesindedir. Zemin sınıfı Z4'tür. Yapı elemanlarında kullanılan beton sınıfı C20 ve donatı çeliği sınıfı S220'dir.

Binanın bilgisayar modelinin itme analizinde, doğrusal olmayan analiz yapabilen SAP2000 V.14.1.0 kullanılmış ve deprem güvenliği tahkiki yapılmıştır [5]. Malzeme modellerinin hazırlanmasında, betonarme taşıyıcı elemanlara ait moment - eğrilik bağıntılarının çıkartılmasında, ayrıca kolonlara ait akma yüzeylerinin tanımlanmasında XTRACT V2.6.2 programı kullanılmıştır [6]. Ayrıca hasar bölgelerini belirleyen sınır beton ve donatı çeliği şekildeğiştirmelerine bağlı normal kuvvet - eğrilik bağıntılarının belirlenmesinde de yine aynı programdan yararlanılmıştır.

3.2 Yapı Hakkında Genel Bilgiler

Yapı Bilgileri:

- Kat Sayısı: 6
- Kat Yükseklikleri : 3,2 m.
- Kullanım Amacı: Okul
- Bina Taşıyıcı Sistemi: Betonarme Çerçeve Sistem

Malzeme Özellikleri:

- Beton Sınıfı: C20
- Donatı Çeliği Sınıfı: S220

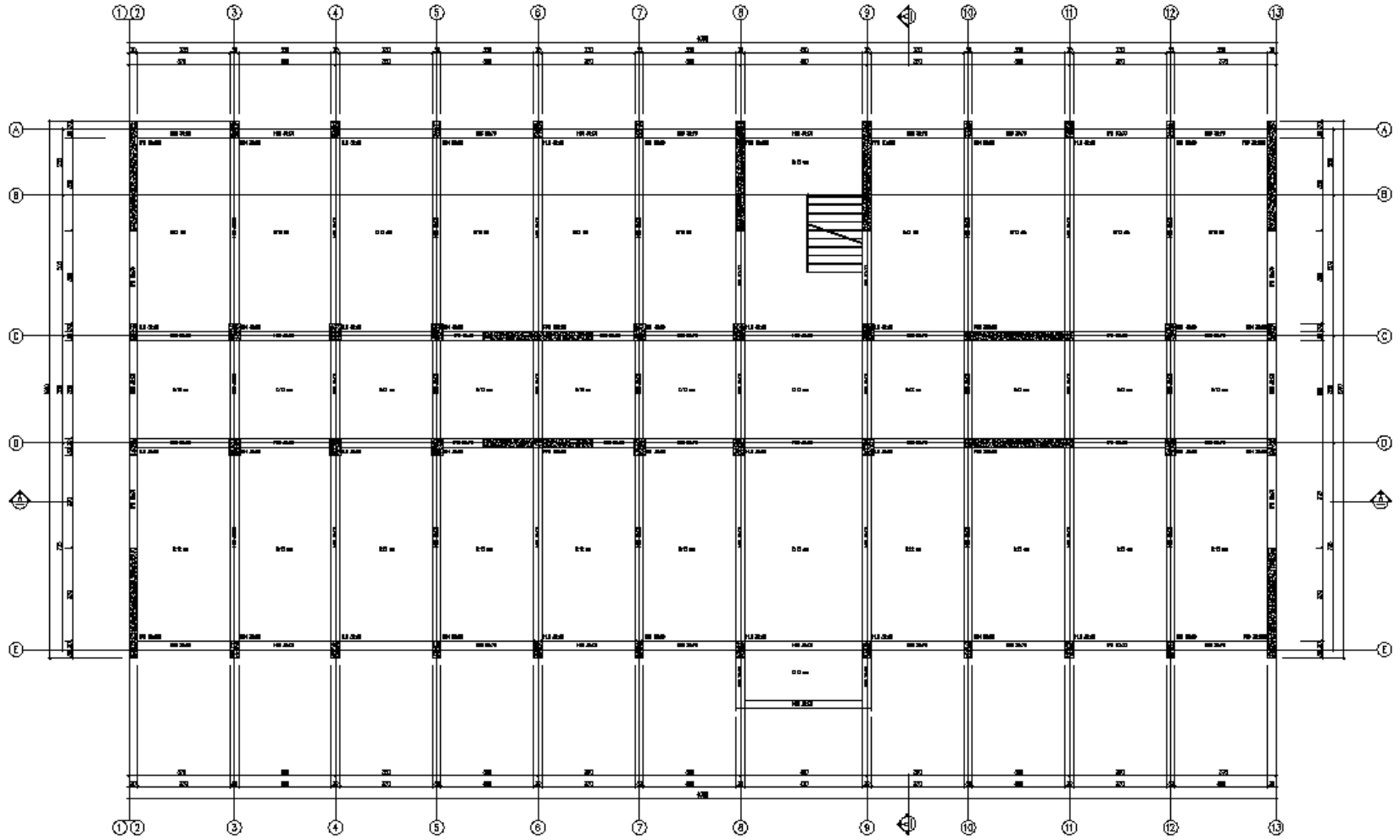
Bina Parametreleri:

- Zemin Sınıfı: Z4 ($T_A=0,2$ ve $T_B=0,9$)
- Deprem Bölgesi: 1 ($A_0=0,40$)
- Hareketli Yük Katılım Katsayısı (n) : 0,60
- Bina Bilgi Düzeyi: Orta (Bilgi Düzeyi Katsayısı: 0,9)
- Öngörülen Performans Hedefleri:
 - Aşılma olasılığı 50 yılda %10 olan depremde “Hemen Kullanım” performans seviyesi
 - Aşılma olasılığı 50 yılda %2 olan depremde “Can Güvenliği” performans seviyesi

Yükler:

- Beton yoğunluğu : 25 kN/m^3
- Dış Duvar Yüğü (Tam Tuğla) : $4,2 \text{ kN/m}^2$
- İç Duvar Yüğü (Yarım Tuğla) : 3 kN/m^2
- Hareketli Yük (Normal Kat ve Çatı Katı) : $5 \text{ kN/m}^2 - 2 \text{ kN/m}^2$

Yapıya ait kalıp planı Şekil 3.1’de gösterilmiştir.

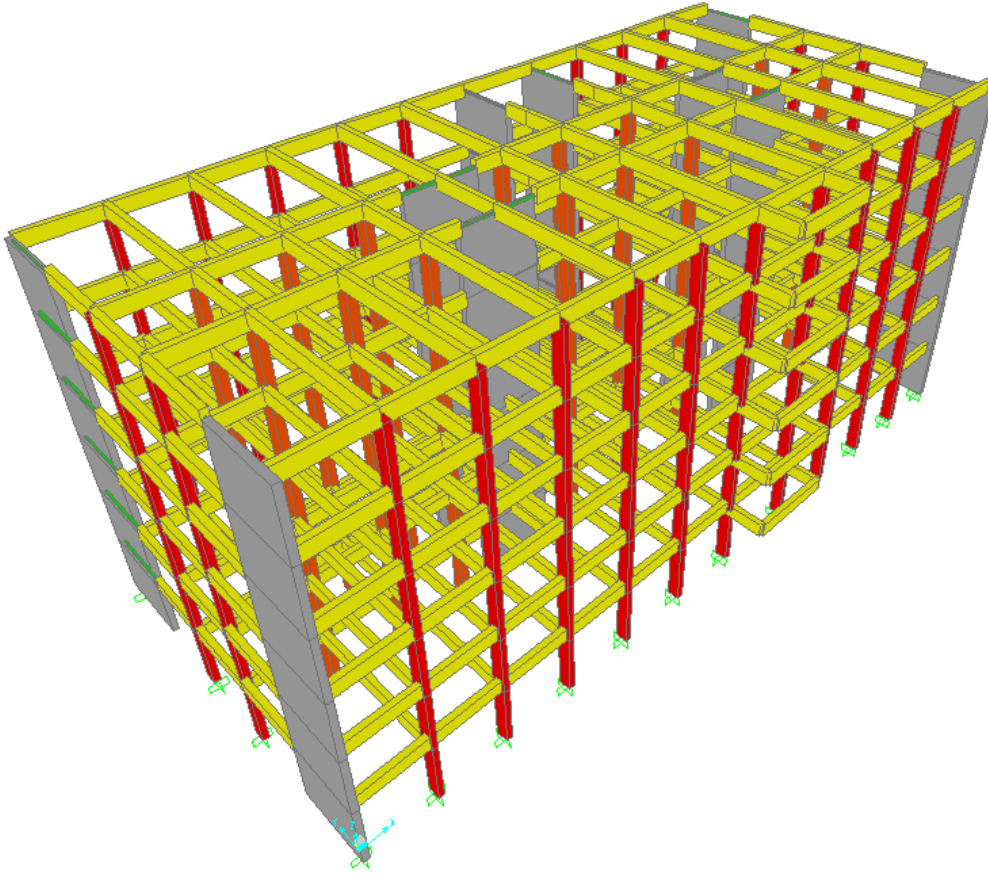


Şekil 3.1 : Zemin ve normal kat kalıp planı

3.3 Yapının Modellenmesi

Yapının geometrik modeli mevcut kalıp planlarına göre, SAP2000 programı kullanılarak bilgisayar ortamında üç boyutlu olarak hazırlanmıştır. Oluşturulan bu modelde kirişler, kolonlar ve perdeler çubuk elemanlar olarak modellenmiştir. Perdeler ile diğer taşıyıcı elemanların birleşim yerlerinde sonsuz rijit fiktif elemanlar tanımlanmıştır [7].

Yapının geometrik modelinin oluşturulmasının ardından, malzeme özellikleri ilgili kesitlere atanmıştır. Döşemeler modele girilmediği için döşemelerden gelen sabit ve hareketli yükler, kirişlere kırılma çizgilerine göre üçgen ya da trapez yayılı yük olarak etkilmiştir. Duvar ağırlıkları ise kirişlere, düzgün yayılı sabit yük olarak etkilmiştir [8]. Yapısal elemanların ağırlıkları program tarafından otomatik olarak göz önüne alınacaktır. Aşağıdaki şekilde yapının üç boyutlu SAP2000 modeli gösterilmektedir.



Şekil 3.2 : Yapının Üç Boyutlu SAP2000 Modeli

3.3.1 Yapının yük analizleri

SAP2000 programında kirişlere etkitilen sabit ve hareketli yükler aşağıdaki şekildedir:

Normal Kat Döşemesi:

- Betonarme plak: $0.14 \text{ m} * 25 \text{ kN/m}^3 = 3.50 \text{ kN/m}^2$
 - Kaplama ağırlığı: 1.6 kN/m^2
- Toplam: 5.1 kN/m^2

Çatı Katı Döşemesi:

- Betonarme plak: $0.12 \text{ m} * 25 \text{ kN/m}^3 = 3.00 \text{ kN/m}^2$
 - Çatı ve kaplama ağırlığı: 1.55 kN/m^2
- Toplam: 4.55 kN/m^2

Duvar Yüğü

- Dış Duvar Yüğü (Tam Tuğla): $2.5 \text{ m} * 4.2 \text{ kN/m}^2 = 10.5 \text{ kN/m}$
- İç Duvar Yüğü (Yarım Tuğla): $2.5 \text{ m} * 3 \text{ kN/m}^2 = 7.5 \text{ kN/m}$

Hareketli Yüğü:

- Normal Kat: 5 kN/m^2
- Çatı Katı: 2 kN/m^2

3.3.2 Yapının taşıyıcı eleman özellikleri

Yapının taşıyıcı sistemi kiriş, kolon ve perdelerden oluşan betonarme çerçeve şeklindenir. Binadaki bütün kirişler 30x70 cm boyutundadır. Dış cephedeki kolonlar 30x60 cm, orta kısımdakiler ise 40x60 cm boyutlarındadır. Tüm perdeler 30x390 cm ebatlarındadır. Yapının dört köşesinde Y doğrultusunda perde bulunmaktadır. Geri kalan perdelerden dört tanesi binanın orta kısımlarında ve X doğrultusundadır, bunlara ek olarak merdivenin iki yanında Y doğrultusunda perdeler mevcuttur. Yapı X ve Y yönlerinde taşıyıcı sistem elemanları bakımından simetrik değildir. Taşıyıcı sistem elemanlarının boyutları tüm katlarda sabittir.

3.3.3 Eşdeğer deprem yükü yöntemi ile yapının doğrusal analizi

Yapının Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü ile İtme Analizi yönteminin uygulanabilirlik koşullarını sağlayıp sağlamadığının belirlenmesi için ilk olarak doğrusal dinamik bir analiz yapılması gerekmektedir.

Yapılan analizler sonucunda yapının birinci doğal titreşim periyodu (T_1) X doğrultusunda 0.57 saniye ve ikinci doğal titreşim periyodu (T_2) Y doğrultusunda 0.54 saniye olarak belirlenmiştir. Yapının yer aldığı bölge Z4 zemin sınıfındadır ve bu zemin sınıfının karakteristik periyotları; $T_A = 0.20$ s ve $T_B = 0.90$ s şeklindedir. Yapılan analiz sonucunda elde edilen periyot değerleri bu karakteristik periyotlar arasında kaldığından yapının kat kütle merkezlerine X ve Y yönlerinde aynı yanal kuvvetler etkiyecektir. Çizelge 3.1 bu yanal kuvvetleri göstermektedir.

Çizelge 3.1 : X ve Y doğrultuları için eşdeğer deprem yükleri

Kat	Wi [kN]	Hi [m]	WiHi [kNm]	WiHi/ Σ WiHi	Fi [kN]	ΔF_n [kN]	Vi [kN]
6	7424	19.2	142533	0.2	4459	1035	5494
5	11661	16	186569	0.27	5837		11331
4	11661	12.8	149255	0.21	4669		16000
3	11661	9.6	111942	0.16	3502		19502
2	11661	6.4	74628	0.11	2335		21837
1	11661	3.2	37314	0.05	1167		23004
Σ	65726		702241	1	21969		97169

Yapının toplam ağırlığının belirlenmesinde, binanın kullanım amacı okul olduğu için, hareketli yük katılım katsayısı (n) 0.6 olarak alınmıştır. Yine aynı şekilde yapı okul binası olduğu için, bina önem katsayısı (I) 1,4 olarak alınmıştır. Etkin yer ivmesi katsayısı (A_0), bina 1. derece deprem bölgesinde olduğu için 0.4 alınmıştır. Orta bilgi seviyesindeki binada süneklik hakkında kesin veriler elde edilemediğinden deprem yükü azaltma katsayısı (R), 4 alınmıştır.

3.4 Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü ile İtme Analizi Yönteminin Yapı İçin Uygulanabilirlik Tahkiki

Yapının, Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü ile İtme Analizini yöntemi kullanılarak analizinin yapılabilmesi için DBYBHY 2007 Bölüm 7.6.5.2 de verilen şartları sağlaması gerekmektedir.

- Yapının Kat Adedi : $6 < \text{Sınır Kat Adedi} : 8$ (Bodrum hariç) $\checkmark$

- Herhangi bir katta ek dışmerkezlilik gözönüne alınmadan doğrusal elastik davranışa göre hesaplanan burulma düzensizliği katsayısı $\eta_{bi} < 1,4$ olmalıdır. Çizelge 3.2 ve 3.3'te X ve Y doğrultularına göre belirlenen burulma düzensizliği katsayıları gösterilmektedir.

Çizelge 3.2 : X doğrultusu için burulma düzensizliği katsayıları

Kat	$(\Delta_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\Delta_i)_{\text{ort}}$	η_{bi}
6	0.02544	0.02669	0.02606	1.02392
5	0.02246	0.02356	0.02301	1.02390
4	0.01842	0.01932	0.01887	1.02385
3	0.01337	0.01402	0.01370	1.02373
2	0.00929	0.01246	0.01088	1.14575
1	0.00289	0.00427	0.00358	1.19268

$$(\eta_{b1} - \eta_{b5})_{\max} = 1.19268 < 1.4 \quad \checkmark$$

Çizelge 3.3 : Y doğrultusu için burulma düzensizliği katsayıları

Kat	$(\Delta_i)_{\min}$	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\Delta_i)_{\text{ort}}$	η_{bi}
6	0.01786	0.02732	0.02259	1.20944
5	0.01564	0.02359	0.01961	1.20284
4	0.01270	0.01892	0.01581	1.19670
3	0.00911	0.01340	0.01126	1.19067
2	0.00258	0.00393	0.00325	1.20713
1	0.00186	0.00315	0.00250	1.25790

$$(\eta_{b1} - \eta_{b5})_{\max} = 1.25790 < 1.4 \quad \checkmark$$

- Göz önüne alınan deprem doğrultusunda, doğrusal elastik davranış esas alınarak hesaplanan birinci (hakim) titreşim moduna ait etkin kütlelerin toplam yapı kütlelerine oranı SAP2000 kullanılarak belirlenmiştir.
 - $\beta_x = 0,75 \geq 0,70 \quad \checkmark \quad (1. \text{ Mod})$
 - $\beta_y = 0,72 \geq 0,70 \quad \checkmark \quad (2. \text{ Mod})$

Yapı yöntemin uygulanabilirlik şartlarının tümünü sağlamaktadır.

3.5 Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü ile İtme Analizi Yöntemi Kullanılarak Performans Değerlendirilmesi

Ele alınacak yapı, artımsal eşdeğer deprem yüğü ile itme analizi yönteminin uygulanabilirlik şartlarını sağladığına göre artık üç boyutlu modeli hazırlanabilir. SAP2000 ve XTRACT programları kullanılarak malzemeler, plastik kesitler, etkin eğilme rijitlikleri, bilgi düzeyi katsayıları, doğrusal olmayan deprem analiz durumları tanımlanacaktır. Bu tanımlamaların ardından itme analizine geçilecek ve elde edilen veriler değerlendirilecektir.

3.5.1 Yapısal elemanların etkin eğilme rijitliklerinin belirlenmesi

Analizlerde eğilme etkisindeki betonarme taşıyıcı elemanlarda çatlamış kesite ait etkin eğilme rijitliği, yani $(EI)_e$ kullanılacaktır. Yapıdaki tüm kirişlerin çatlamamış kesite ait rijitlikleri 0.4 katsayısıyla azaltılacak ve çatlamış kesite ait etkin eğilme rijitlikleri bu şekilde belirlenecektir.

Kolon ve perde türündeki taşıyıcı elemanların etkin eğilme rijitlikleri düşey yükler altındaki eksenel kuvvet (N_D), enine kesit alanı (A_c) ve karakteristik beton mukavemeti (f_{cm}) kullanılarak belirlenecektir. Yapının her katında kolon ve perdeler gelen eksenel normal kuvvet değişeceği için her eleman için çatlamış kesite ait etkin eğilme rijitlikleri ayrı ayrı hesaplanacaktır.

$$N_D / (A_c f_{cm}) \leq 0.10 \quad (EI)_e = 0.40 (EI)_o \quad (3.1)$$

$$N_D / (A_c f_{cm}) \geq 0.40 \quad (EI)_e = 0.80 (EI)_o \quad (3.2)$$

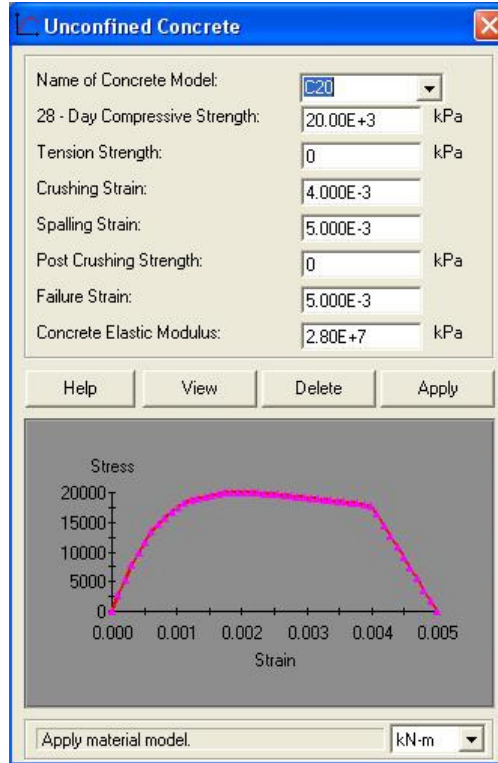
Kolonlar ve perdeler için yukarıda verilen Denklem (3.1) ve (3.2) kullanılarak çatlamış kesite ait etkin eğilme rijitlikleri belirlenmiştir. Yapıdaki tüm kolon ve perdeler ait etkin eğilme rijitliği katsayıları EK A, Çizelge A.1’de verilmiştir.

3.5.2 Plastik mafsallık özelliklerinin belirlenmesi

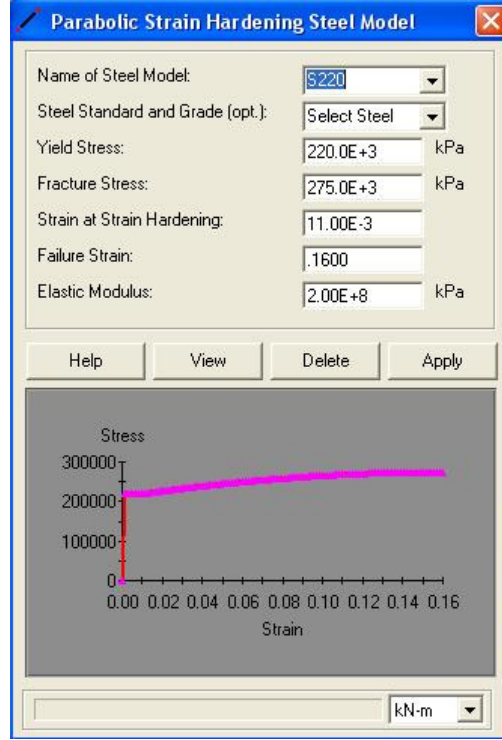
Yapının doğrusal olmayan analizinin yapılabilmesi için taşıyıcı elemanlara plastik mafsallar tanımlanması gerekir. Plastik mafsalların özellikleri moment-eğrilik ilişkileri ile belirlenir. Kesitlere ait bu ilişkilerin elde edilebilmesi için çok sayıda iterasyon gerektiren hesaplar yapılmalıdır. Moment-eğrilik bağıntıları ve akma diyagramları XTRACT programı kullanılarak belirlenmiştir.

3.5.2.1 Malzeme modelleri

Yapı orta bilgi düzeyinde olduğu için C20 kalitesindeki betonun tanımlanmasında sargısız beton modeli kullanılmıştır. Donatı çeliği de S220 olarak modellenmiştir. Malzemelerin modellenmesinde DBYBHY 2007 Ek 7B. de gösterilen birim uzama ve kısılma sınır değerleri kullanılmıştır ve dayanım mukavemetleri, karakteristik mukavemetleri olarak alınmıştır. Aşağıda verilmiş olan Şekil 3.3 ve Şekil 3.4'te malzemelerin XTRACT modelleri görülmektedir.



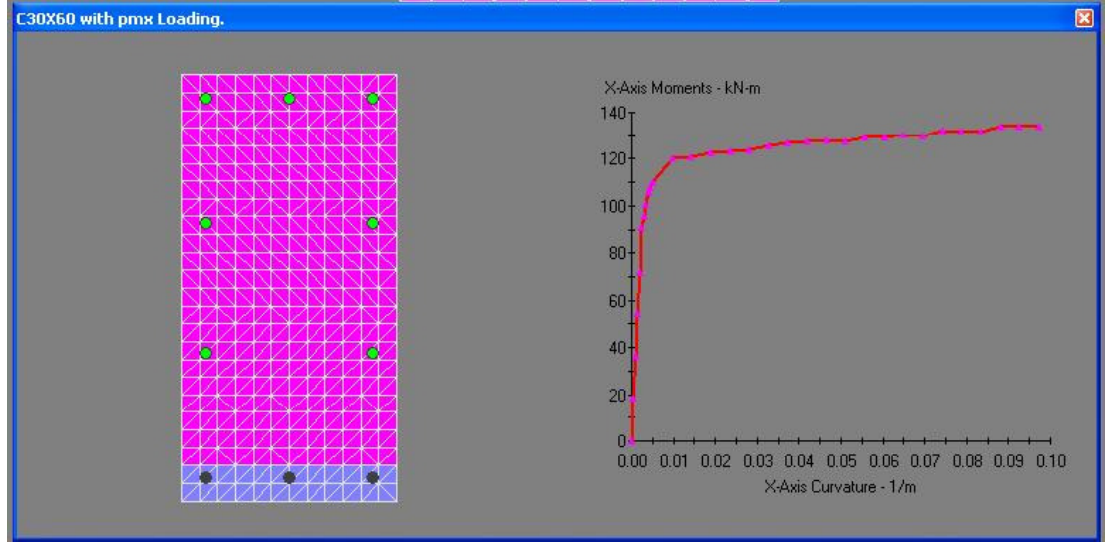
Şekil 3.3 : C20 beton sınıfı için sargısız beton modeli



Şekil 3.4 : S220 donatı çeliği sınıfı için çelik modeli

3.5.2.2 Moment eğrilik ilişkilerinin belirlenmesi

Eğilme ve eksenel yük ya da yalnızca eğilme etkisi altındaki betonarme kesitlerin davranışı, malzemenin doğrusal olmayan davranışı gözönünde bulundurularak belirlenmiş moment – eğrilik ilişkileri yardımıyla izlenebilir. Bu eğriler uygun malzeme modelleri belirlendikten sonra, taşıyıcı elemanların XTRACT programında modellenmesi ile elde edilebilir. XTRACT programı belirlediği moment-eğrilik bağıntısını oluşturan her noktada, beton ve donatı malzemelerinin şekildeğiştirme ve gerilme değerlerini de belirler. Bu değerler, itme analizi sonucunda elemanların hasar tespiti yapılırken kullanılacaktır. Şekil 3.5'te yapıdaki kolonlardan birine ait moment- eğrilik ilişkisi gösterilmektedir.



Şekil 3.5 : XTRACT programı kullanılarak elde edilen moment – eğrilik bağıntısı

3.5.2.3 Kirişler için M3 mafsahının tanımlanması

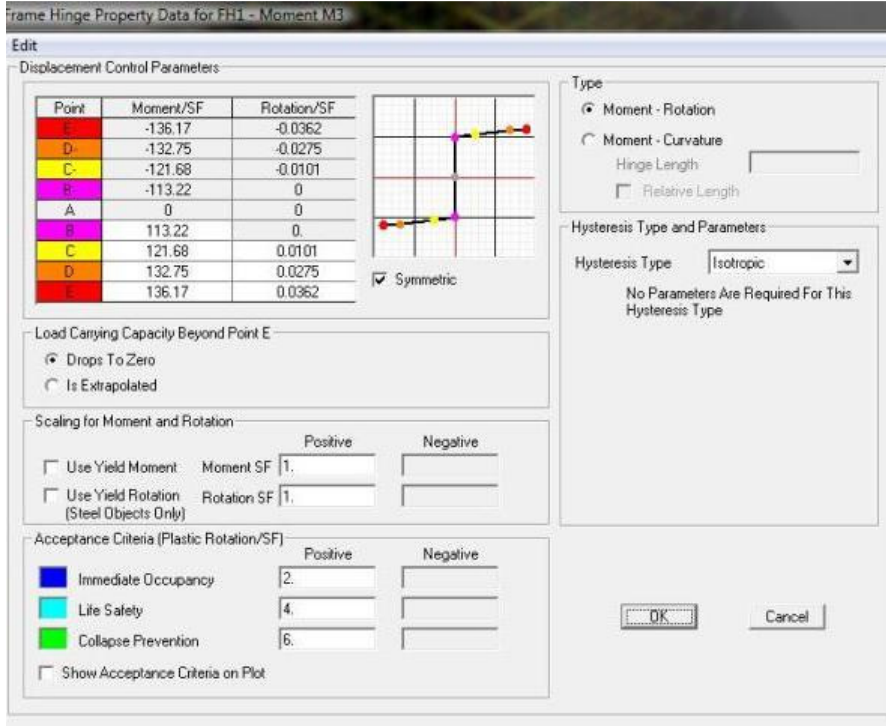
SAP2000 programına doğrudan eğrilik değerleri girilemediği için, yapısal elemanlara ait moment – eğrilik bağıntılarının aşağıda gösterilen şekilde, moment – dönme olacak biçimde dönüştürülmesi gereklidir.

$$L_p = 0,5 * h \quad (3.3)$$

$$\theta_p = \varphi_p * L_p \quad (3.4)$$

Denklem (3.3) ve (3.4)'te L_p ; plastik mafsah boyunu, h ; eğilmeye çalışan kesitin yüksekliğini, φ_p ; plastik eğriliği, θ_p ; plastik dönmeyi göstermektedir.

SAP2000'de A-B-C-D-E şeklinde gösterilen ve 0.9 bilgi düzeyi katsayısıyla küçültülmüş moment değerleri ile hesaplanan eğrilik değerlerinin girildiği performans noktaları bulunmaktadır. Bu noktalardan A-B arası doğrusal elastik davranışı göstermektedir. Elastik davranışın bittiği moment, o kesitin analiz raporundan veya donatı çeliğinin akma mukavemetine ulaştığı gerilmenin karşılık geldiği moment değerinden okunabilir. Kirişlerde doğrusal olmayan plastik davranışa geçilen andaki moment tanımlanabilir ama elastik eğrilik 0'dır. B-C-D-E değerleri XTRACT'den elde edilen verilerin doğrusal bir optimasyonla düzeltilmesiyle belirlenir. Şekil 3.6 bir kiriş için moment-eğrilik bağıntısının SAP2000'de tanımlanmasını göstermektedir.



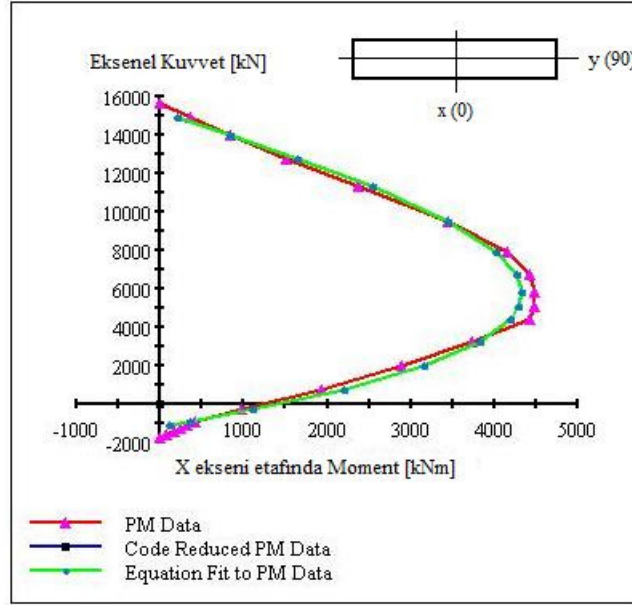
Şekil 3.6 : Bir kirişin moment-eğrilik bağıntısının SAP2000’de tanımlanması

3.5.2.4 Kesit akma yüzeylerinin belirlenmesi ve PMM mafsallarının tanımlanması

Eksenel kuvvet ve eğilme etkisine maruz kalan yapısal elemanların mafsal özelliklerinin tanımlanabilmesi için akma yüzeylerinin de bilinmesi gereklidir. Kolon ve perdelerde akma yüzeylerini oluşturan eksenel kuvvet-moment bağıntıları XTRACT programı ile istenilen doğrultularda ve istenilen hassaslıkta hesaplanabilmektedir. Yapıdaki kolonlarda ve perdelerde donatı yerleşimlerinin simetrik olduğu gözönünde bulundurularak, 0, 45, 90 derecelerden geçen eksenel kuvvet - moment bağıntıları belirlenmiştir. Yapı orta bilgi düzeyinde oldu için, elde edilen veriler SAP2000 programına girilirken bilgi düzeyi katsayısı ile çarpılmıştır. Şekil 3.7’de bir perdeye ait güç tükenmesi diyagramı; eksenel kuvvet – moment bağıntısı gösterilmiştir.

XTRACT’den alınan 0, 45 ve 90 derecelerde eğriyi oluşturan noktaların, SAP2000 programında PM_2 , PM_2M_3 ve PM_3 kolonlarına girilmesiyle, yapının eksenel kuvvet ve eğilme etkisi altındaki elemanlarının akma yüzeyleri tanımlanmış olur. XTRACT’de tanımlanan eleman kesitinin eksenleri ile SAP2000’de tanımlanan eleman eksenlerinin uyuşmasına dikkat edilmelidir. Ele alınan yapı için de ilgili

değerler bilgi düzeyi katsayısıyla azaltılarak SAP2000'e girilmiştir. Şekil 3.8'de bir kolona ait akma yüzeyinin SAP2000'de tanımlanması gösterilmiştir.



Şekil 3.7 : Bir perdeye ait güç tükenmesi diyagramı

Şekil 3.8 : Bir kolonun akma yüzeyinin SAP2000'de tanımlanması

3.5.3 Statik itme analizi için tanımlanan analiz durumları

SAP2000'de üç boyutlu statik itme analizi yapmak için üç adet yükleme tanımlanması gerekmektedir. Bunlar, düşey doğrultuda yapılacak olan ve yapının düşey yüklerini temsil eden yükleme durumu Podusey, yapıya X yönünde etkiyecek

deprem etkisini temsil eden statik itme durumu Pox ve yapıya Y yönünde etkiyecek deprem etkisini temsil eden statik itme durumu Poy olarak tanımlanmıştır.

3.5.3.1 Podusey (Düşey doğrultulu) analiz durumu

Podusey, statik itme analizi için yapılacak ilk yüklemedir ve bu yükleme durumu düşey yükleri temsil eden, doğrusal olmayan bir analiz durumunu ifade edmektedir. Statik itme analizi durumlarında tepe yerdeğiştirmesinin takibini yapmak için yapının en üst kat kütle merkezini ya da kütle merkezine yakın noktalardan birini seçmek uygundur. Şekil 3.9, Podusey analiz durumunun SAP2000’de tanımlanmasını göstermektedir.

Load Case Data - Nonlinear Static

Load Case Name: Podusey [Set Def Name] Notes: [Modify/Show...]

Load Case Type: Static [Design...]

Initial Conditions:
☒ Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State
☐ Continue from State at End of Nonlinear Case []
Important Note: Loads from this previous case are included in the current case

Analysis Type:
☐ Linear
☒ Nonlinear
☐ Nonlinear Staged Construction

Modal Load Case:
All Modal Loads Applied Use Modes from Case: MODAL []

Geometric Nonlinearity Parameters:
☒ None
☐ P-Delta
☐ P-Delta plus Large Displacements

Loads Applied:

Load Type	Load Name	Scale Factor
Load Pattern	DEAD	1.0
Load Pattern	Doseme	1.0
Load Pattern	Duvvar	1.0
Load Pattern	Hareketli	0.6

Buttons: Add, Modify, Delete

Other Parameters:
Load Application: Full Load [Modify/Show...]
Results Saved: Final State Only [Modify/Show...]
Nonlinear Parameters: User Defined [Modify/Show...]

Buttons: OK, Cancel

Şekil 3.9 : Podusey analiz durumunun SAP2000’de tanımlanması

3.5.3.2 Pox (x doğrultusu) analiz durumu

Statik itme analizi için yapılacak ikinci yükleme Pox yüklemesidir. Bu analiz durumu düşey yüklemenin bittiği noktadan başlar ve X doğrultusunda yatay statik itme analizine devam eder. Tepe yerdeğiştirmesinin takibini yapmak için önceden seçilmiş, yapının en üst kat kütle merkezi ya da kütle merkezine yakın noktalardan birinin ne kadar yerdeğiştirme yapacağına karar verilebilmektedir. Program, seçilen nokta belirlenen büyüklükteki deplasmanı yapana kadar yapıyı itmektedir. Büyük yerdeğiştirme değerleri için program statik itme analizini tamamlayamayacağından,

talep tepe yerdeğiştirmesini belirlemek için yapılan ilk itme analizinde bu yerdeğiştirme makul bir değer seçilmelidir. EX yüklemesi için modal genlikler statik itme analizi için hazırlanmış modelin doğrusal analizinden elde edilmiştir. Çizelge 3.4'te, Pox statik itme analizi için hesaplanan EX deprem yüklemesi gösterilmiştir. Pox analiz durumunun SAP2000'de tanımlanışı da Şekil 3.10'da gösterilmiştir.

Çizelge 3.4 : Pox statik itme analizi için hesaplanan EX deprem yüklemesi

Kat	W _i [kN]	Φ _i	m _i [t]	m _i *Φ _i [t]
6	7423.6	0.020	756.7	15.23
5	11660.6	0.017	1188.6	20.32
4	11660.6	0.013	1188.6	16.00
3	11660.6	0.009	1188.6	11.09
2	11660.6	0.005	1188.6	6.15
1	11660.6	0.002	1188.6	2.05

The screenshot shows the 'Load Case Data - Nonlinear Static' dialog box in SAP2000. The 'Load Case Name' field contains 'P0x'. The 'Load Case Type' is set to 'Static'. The 'Analysis Type' is set to 'Nonlinear'. The 'Modal Load Case' is set to 'MODAL'. The 'Loads Applied' section shows a table with 'Load Type' as 'Load Pattern', 'Load Name' as 'EX', and 'Scale Factor' as 1.0. The 'Other Parameters' section has 'Load Application' set to 'Displ Control', 'Results Saved' set to 'Multiple States', and 'Nonlinear Parameters' set to 'User Defined'. There are 'Add', 'Modify', and 'Delete' buttons for the loads, and 'OK' and 'Cancel' buttons at the bottom right.

Şekil 3.10 : Pox analiz durumunun SAP2000'de tanımlanması

3.5.3.3 Poy (y doğrultusu) analiz durumu

Statik itme analizi için yapılacak üçüncü yükleme, Y doğrultusunda yatay statik itme analizini temsil eden Poy yüklemesidir. EY yüklemesi için modal genlikler statik itme analizi için hazırlanmış modelin doğrusal analizinden elde edilmiştir. Çizelge

3.5'te, Poy statik itme analizi için hesaplanan EY deprem yüklemesi gösterilmiştir. Poy analiz durumunun SAP2000'de tanımlanışı da Şekil 3.11'da gösterilmiştir.

Çizelge 3.5 : Poy statik itme analizi için hesaplanan EY deprem yüklemesi

Kat	W_i [kN]	Φ_i	m_i [t]	$m_i*\Phi_i$ [t]
6	7423.6	0.021	756.7	15.52
5	11660.6	0.017	1188.6	20.32
4	11660.6	0.013	1188.6	15.71
3	11660.6	0.009	1188.6	10.69
2	11660.6	0.005	1188.6	5.79
1	11660.6	0.002	1188.6	1.83

Load Case Data - Nonlinear Static

Load Case Name: P0y [Set Def Name] Notes: [Modify/Show...]

Load Case Type: Static [Design...]

Initial Conditions:

☐ Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State

☒ Continue from State at End of Nonlinear Case [P0dusey]

Important Note: Loads from this previous case are included in the current case

Modal Load Case:

All Modal Loads Applied Use Modes from Case: MODAL

Loads Applied:

Load Type	Load Name	Scale Factor
Load Pattern	EY	1.
Load Pattern	EY	1

[Add] [Modify] [Delete]

Analysis Type:

☐ Linear

☒ Nonlinear

☐ Nonlinear Staged Construction

Geometric Nonlinearity Parameters:

☒ None

☐ P-Delta

☐ P-Delta plus Large Displacements

Other Parameters:

Load Application: [Displ Control] [Modify/Show...]

Results Saved: [Multiple States] [Modify/Show...]

Nonlinear Parameters: [User Defined] [Modify/Show...]

[OK] [Cancel]

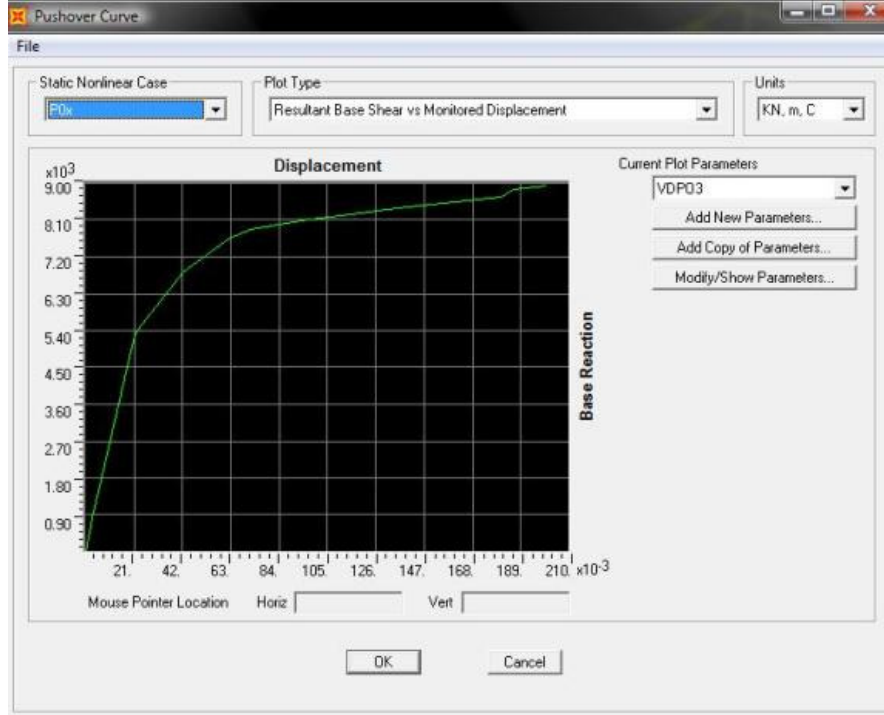
Şekil 3.11 : Poy analiz durumunun SAP2000'de tanımlanması

3.5.4 Eşdeğer deprem yükü ile itme analizi sonuçları

Gerekli yüklemeler SAP2000'de bahsedilen şekillerde tanımlandıktan sonra, talep tepe yerdeğiştirmesini belirlemek amacıyla eşdeğer deprem yükü ile itme analizi gerçekleştirilmiştir. Bu analiz sonucunda taban kesme kuvveti – tepe yerdeğiştirmesi ilişkisini gösteren kapasite eğrisi elde edilmiştir.

3.5.4.1 X doğrultusunda eşdeğer deprem yükü ile itme analizi sonuçları

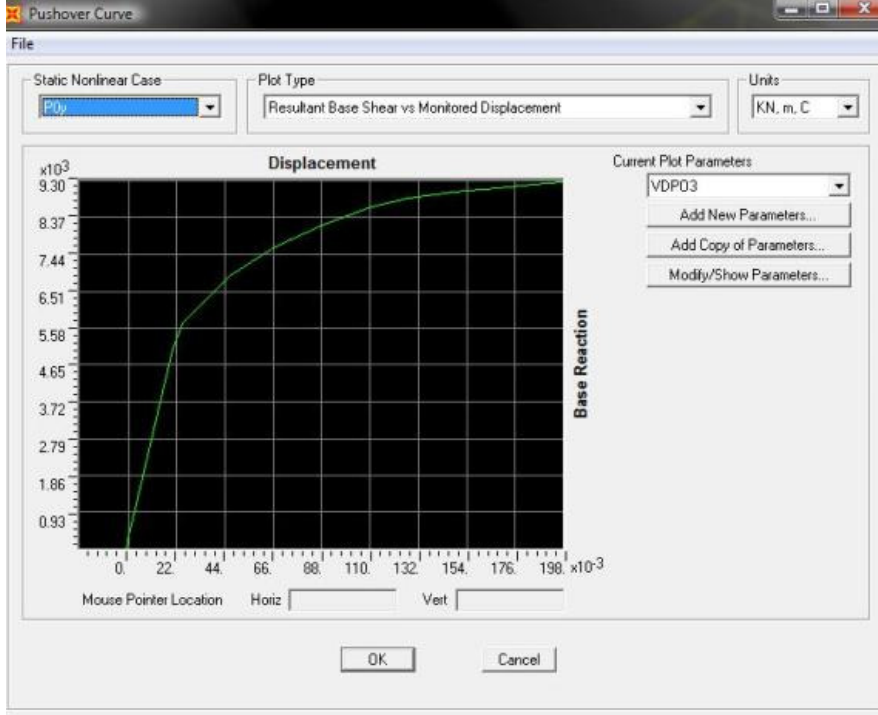
Tepe yerdeğiştmesi, X doğrultusu için yapılan analizde 0.20 m olarak seçilmiştir. Yapılan itme analizi sonucunda yapının, 0.20 m kadar itildiği ve bu esnada 8936 kN'luk taban kesme kuvveti aldığı belirlenmiştir. şekil 3.12'de itme analizi sonucunda SAP2000'den elde edilen kapasite eğrisi gösterilmektedir.



şekil 3.12 : SAP2000'de Pox analiz durumundan elde edilen kapasite eğrisi

3.5.4.2 Y doğrultusunda eşdeğer deprem yükü ile itme analizi sonuçları

Tepe yerdeğiştmesi, Y doğrultusu için yapılan analizde 0.20 m olarak seçilmiştir. Yapılan itme analizi sonucunda yapının, 0.198 m kadar itildiği ve bu esnada 9274 kN'luk taban kesme kuvveti aldığı belirlenmiştir. şekil 3.13'de itme analizi sonucunda SAP2000'den elde edilen kapasite eğrisi gösterilmektedir.



Şekil 3.13 : SAP2000’de Poy analiz durumundan elde edilen kapasite eğrisi

3.5.5 Tepe yerdeğiştirmesi isteminin belirlenmesi

Doğrusal analiz için kullanılan spektrum eğrisi elastik tabanlıdır, fakat SAP2000’den elde edilen kapasite eğrisini meydana getiren taban kesme kuvveti – yerdeğiştirme değeri elasto-plastik tabanlıdır. Bu yüzden kapasite eğrisinin koordinatları, DBYBHY 2007 Bölüm 7.6.5.4.’de belirtilen denklemler kullanılarak dönüştürülmüş ve modal yerdeğiştirme – modal ivme (modal kapasite eğrisi) eğrisine çevrilip başlangıç teğeti çizilmiştir. Ele alınan yapı için performans durumlarının kontrol edileceğ i deprem durumları tasarım depremi ve en büyük depremdir. Diğ er bir deyişle 50 yılda aşılma olasılığ ı %10 olan deprem ve 50 yılda aşılma olasılığ ı %2 olan deprem durumları için performans kontrolü yapılacaktır. Elastik tabanlı deprem talep spektrumu tasarım depremine göre oluşturulmuştur. En büyük deprem durumu için spektrum eğrisinin ordinatlarının 1.5 ile çarpılarak arttırılması gerekmektedir. Tasarım ve en büyük olmak üzere iki deprem durumu için performans analizi yapılacağından hem X yönünde, hem de Y yönünde bahsedilen bu iki durum için de ayrı ayrı tepe yerdeğiştirmesi istemleri belirlenmiştir.

3.5.5.1 X doğ rultusunda tepe yerdeğiştirmesi isteminin belirlenmesi

X doğ rultusunda kapasite eğrisinin, modal kapasite eğrisine dönüştürülebilmesi için, X doğ rultusunda 1. Moda ait etkin kütle (M_{x1}) ve X doğ rultusunda 1. Moda ait katkı

arpanı (Γ_{x1}), DBYBHY 2007 Bölüm 7.6.5.4.'e göre bulunmuştur. Çizelge 3.6'da bu değerlerin hesaplanması gösterilmiştir.

Çizelge 3.6 : X doğrultusuna ait M_{x1} ve Γ_{x1} hesaplanması

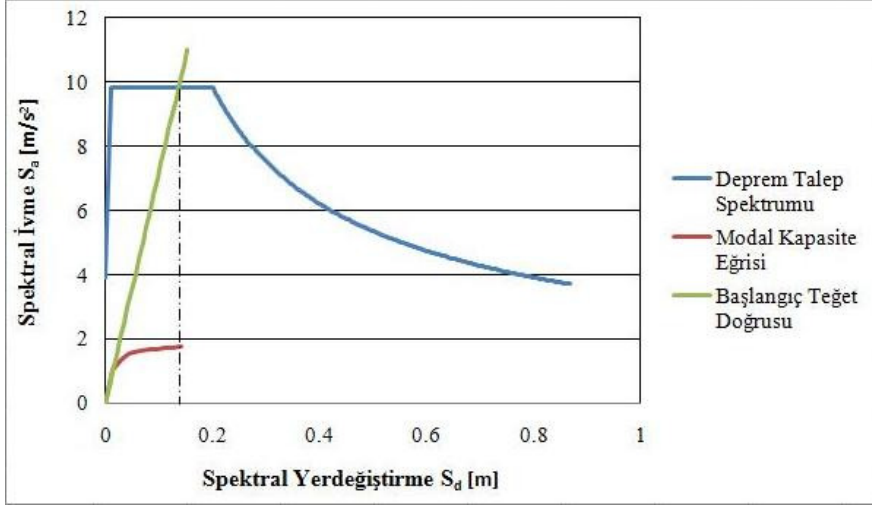
Kat	W_i [kN]	m_i [t]	Φ_{ix1}	$m_i\Phi_{ix1}$ [t]	$m_i[\Phi_{ix1}]^2$ [t]	L_{x1} [t]	M_1 [t]	M_{x1} [t]	Γ_{x1}
6	7423	756	1	756	756	3519	2488	4978	1.414
5	11660	1188	0.85	1009	857				
4	11660	1188	0.67	794	531				
3	11660	1188	0.46	551	255				
2	11660	1188	0.26	305	78				
1	11660	1188	0.09	101	8				

Bölüm 2.7.1.2'de bahsedilen denklemler kullanılarak, tepe yerdeğiştirmesi ve taban kesme kuvveti değerleri, spektral yerdeğiştirme ve spektral ivme değerlerine çevrilmiştir. Bir başka deyişle kapasite eğrisi, modal kapasite eğrisine dnştrlmştir. Çizelge 3.7 bu dönüşümü göstermektedir.

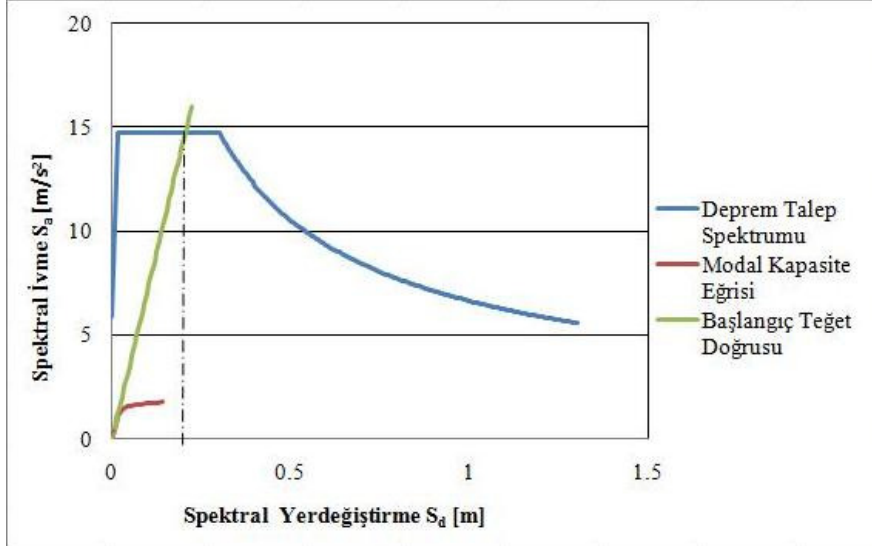
Çizelge 3.7 : X doğrultusuna ait kapasite eğrisinin modal kapasite eğrisine dönüştürülmesi

$U_{xN1}^{(i)}$ [m]	$V_{x1}^{(i)}$ [kN]	$d_1^{(i)}$ [m]	$a_1^{(i)}$ [m/s ²]
0.000183	0	0.00013	0
0.002661	813	0.00188	0.16347
0.020501	5152	0.0145	1.03499
0.022044	5398	0.01559	1.08447
0.04225	6832	0.02987	1.37252
0.062262	7657	0.04403	1.53817
0.071654	7867	0.05067	1.58048
0.093087	8086	0.06582	1.62448
0.113465	8237	0.08023	1.65479
0.134919	8385	0.0954	1.68456
0.15544	8521	0.10991	1.71176
0.176105	8643	0.12452	1.73634
0.196862	8752	0.1392	1.75824
0.200183	8769	0.14155	1.76173

Spektral talep tepe yerdeğiştirmesi, elde edilen modal kapasite eğrisinin, 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem ve 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan deprem için oluşturulan talep spektrumu eğrileri ile birleştirilmesi ve başlangıç teğetinin çizilmesi ile elde edilmiştir. şekil 3.14 ve şekil 3.15'te modal kapasite eğrisi ile talep spektrumlarının keşiştirilmeleri gösterilmektedir.



Şekil 3.14 : Tasarım depremi için elde edilen deprem talep spektrumunun X doğrultusunda modal kapasite eğrisi ile kesiştirilmesi



Şekil 3.15 : En büyük deprem için elde edilen deprem talep spektrumunun X doğrultusunda modal kapasite eğrisi ile kesiştirilmesi

Yapının taşıyıcı elemanları, çatlama kesite ait eğilme rijitliklerine sahip biçimde tanımlanmışken yapılan analizde yapının periyodu $T_1 = 0,69$ s olarak belirlenmiştir. Bu değer, $T_A = 0,2$ s'den büyük, $T_B = 0,9$ s'den küçüktür. Bu yüzden Denklem (2.15) ve (2.16) kullanılarak C_{R1} değeri hesaplanmıştır. X yönünde tasarım depremi durumu için, $C_{R1} = 1.248$ olarak bulunmuştur. C_{R1} 'in elde edilen bu değerine karşılık $d_1^{(p)} = 0.119$ m olarak belirlenmiştir. Sonrasında Denklem (2.17) kullanılarak X yönünde tasarım depremi için tepe yerdeğiştirmesi istemi aşağıdaki şekilde belirlenmiştir:

$$u_{xN1} = 1 * 1.414 * 0.119 = 0.169 \text{ m (50 Yılda Aşılma Olasılığı \%10 Olan Deprem)}$$

X yönünde en büyük deprem durumu için, $C_{R1} = 1.265$ olarak bulunmuştur. C_{R1} 'in elde edilen bu değerine karşılık $d_1^{(p)} = 0.183$ m olarak belirlenmiştir. Sonrasında Denklem (2.17) kullanılarak X yönünde en büyük deprem için tepe yerdeğiştirmesi istemi aşağıdaki şekilde belirlenmiştir:

$$u_{xN1} = 1 * 1.414 * 0.183 = 0.258 \text{ m (50 Yılda Aşılma Olasılığı \%2 Olan Deprem)}$$

3.5.5.2 Y doğrultusunda tepe yerdeğiştirmesi isteminin belirlenmesi

Y doğrultusunda kapasite eğrisinin, modal kapasite eğrisine dönüştürülebilmesi için, Y doğrultusunda 1. Moda ait etkin kütle (M_{y1}) ve Y doğrultusunda 1. Moda ait katkı çarpanı (Γ_{y1}), DBYBHY 2007 Bölüm 7.6.5.4.'e göre bulunmuştur. Çizelge 3.8'de bu değerlerin hesaplanması gösterilmiştir.

Çizelge 3.8 : Y doğrultusuna ait M_{y1} ve Γ_{y1} hesaplanması

Kat	W_i [kN]	m_i [t]	Φ_{ix1}	$m_i\Phi_{ix1}$ [t]	$m_i[\Phi_{ix1}]^2$ [t]	L_{x1} [t]	M_1 [t]	M_{x1} [t]	Γ_{x1}
6	7423	756	1	756	756	3405	2377	4877	1.432
5	11660	1188	0.83	990	825				
4	11660	1188	0.64	765	493				
3	11660	1188	0.44	520	228				
2	11660	1188	0.24	282	66				
1	11660	1188	0.08	89	6				

Bölüm 2.7.1.2'de bahsedilen denklemler kullanılarak, tepe yerdeğiştirmesi ve taban kesme kuvveti değerleri, spektral yerdeğiştirme ve spektral ivme değerlerine çevrilmiştir. Bir başka deyişle kapasite eğrisi, modal kapasite eğrisine dönüştürülmüştür. Çizelge 3.9 bu dönüşümü göstermektedir.

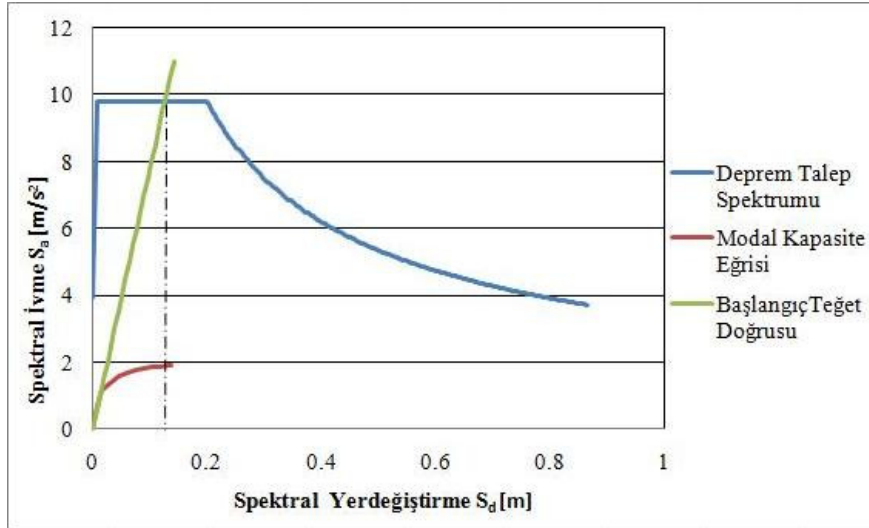
Çizelge 3.9 : Y doğrultusuna ait kapasite eğrisinin modal kapasite eğrisine dönüştürülmesi

$U_{yN1}^{(i)}$ [m]	$V_{y1}^{(i)}$ [kN]	$d_1^{(i)}$ [m]	$a_1^{(i)}$ [m/s ²]
0.000982	0	0.00069	0
0.000167	230	0.00012	0.0472
0.020012	5032	0.01397	1.03174
0.0245	5703	0.01711	1.16933
0.046438	6890	0.03242	1.41267
0.066476	7636	0.04641	1.56557
0.087745	8162	0.06126	1.6734

Çizelge 3.9 : Y doğrultusuna ait kapasite eğrisinin modal kapasite eğrisine dönüştürülmesi (devam)

0.110335	8628	0.07703	1.76898
0.127506	8871	0.08902	1.81871
0.148109	9013	0.10341	1.84785
0.168112	9116	0.11737	1.86895
0.190242	9230	0.13283	1.89234
0.198973	9273	0.13892	1.90127

Spektral talep tepe yerdeğiştirmesi, elde edilen modal kapasite eğrisinin, 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem ve 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan deprem için oluşturulan talep spektrumu eğrileri ile birleştirilmesi ve başlangıç teğetinin çizilmesi ile elde edilmiştir. şekil 3.16 ve şekil 3.17’te modal kapasite eğrisi ile talep spektrumlarının keşiştirilmeleri gōsterilmektedir.



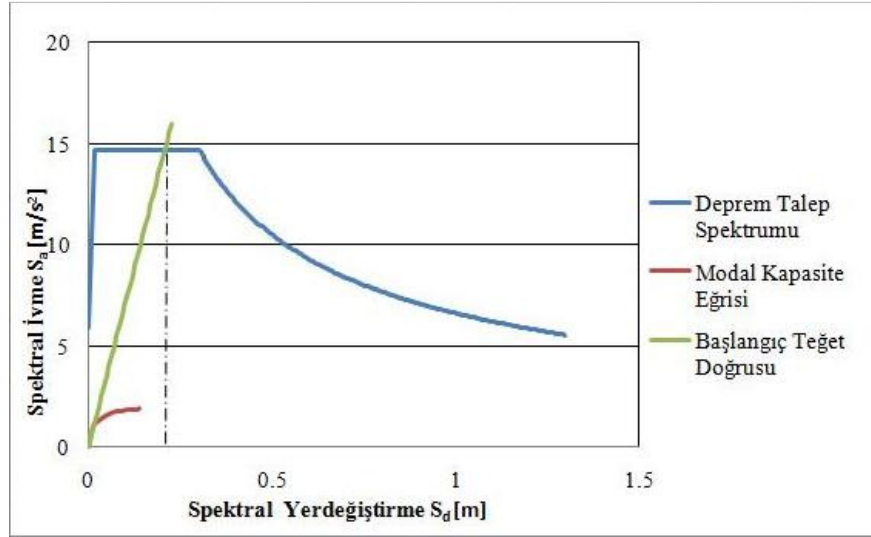
şekil 3.16 : Tasarım depremi için elde edilen deprem talep spektrumunun Y doğrultusunda modal kapasite eğrisi ile keşiştirilmesi

Yapının taşıyıcı elemanları, çatlamış kesite ait eğilme rijitliklerine sahip biçimde tanımlanmışken yapılan analizde yapının periyodu $T_1 = 0,70$ s olarak belirlenmiştir. Bu değer, $T_A = 0,2$ s’den büyük, $T_B = 0,9$ s’den küçüktür. Bu yüzden Denklem (2.16) ve (2.17) kullanılarak C_{R1} değeri hesaplanmıştır. Y yönünde tasarım depremi durumu için, $C_{R1} = 1.238$ olarak bulunmuştur. C_{R1} ’in elde edilen bu değerine karşılık $d_1^{(p)} = 0.109$ m olarak belirlenmiştir. Sonrasında Denklem (2.17) kullanılarak Y yönünde tasarım depremi için tepe yerdeğiştirmesi istemi aşağıdaki şekilde belirlenmiştir:

$$u_{yN1} = 1 * 1.432 * 0.109 = 0.157 \text{ m (50 Yılda Aşılma Olasılığı \%10 Olan Deprem)}$$

Y yönünde en büyük deprem durumu için, $C_{R1} = 1.252$ olarak bulunmuştur. C_{R1} 'in elde edilen bu değerine karşılık $d_1^{(p)} = 0.182$ m olarak belirlenmiştir. Sonrasında Denklem (2.17) kullanılarak Y yönünde en büyük deprem için tepe yerdeğiştirmesi istemi aşağıdaki şekilde belirlenmiştir:

$$u_{yN1} = 1 * 1.432 * 0.182 = 0.261 \text{ m (50 Yılda Aşılma Olasılığı \%2 Olan Deprem)}$$



Şekil 3.17 : En büyük deprem için elde edilen deprem talep spektrumunun Y doğrultusunda modal kapasite eğrisi ile kesiştirilmesi

3.5.6 Talep tepe yerdeğiştirmesi istemleri ile itme analizi

Elde edilen talep tepe yerdeğiştirmesi istemleri, SAP2000'de tanımlanmış olan Pox ve Poy analiz durumlarında gerekli yerlere girilerek, eşdeğer deprem yükü ile itme analizi, tasarım depremi ve en büyük deprem durumları için yeniden yapılır. Ele alınan yapı okul binası olduğundan, tasarım depremi (50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem) durumu için elde edilmiş talep tepe yerdeğiştirmelerinin kullanıldığı itme analizi sonucunda Hemen Kullanım (HK) performans düzeyini sağlaması beklenmektedir. Yapının en büyük deprem (50 yılda aşılma olasılığı %2 olan deprem) durumu için elde edilmiş talep tepe yerdeğiştirmelerinin kullanıldığı itme analizi sonucunda Can Güvenliği (CG) performans düzeyini sağlaması beklenmektedir.

3.5.7 Yapı performansının değerlendirilmesi

Tasarım depremi ve en büyük deprem durumları için yapılan itme analizleri sonucunda, yapısal elemanların uçlarında tanımlanmış olan mafsallarda

plastikleşmeler meydana gelmiştir. X ve Y doğrultularındaki deprem durumları için her elemanın hasar durumu, DBYBHY Bölüm 7.6.9.'da bahsedilen sınır şekildeğiştirmeler gözönüne alınarak belirlenir. Her katta, hedef performans düzeyini sağlamayan kirişlerin kattaki toplam kiriş sayısına oranı ve hedef performans düzeyini sağlamayan kolonların, perdelerin aldıkları kesme kuvvetinin toplam kat kesme kuvvetine oranı belirlenir. Herhangi bir katta elde edilen bu oranların, hedeflenen performans düzeyi için belirlenmiş oranlardan yüksek olması durumunda binanın hedef performans düzeyini sağlamadığı sonucuna varılır.

3.5.7.1 X doğrultusunda tasarım depremi altında yapısal elemanların hasar durumlarının tespiti

Kirişler için X doğrultusunda tasarım depremi altında, kat bazında sayı ve yüzde bakımından yapılan hasar tespiti Çizelge 3.10'da verilmiştir. Kirişlerin hasar tespiti EK A, Çizelge A.2'de verilmiştir.

Çizelge 3.10 : Kirişler için X doğrultusunda kat bazında tasarım depremi altında hasar tespiti

Kat	Sayı Olarak Hasar Bölgeleri				Yüzde Olarak Hasar Bölgeleri			
	MHB	BHB	İHB	GB	MHB	BHB	İHB	GB
6	66	17	0	0	80	20	0	0
5	57	26	0	0	69	31	0	0
4	41	40	2	0	49	48	2	0
3	39	41	3	0	47	49	4	0
2	40	40	3	0	48	48	4	0
1	39	42	2	0	47	51	2	0

Kolonlar ve perdeler için X doğrultusunda tasarım depremi altında, kat bazında sayı ve yüzde bakımından yapılan hasar tespiti Çizelge 3.11'de verilmiştir.

Çizelge 3.11 : Kolonlar ve perdeler için X doğrultusunda kat bazında tasarım depremi altında hasar tespiti

Kat	Sayı Olarak Hasar Bölgeleri				Yüzde Olarak Hasar Bölgeleri			
	MHB	BHB	İHB	GB	MHB	BHB	İHB	GB
6	17	29	0	0	37	63	0	0
5	32	14	0	0	70	30	0	0
4	37	9	0	0	80	20	0	0
3	37	9	0	0	80	20	0	0
2	34	12	0	0	74	26	0	0
1	10	16	11	9	22	35	24	20

3.5.7.2 Y doğrultusunda tasarım depremi altında yapısal elemanların hasar durumlarının tespiti

Kirişler için Y doğrultusunda tasarım depremi altında, kat bazında sayı ve yüzde bakımından yapılan hasar tespiti Çizelge 3.12’de verilmiştir. Kirişlerin hasar tespiti EK A, Çizelge A.3’te verilmiştir.

Çizelge 3.12 : Kirişler için Y doğrultusunda kat bazında tasarım depremi altında hasar tespiti

Kat	Sayı Olarak Hasar Bölgeleri				Yüzde Olarak Hasar Bölgeleri			
	MHB	BHB	İHB	GB	MHB	BHB	İHB	GB
6	73	10	0	0	88	12	0	0
5	47	36	0	0	57	43	0	0
4	36	43	4	0	43	52	5	0
3	39	40	4	0	47	48	5	0
2	44	39	0	0	53	47	0	0
1	45	38	0	0	54	46	0	0

Kolonlar ve perdeler için Y doğrultusunda tasarım depremi altında, kat bazında sayı ve yüzde bakımından yapılan hasar tespiti Çizelge 3.13’de verilmiştir.

Çizelge 3.13 : Kolonlar ve perdeler için Y doğrultusunda kat bazında tasarım depremi altında hasar tespiti

Kat	Sayı Olarak Hasar Bölgeleri				Yüzde Olarak Hasar Bölgeleri			
	MHB	BHB	İHB	GB	MHB	BHB	İHB	GB
6	19	27	0	0	41	59	0	0
5	38	8	0	0	83	17	0	0
4	37	9	0	0	80	20	0	0
3	37	9	0	0	80	20	0	0
2	35	11	0	0	76	24	0	0
1	12	10	8	16	26	22	17	35

3.5.7.3 X doğrultusunda en büyük deprem altında yapısal elemanların hasar durumlarının tespiti

Kirişler için X doğrultusunda en büyük deprem altında, kat bazında sayı ve yüzde bakımından yapılan hasar tespiti Çizelge 3.14’de verilmiştir.

Çizelge 3.14 : Kirişler için X doğrultusunda kat bazında en büyük deprem altında hasar tespiti

Kat	Sayı Olarak Hasar Bölgeleri				Yüzde Olarak Hasar Bölgeleri			
	MHB	BHB	İHB	GB	MHB	BHB	İHB	GB
6	63	18	2	0	76	22	2	0
5	50	30	3	0	60	36	4	0
4	38	43	2	0	46	52	2	0
3	35	44	4	0	42	53	5	0
2	36	42	4	1	43	51	5	1
1	34	41	5	3	41	49	6	4

Kolonlar ve perdeler için X doğrultusunda en büyük deprem altında, kat bazında sayı ve yüzde bakımından yapılan hasar tespiti Çizelge 3.15’te verilmiştir. Kolon ve perdelerin hasar tespitleri EK A, Şekil A.1, Şekil A.2, Şekil A.3 ve Şekil A.4’te verilmiştir.

Çizelge 3.15 : Kolonlar ve perdeler için X doğrultusunda kat bazında en büyük deprem altında hasar tespiti

Kat	Sayı Olarak Hasar Bölgeleri				Yüzde Olarak Hasar Bölgeleri			
	MHB	BHB	İHB	GB	MHB	BHB	İHB	GB
6	16	30	0	0	35	65	0	0
5	22	24	0	0	48	52	0	0
4	42	4	0	0	91	9	0	0
3	38	8	0	0	83	17	0	0
2	35	10	1	0	76	22	2	0
1	7	18	5	16	15	39	11	35

3.5.7.4 Y doğrultusunda en büyük deprem altında yapısal elemanların hasar durumlarının tespiti

Kirişler için Y doğrultusunda en büyük deprem altında, kat bazında sayı ve yüzde bakımından yapılan hasar tespiti Çizelge 3.16’da verilmiştir.

Çizelge 3.16 : Kirişler için Y doğrultusunda kat bazında en büyük deprem altında hasar tespiti

Kat	Sayı Olarak Hasar Bölgeleri				Yüzde Olarak Hasar Bölgeleri			
	MHB	BHB	İHB	GB	MHB	BHB	İHB	GB
6	64	17	2	0	77	20	2	0
5	49	31	3	0	59	37	4	0
4	45	31	7	0	54	37	8	0
3	40	36	7	0	48	43	8	0
2	41	37	5	0	49	45	6	0
1	43	36	4	0	52	43	5	0

Kolonlar ve perdeler için Y doğrultusunda en büyük deprem altında, kat bazında sayı ve yüzde bakımından yapılan hasar tespiti Çizelge 3.17’de verilmiştir.

Çizelge 3.17 : Kolonlar ve perdeler için Y doğrultusunda kat bazında en büyük deprem altında hasar tespiti

Kat	Sayı Olarak Hasar Bölgeleri				Yüzde Olarak Hasar Bölgeleri			
	MHB	BHB	İHB	GB	MHB	BHB	İHB	GB
6	12	34	0	0	26	74	0	0
5	44	2	0	0	96	4	0	0
4	45	1	0	0	98	2	0	0
3	43	3	0	0	93	7	0	0
2	43	3	0	0	93	7	0	0
1	1	12	7	26	2	26	15	57

3.5.8 Yapının performans seviyesinin belirlenmesi

Kat bazında taşıyıcı elemanların hasar oranları belirlendikten sonra, elde edilen bu değerler Bölüm 2.4'te anlatılan performans seviyelerine bağlı hasar sınır değerleri ile karşılaştırılmış ve yapının performans seviyesi tespit edilmiştir.

Ele alınan betonarme okul binasının tasarım depremi durumunda hemen kullanım performans seviyesini sağlaması gerekmektedir. Hemen kullanım performans seviyesi için, belirgin hasar bölgesine geçebilecek kırışların her kattaki oranı maksimum %10 ile sınırlandırılmıştır, buna ilaveten diğer elemanların hepsi minimum hasar bölgesinde olmalıdır. Ancak ele alınan okul binasına ait analiz sonuçlarında, her iki yöndeki tasarım depremi durumları için bu sınır değerini fazlasıyla aştığı hatta bazı elemanların ileri hasar durumuna geçtiği belirlenmiştir. Ayrıca tasarım depremi altında, her iki doğrultuda kolonlarda sünek göçme türünde göçmeler görülmüştür. En büyük deprem altında ise sünek olarak göçen kolon ve perde yüzdeleri daha da artmış, kırışların da bir kısmı göçme durumuna geçmiştir. Böylece, ele alınan okul yapısının en büyük deprem durumunda sağlaması gereken can güvenliği performans düzeyini sağlayamadığı belirlenmiştir.

Tasarım depremi altında hemen kullanım performans düzeyi, en büyük deprem altında da can güvenliği performans düzeyi sağlanamadığı için, yapının güçlendirilmesi gerektiğine karar verilmiştir.

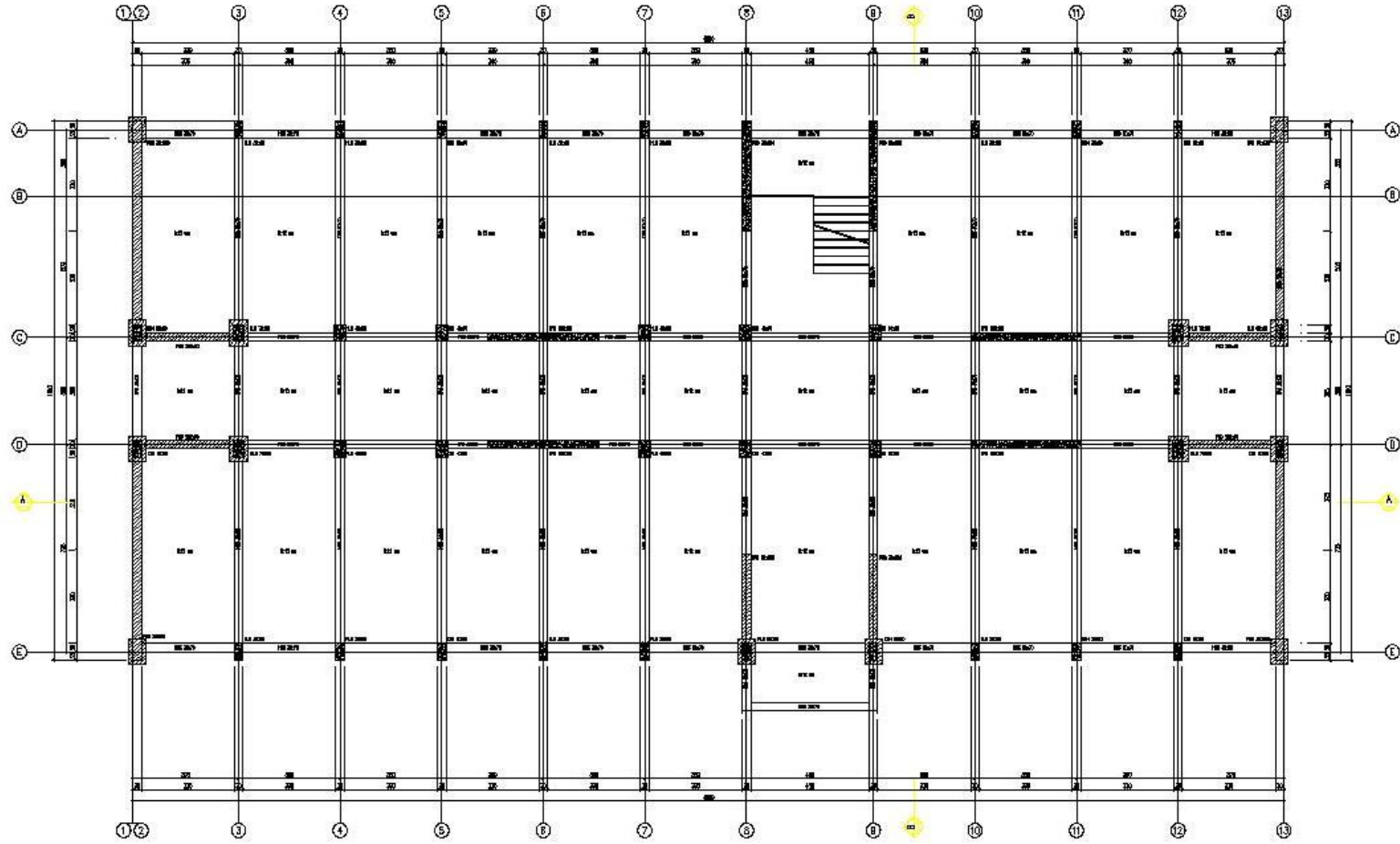
4. 6 KATLI MEVCUT OKUL BİNASININ GÜÇLENDİRİLMESİ VE ARTIMSAL EŞDEĞER DEPREM YÜKÜ YÖNTEMİ KULLANILARAK DEPREM PERFORMANSININ BELİRLENMESİ

4.1 Giriş

Bu bölüm, bir önceki bölümde yönetmelikte belirtilen deprem etkileri altında öngörülen deprem performanslarını sağlayamadığı belirlenen mevcut okul binasının güçlendirilmesini ve güçlendirilmiş durumunun deprem performansının artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi ile itme analizi yöntemi kullanılarak belirlenmesini içermektedir.

Yapının istenilen performans seviyesini sağlayabilmesi için taşıyıcı sisteme betonarme perdeler ilave edilmiştir. Bu işlem yapılırken simetrinin bozulmamasına ve burulma düzensizliği oluşturmamaya dikkat edilmiştir. Ayrıca perde başlıklarını oluşturacak kolonlarda yetersizlikler görüldüğü için bu kolonlar mantolanmıştır. Yapılan bu ilavelerde, BS30 (C30) sınıfı beton ve BÇ III (S420) sınıfı donatı kullanılmıştır.

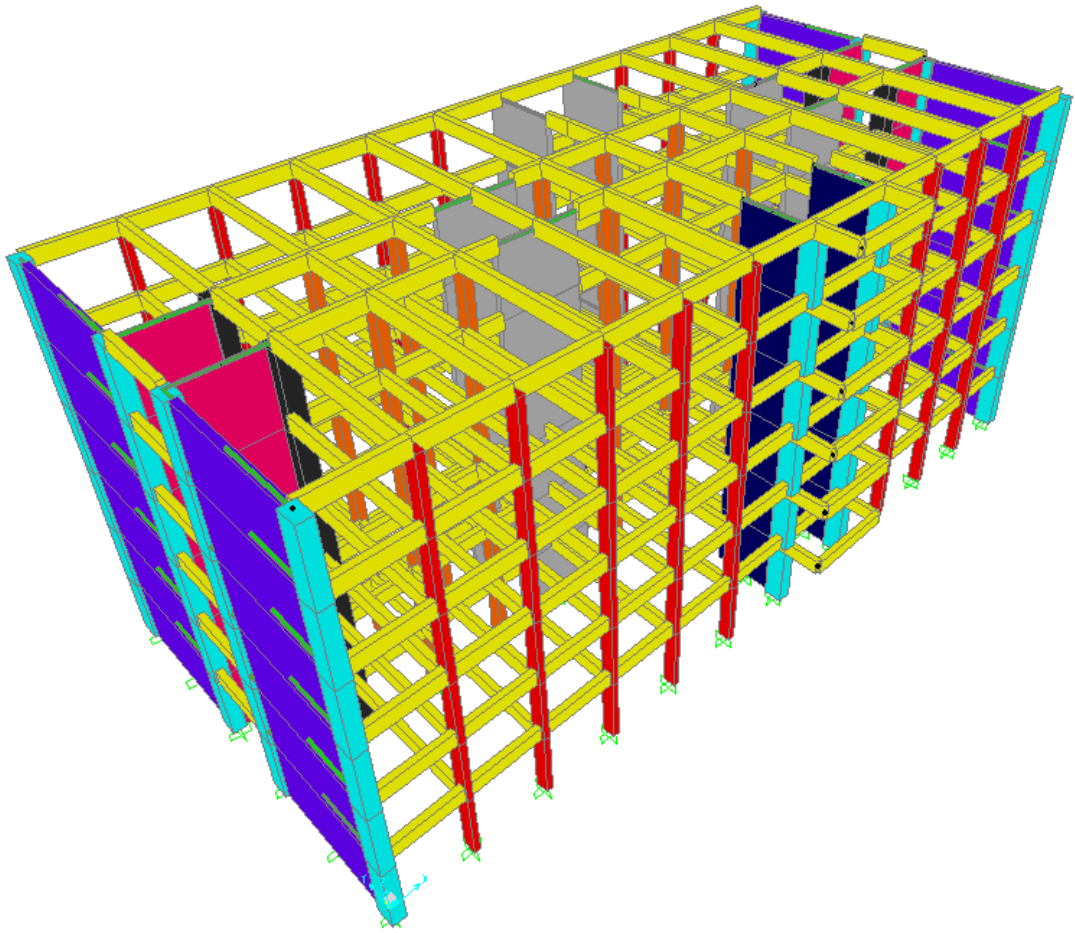
Yapının güçlendirilmiş durumu bilgisayar ortamında yeniden modellenmiş ve artımsal eşdeğer deprem yükü ile itme analizi kullanılarak deprem performansı belirlenmiştir. Yapının güçlendirilmiş haline ait kalıp planı Şekil 4.1’de gösterilmiştir.



Şekil 4.1 : Güçlendirilmiş duruma ait zemin ve normal kat kalıp planı

4.2 Güçlendirilen Yapının Modellenmesi

Yapının güçlendirilmiş halinin modeli oluşturulurken mevcut durumun modeline perdeler eklenmiş, yeni eklenen perdeler için başlık görevi görecekt kolonların yerine daha büyük boyutlu kolonlar tanımlanmıştır. Yeni eklenen perdeler çubuk elemanlar olarak tanımlanmış, daha önce de yapıldığı gibi diğer elemanlarla bağlantıları fiktif çubuklar kullanılarak sağlanmıştır. Yapının güçlendirilmiş halinin üç boyutlu SAP2000 modeli Şekil 4.2’de gösterilmiştir.



Şekil 4.2 : Yapının güçlendirilmiş halinin üç boyutlu SAP2000 modeli

4.3 Güçlendirilmiş Yapının Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi İle Doğrusal

Analizi

Yapıya yeni eklenen düşey taşıyıcı elemanlar sebebiyle, normal kuvvet dağılımları değişmiştir. Yeni eklenen elemanlara ve mevcut elemanlara düşen normal kuvvetlerin bulunması, yeni elemanlara konulması gereken donatı miktarlarının belirlenmesi için doğrusal bir hesap yapılmıştır. Taşıyıcı sisteme yüksek süneklikli perdeler eklendiği için, bir önceki bölümde yapılan doğrusal hesaptan farklı olarak Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı (R) 7 olarak alınmıştır. Yapılan analiz sonucunda, yapının birinci doğal titreşim periyodu (T_1) X doğrultusunda 0,42 saniye ve ikinci doğal titreşim periyodu (T_2) Y doğrultusunda 0,26 saniye olarak belirlenmiştir. Bulunan bu değerler, Z4 zemin sınıfına ait spektrum karakteristik periyotları arasında kaldığı için X ve Y doğrultularında yapının kat kütle merkezlerine etkiyecek yanal kuvvetler eşittir. Çizelge 4.1’de X ve Y doğrultularında yapının kat kütle merkezlerine etkiyecek eşdeğer deprem yükleri gösterilmiştir.

Çizelge 4.1 : X ve Y doğrultuları için eşdeğer deprem yükleri

Kat	Wi [kN]	Hi [m]	WiHi [kNm]	WiHi/ΣWiHi	Fi [kN]	ΔFn [kN]	Vi [kN]
6	8361	19.2	160541	0.21	5003	1123	6127
5	12598	16	201575	0.26	6282		12409
4	12598	12.8	161260	0.21	5025		17435
3	12598	9.6	120945	0.16	3769		21204
2	12598	6.4	80630	0.11	2512		23717
1	12598	3.2	40315	0.05	1256		24973
Σ	71353		765268	1	23850		105867

Yapılan analizler sonucunda, yeni eklenecek perdelerde Φ16/15 boyuna, Φ10/20/10 enine donatı kullanılmasının uygun olduğu belirlenmiştir. Mantolama ile 60x90 boyutlarına sahip olacak kolonlar için; 18Φ28 boyuna, Φ8/20/10 enine donatı, mantolama ile 70x90 boyutlarına sahip olacak kolonlar için ise; 22Φ28 boyuna, Φ8/20/10 enine donatı kullanılması gerektiği hesaplanmıştır.

4.4 Güçlendirilmiş Yapının Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü ile İtme Analizi

Yöntemi Kullanılarak Performans Değerlendirilmesi

Yapıya güçlendirme amaçlı olarak yeni taşıyıcı elemanlar eklendikten sonra artımsal eşdeğer deprem yükü yönteminin uygulanabilirlik şartları yeniden kontrol edilmiştir. Taşıyıcı sisteme eklenen yeni elemanlar sebebiyle kuvvet dağılımı değiştiğinden çatlama kesitlere ait eğilme rijitlikleri yeniden hesaplanmıştır.

4.4.1 Yeni yapısal elemanlara ait malzeme modellerinin tanımlanması

Yeni yapısal elemanlara ait malzeme özelliklerinin tanımlanmasında XTRACT programı kullanılmıştır. Bir önceki bölümden farklı olarak, yeni elemanlar kapsamlı bilgi düzeyinde olduklarından, kesitlerde etriyelerin iç kısmında kalan bölgeler sargılı beton olarak modellenmiştir. Etriyelerin dışında kalan kısımdaki malzeme ise sargısız beton olarak modellenmiştir. Bunlar yapılırken, DBYBHY 2007 EK 7B’de anlatılan Mander Beton Modeli kullanılmıştır. Beton sınıfı C30’dur. Yeni yapısal elemanlarda S420 kalitesinde donatı çeliği kullanılacaktır. Bu malzemenin özellikleri de XTRACT programı yardımıyla tanımlanmıştır.

4.4.2 Yeni yapısal elemanların bilgisayar ortamında tanımlanması

Bir önceki bölümde anlatıldığı gibi yeni yapısal elemanların plastik mafsallık özelliklerinin belirlenmesinde yine XTRACT programı kullanılmıştır. XTRACT’de boyutları 60x90 ve 70x90 olan iki kolon ile boyutları 300x30, 295x30 ve 630x30 olan üç perde kesiti tanımlanmıştır. Daha sonra bu elemanlar ve bu elemanlara ait plastik mafsallık özellikleri Bölüm 3’te anlatıldığı gibi SAP2000’de tanımlanmıştır. Yeni tanımlanan bu elemanlar kapsamlı bilgi düzeyinde olduklarından, bu elemanlara ait hesaplarda bilgi düzeyi katsayısı 1 olarak alınmıştır.

4.4.3 Statik itme analizi için belirlenen deprem yükleri

Güçlendirilen yapının ağırlığı ve mod şekli genlikleri değiştiği için, modelin doğrusal analizinden elde edilen deprem yüklemeleri yeniden belirlenmiştir. Çizelge 4.2 ve 4.3’te X ve Y doğrultularında doğrusal olmayan analizde kullanılacak deprem yüklemelerine ait değerler gösterilmiştir.

Çizelge 4.2 : İtme analizinde kullanılacak yeni EX deprem yüklemesi

Kat	W_i [kN]	Φ_i	m_i [t]	$m_i*\Phi_i$ [t]
6	8361.5	0.020	852.35	16.81
5	12598.5	0.017	1284.25	21.27
4	12598.5	0.013	1284.25	16.59
3	12598.5	0.009	1284.25	11.55
2	12598.5	0.005	1284.25	6.60
1	12598.5	0.002	1284.25	2.41

Çizelge 4.3 : İtme analizinde kullanılacak yeni EY deprem yüklemesi

Kat	W_i [kN]	Φ_i	m_i [t]	$m_i*\Phi_i$ [t]
6	8361.5	0.000028	852.35	0.024
5	12598.5	0.000025	1284.25	0.032
4	12598.5	0.000021	1284.25	0.027
3	12598.5	0.000016	1284.25	0.021
2	12598.5	0.000011	1284.25	0.014
1	12598.5	5.98E-06	1284.25	0.008

4.4.4 X ve Y doğrultularında tepe yerdeğiştirmesi istemlerinin belirlenmesi

Güçlendirilmiş duruma ait tepe yerdeğiştirmesi istemlerinin belirlenmesi için ilk önce SAP2000’de itme analizi yapılarak kapasite eğrisi elde edilir. Elde edilen kapasite eğrisi Bölüm 3’te anlatılan şekilde modal kapasite eğrisine dönüştürülür. X ve Y doğrultularına ait modal kapasite eğrilerinin elde edilebilmesi amacıyla her iki doğrultu için, 1. Moda ait etkin kütleler (M_{x1} , M_{y1}) ve 1. Moda ait katkı çarpanları (Γ_{x1} , Γ_{y1}) belirlenmiştir. Çizelge 4.4 ve 4.5’te bu değerlerin hesaplanması gösterilmiştir.

Çizelge 4.4 : X doğrultusuna ait M_{x1} ve Γ_{x1} hesaplanması

Kat	W_i [kN]	m_i [t]	Φ_{ix1}	$m_i\Phi_{ix1}$ [t]	$m_i[\Phi_{ix1}]^2$ [t]	L_{x1} [t]	M_1 [t]	M_{x1} [t]	Γ_{x1}
6	8361	852	1.00	852	852	3814	2675	5439	1.426
5	12598	1284	0.84	1078	905				
4	12598	1284	0.65	841	551				
3	12598	1284	0.45	585	266				
2	12598	1284	0.26	334	87				
1	12598	1284	0.09	121	11				

Çizelge 4.5 : Y doğrultusuna ait M_{y1} ve Γ_{y1} hesaplanması

Kat	W_i [kN]	m_i [t]	Φ_{iy1}	$m_i\Phi_{iy1}$ [t]	$m_i[\Phi_{iy1}]^2$ [t]	L_{y1} [t]	M_1 [t]	M_{y1} [t]	Γ_{y1}
6	8361	852	1.00	852	852	4474	3274	6114	1.366
5	12598	1284	0.89	1146	1023				
4	12598	1284	0.75	963	722				
3	12598	1284	0.57	733	419				
2	12598	1284	0.39	504	198				
1	12598	1284	0.21	274	58				

Bu işlemler sonrasında talep tepe yerdeğiştirmelerini bulmak için yeni modal kapasite eğrileri, tasarım depremi ve en büyük deprem için belirlenmiş deprem talep spektrum eğrileri ile kesiştirilmiş ve başlangıç teğetlerinin çizilmiştir. Yapının güçlendirilmiş durumuna ait etkin modları her iki yönde de doğal karakteristik periyotların arasında çıkmıştır, bu sebeple her durum için C_{R1} değeri belirlenmiştir.

X doğrultusu için; $T_1 = 0,42$ s olarak belirlenmiştir. Bu değer, $T_A = 0,2$ s'den büyük, $T_B = 0,9$ s'den küçüktür. Bu yüzden Denklem (2.15) ve (2.16) kullanılarak C_{R1} değeri hesaplanmıştır. X yönünde tasarım depremi durumu için, $C_{R1} = 1.560$ olarak bulunmuştur. C_{R1} 'in elde edilen bu değerine karşılık $d_1^{(p)} = 0.061$ m olarak belirlenmiştir. Sonrasında Denklem (2.17) kullanılarak X yönünde tasarım depremi için tepe yerdeğiştirmesi istemi aşağıdaki şekilde belirlenmiştir:

$$u_{xN1} = 1 * 1.426 * 0.061 = 0.087 \text{ m (50 Yılda Aşılma Olasılığı \%10 Olan Deprem)}$$

X yönünde en büyük deprem durumu için, $C_{R1} = 1.754$ olarak bulunmuştur. C_{R1} 'in elde edilen bu değerine karşılık $d_1^{(p)} = 0.104$ m olarak belirlenmiştir. Sonrasında Denklem (2.17) kullanılarak X yönünde en büyük deprem için tepe yerdeğiştirmesi istemi aşağıdaki şekilde belirlenmiştir:

$$u_{xN1} = 1 * 1.426 * 0.104 = 0.148 \text{ m (50 Yılda Aşılma Olasılığı \%2 Olan Deprem)}$$

Y doğrultusu için; $T_1 = 0,27$ s olarak belirlenmiştir. Bu değer, $T_A = 0,2$ s'den büyük, $T_B = 0,9$ s'den küçüktür. Bu yüzden Denklem (2.16) ve (2.17) kullanılarak C_{R1} değeri hesaplanmıştır. Y yönünde tasarım depremi durumu için, $C_{R1} = 1.208$ olarak bulunmuştur. C_{R1} 'in elde edilen bu değerine karşılık $d_1^{(p)} = 0.020$ m olarak belirlenmiştir. Sonrasında Denklem (2.17) kullanılarak Y yönünde tasarım depremi için tepe yerdeğiştirmesi istemi aşağıdaki şekilde belirlenmiştir:

$$u_{yN1} = 1 * 1.366 * 0.020 = 0.028 \text{ m (50 Yılda Aşılma Olasılığı \%10 Olan Deprem)}$$

Y yönünde en büyük deprem durumu için, $C_{R1} = 1.925$ olarak bulunmuştur. C_{R1} 'in elde edilen bu değerine karşılık $d_1^{(p)} = 0.049$ m olarak belirlenmiştir. Sonrasında Denklem (2.17) kullanılarak Y yönünde en büyük deprem için tepe yerdeğiştirmesi istemi aşağıdaki şekilde belirlenmiştir:

$$u_{yN1} = 1 * 1.366 * 0.049 = 0.068 \text{ m (50 Yılda Aşılma Olasılığı \%2 Olan Deprem)}$$

4.4.5 Güçlendirilmiş yapının performansının değerlendirilmesi

Yapının güçlendirilmiş durumuna ait talep tepe yerdeğiştirmeleri kullanılarak yapılan itme analizleri sonucunda, yapısal elemanlarda plastik mafsallar meydana gelmiştir. Bu bölümde, yapısal elemanların hasar tespitleri yapılmış ve hangi hasar bölgesinde oldukları belirlenmiştir.

4.4.5.1 X doğrultusunda tasarım depremi altında yapısal elemanların hasar durumlarının tespiti

Kirişler için X doğrultusunda tasarım depremi altında, kat bazında sayı ve yüzde bakımından yapılan hasar tespiti Çizelge 4.6'da verilmiştir.

Çizelge 4.6 : Kirişler için X doğrultusunda kat bazında tasarım depremi altında hasar tespiti

Kat	Sayı Olarak Hasar Bölgeleri				Yüzde Olarak Hasar Bölgeleri			
	MHB	BHB	İHB	GB	MHB	BHB	İHB	GB
6	70	5	0	0	93	7	0	0
5	71	4	0	0	95	5	0	0
4	70	5	0	0	93	7	0	0
3	70	5	0	0	93	7	0	0
2	69	6	0	0	92	8	0	0
1	68	7	0	0	91	9	0	0

Kolonlar ve perdeler için X doğrultusunda tasarım depremi altında, kat bazında sayı ve yüzde bakımından yapılan hasar tespiti Çizelge 4.7'de verilmiştir.

Çizelge 4.7 : Kolonlar ve perdeler için X doğrultusunda kat bazında tasarım depremi altında hasar tespiti

Kat	Sayı Olarak Hasar Bölgeleri				Yüzde Olarak Hasar Bölgeleri			
	MHB	BHB	İHB	GB	MHB	BHB	İHB	GB
6	56	0	0	0	100	0	0	0
5	56	0	0	0	100	0	0	0
4	56	0	0	0	100	0	0	0
3	56	0	0	0	100	0	0	0
2	56	0	0	0	100	0	0	0
1	56	0	0	0	100	0	0	0

4.4.5.2 Y doğrultusunda tasarım depremi altında yapısal elemanların hasar durumlarının tespiti

Kirişler için Y doğrultusunda tasarım depremi altında, kat bazında sayı ve yüzde bakımından yapılan hasar tespiti Çizelge 4.8’de verilmiştir.

Çizelge 4.8 : Kirişler için Y doğrultusunda kat bazında tasarım depremi altında hasar tespiti

Kat	Sayı Olarak Hasar Bölgeleri				Yüzde Olarak Hasar Bölgeleri			
	MHB	BHB	İHB	GB	MHB	BHB	İHB	GB
6	75	0	0	0	100	0	0	0
5	75	0	0	0	100	0	0	0
4	75	0	0	0	100	0	0	0
3	75	0	0	0	100	0	0	0
2	74	1	0	0	99	1	0	0
1	74	1	0	0	99	1	0	0

Kolonlar ve perdeler için Y doğrultusunda tasarım depremi altında, kat bazında sayı ve yüzde bakımından yapılan hasar tespiti Çizelge 4.9’da verilmiştir.

Çizelge 4.9 : Kolonlar ve perdeler için Y doğrultusunda kat bazında tasarım depremi altında hasar tespiti

Kat	Sayı Olarak Hasar Bölgeleri				Yüzde Olarak Hasar Bölgeleri			
	MHB	BHB	İHB	GB	MHB	BHB	İHB	GB
6	56	0	0	0	100	0	0	0
5	56	0	0	0	100	0	0	0
4	56	0	0	0	100	0	0	0
3	56	0	0	0	100	0	0	0
2	56	0	0	0	100	0	0	0
1	56	0	0	0	100	0	0	0

4.4.5.3 X doğrultusunda en büyük deprem altında yapısal elemanların hasar durumlarının tespiti

Kirişler için X doğrultusunda en büyük deprem altında, kat bazında sayı ve yüzde bakımından yapılan hasar tespiti Çizelge 4.10’da verilmiştir.

Çizelge 4.10 : Kirişler için X doğrultusunda kat bazında en büyük deprem altında hasar tespiti

Kat	Sayı Olarak Hasar Bölgeleri				Yüzde Olarak Hasar Bölgeleri			
	MHB	BHB	İHB	GB	MHB	BHB	İHB	GB
6	58	17	0	0	77	23	0	0
5	49	26	0	0	65	35	0	0
4	47	28	0	0	63	37	0	0
3	47	28	0	0	63	37	0	0
2	40	35	0	0	53	47	0	0
1	47	28	0	0	63	37	0	0

Kolonlar ve perdeler için X doğrultusunda en büyük deprem altında, kat bazında sayı ve yüzde bakımından yapılan hasar tespiti Çizelge 4.11’de verilmiştir.

Çizelge 4.11 : Kolonlar ve perdeler için X doğrultusunda kat bazında en büyük deprem altında hasar tespiti

Kat	Sayı Olarak Hasar Bölgeleri				Yüzde Olarak Hasar Bölgeleri			
	MHB	BHB	İHB	GB	MHB	BHB	İHB	GB
6	56	0	0	0	100	0	0	0
5	56	0	0	0	100	0	0	0
4	56	0	0	0	100	0	0	0
3	56	0	0	0	100	0	0	0
2	54	2	0	0	96	4	0	0
1	45	11	0	0	80	20	0	0

4.4.5.4 Y doğrultusunda en büyük deprem altında yapısal elemanların hasar durumlarının tespiti

Kirişler için Y doğrultusunda en büyük deprem altında, kat bazında sayı ve yüzde bakımından yapılan hasar tespiti Çizelge 4.12’de verilmiştir.

Çizelge 4.12 : Kirişler için Y doğrultusunda kat bazında en büyük deprem altında hasar tespiti

Kat	Sayı Olarak Hasar Bölgeleri				Yüzde Olarak Hasar Bölgeleri			
	MHB	BHB	İHB	GB	MHB	BHB	İHB	GB
6	67	8	0	0	89	11	0	0
5	59	16	0	0	79	21	0	0
4	59	16	0	0	79	21	0	0
3	55	20	0	0	73	27	0	0
2	57	18	0	0	76	24	0	0
1	56	19	0	0	75	25	0	0

Kolonlar ve perdeler için Y doğrultusunda en büyük deprem altında, kat bazında sayı ve yüzde bakımından yapılan hasar tespiti Çizelge 4.13’te verilmiştir.

Çizelge 4.13 : Kolonlar ve perdeler için Y doğrultusunda kat bazında en büyük deprem altında hasar tespiti

Kat	Sayı Olarak Hasar Bölgeleri				Yüzde Olarak Hasar Bölgeleri			
	MHB	BHB	İHB	GB	MHB	BHB	İHB	GB
6	56	0	0	0	100	0	0	0
5	56	0	0	0	100	0	0	0
4	56	0	0	0	100	0	0	0
3	56	0	0	0	100	0	0	0
2	56	0	0	0	100	0	0	0
1	50	6	0	0	89	11	0	0

4.4.6 Yapının performans seviyesinin belirlenmesi

Güçlendirilmiş yapının X ve Y deprem doğrultularında tasarım depremi altında belirgin hasar bölgesine geçen kirişlerin oranı %10'un altında kalmıştır. Kolon ve perdelerin ise tümü her iki doğrultudaki deprem etkisi için de minimum hasar bölgesindedir. Böylelikle yapı, tasarım depremi altında Hemen Kullanım performans seviyesini sağlamıştır.

En büyük deprem etkisi altında kolonlar ve perdelerin; X doğrultusunda %20'si, Y doğrultusunda %11'i belirgin hasar bölgesine geçmiştir. Geri kalan kolon ve perdelerin tümü minimum hasar bölgesinde kalmıştır. Kirişlerin ise hiçbirisi ileri hasar bölgesine geçmemiştir. Yapı bu şekilde en büyük deprem etkisi altında Can Güvenliği performans seviyesini sağlamıştır.

5. SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Bu çalışmada, 6 katlı mevcut betonarme bir okul binasının deprem performansı, artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi ile itme analizi kullanılarak 2007 deprem yönetmeliğine göre değerlendirilmiş, performans hedefini mevcut haliyle sağlayamayan bina güçlendirilerek yeni performans seviyesi belirlenmiştir.

Yapının 1975 deprem yönetmeliğine uygun olarak inşa edildiği varsayılmıştır. Yapıya ait eleman detayları ve malzeme özelliklerine ilişkin bilgi seviyesinin, orta bilgi düzeyinde olduğu kabul edilmiştir. Yapısal elemanlara ait enine donatı miktarları gibi detaylar net olarak bilinmediğinden, analizlerde en elverişsiz duruma göre hesap yapabilmek amacıyla, taşıyıcı elemanlar sargısız beton modeli kullanılarak modellenmiştir.

Belirlenen tepe yerdeğiştirme istemine kadar devam ettirilen analiz sonucunda, yapısal elemanlara ait plastik şekildeğiştirme değerlerine ulaşılmıştır. Yapısal elemanların hasar bölgeleri belirlendikten sonra, kat bazında performansa geçilmiş, katların performanslarından da binanın performansı elde edilmiştir.

Yapı mevcut haliyle, belirlenen deprem etkisi altında her iki doğrultuda da gerekli performans seviyelerini sağlayamamıştır. Gerekli performans seviyelerinin sağlanamayışının sebebi olarak, eski yönetmeliklerde yapısal elemanların boyutlandırılması esnasında gözönüne alınan deprem etkilerinin oldukça düşük olması, tasarımda gerekli minimum koşulların ve yapısal esasların yetersizliği, kirişlerin kolonlardan daha güçlü olacak şekilde tasarlanması sıralanabilir.

Yapı yüksek sünek perdeler ilave etmek ve bu perdeler için başlık görevi görecektir kolonları mantolamak suretiyle güçlendirilmiştir. Yeni elemanların tanımlanmasında sargılı Mander beton modelleri kullanılmıştır. Yapılan güçlendirme işlemleri sonucunda, yapıdaki burulma düzensizlikleri azalmış, yapının dayanım gücü artmış, yapısal elemanların göçme bölgesine geçmesi engellenmiştir. Böylelikle yapı, güçlendirilmiş haliyle gerekli performans seviyelerini, belirlenen deprem etkileri altında sağlamıştır.

Yapısal elemanların performanslarının incelenmesinde mevcut yapısal özelliklerini gösteremeyen birim şekildeğiştirmeler yerine deneysel olarak bulunabilen ve davranış özellikleri ile ilişkilendirilebilen kesitlerdeki plastik mafsal dönmeleri kullanılabilir [9].

Bu çalışmadaki sayısal örnekte görüldüğü gibi, deprem yüklerinin tamamına yakını yeni betonarme perdeler tarafından karşılanan, hiçbir yapısal elemanı gevrek olarak hasar görmeyen ve yanal ötelenmesi çok azaltılmış sistemler için bir eşdeğer R katsayısı yaklaşımı getirilmesi güçlendirme uygulamalarını daha da kolaylaştıracaktır [9].

Sonuç olarak, artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi kullanılarak, yapıların daha ekonomik olarak projelendirilmesi, mekanizma durumlarının görülebilmesi ve daha gerçekçi sonuçlar elde edilebilmesi mümkündür.

KAYNAKLAR

- [1] **Özer E.**, 2009. Yapıların Sistemlerinin Lineer Olmayan Analizi Yöntemleri Ders Notları, www.ins.itu.edu.tr/eozer, İstanbul.
- [2] **Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik**, DBYYHY 2007. Bayındırlık Bakanlığı, Ankara.
- [3] **Celep, Z.**, 2007. Betonarme Taşıyıcı Sistemlerde Doğrusal Olmayan Davranış Ve Çözümleme, *Beta Dağıtım*, İstanbul.
- [4] **TS-500**, 2000. Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- [5] **SAP 2000**, Structural Analysis Program, Computers and Structures Inc., Berkeley, California.
- [6] **XTRACT 2001**, Cross Sectional Analysis of Components, Imbsen Software System, Sacramento.
- [7] **Darılmaz, K.**, 2008. TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası İleri SAP2000 Kursu Ders Notları, İstanbul
- [8] **Betonarme Tablo ve Abaklar**, 2004. İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi Matbaası
- [9] **Sucuoğlu, H.**, 2006. 2007 Deprem Yönetmeliği Performans Esaslı Hesap Yöntemlerinin Karşılıklı Değerlendirilmesi, TMH - Türkiye Mühendislik Haberleri / Sayı **444-445** - 2006/4-5, s.24-36, İstanbul

EKLER

EK A: Kolonların ve perdelerin çatlamış kesitlerine ait eğilme rijitlikleri ve yapısal elemanların hasar tespitleri

EK A

Çizelge A.1 : Mevcut yapı elemanlarının çatlamış kesitlerine ait eğilme rijitliği katsayıları

1. Kat		2. Kat		3. Kat		4. Kat		5. Kat		6. Kat	
Kolon ve Perde İsimleri	Çatlamış Kesitlere ait Eğilme Rijitliği Katsayıları	Kolon ve Perde İsimleri	Çatlamış Kesitlere ait Eğilme Rijitliği Katsayıları	Kolon ve Perde İsimleri	Çatlamış Kesitlere ait Eğilme Rijitliği Katsayıları	Kolon ve Perde İsimleri	Çatlamış Kesitlere ait Eğilme Rijitliği Katsayıları	Kolon ve Perde İsimleri	Çatlamış Kesitlere ait Eğilme Rijitliği Katsayıları	Kolon ve Perde İsimleri	Çatlamış Kesitlere ait Eğilme Rijitliği Katsayıları
KLN101	0.61	KLN201	0.54	KLN301	0.48	KLN401	0.42	KLN501	0.40	KLN601	0.40
KLN102	0.70	KLN202	0.62	KLN302	0.54	KLN402	0.46	KLN502	0.40	KLN602	0.40
KLN103	0.67	KLN203	0.60	KLN303	0.53	KLN403	0.46	KLN503	0.40	KLN603	0.40
KLN104	0.68	KLN204	0.60	KLN304	0.53	KLN404	0.45	KLN504	0.40	KLN604	0.40
KLN105	0.69	KLN205	0.62	KLN305	0.55	KLN405	0.47	KLN505	0.40	KLN605	0.40
KLN106	0.80	KLN206	0.76	KLN306	0.65	KLN406	0.54	KLN506	0.44	KLN606	0.40
KLN107	0.80	KLN207	0.76	KLN307	0.65	KLN407	0.54	KLN507	0.44	KLN607	0.40
KLN108	0.70	KLN208	0.63	KLN308	0.55	KLN408	0.48	KLN508	0.40	KLN608	0.40
KLN109	0.69	KLN209	0.61	KLN309	0.54	KLN409	0.46	KLN509	0.40	KLN609	0.40
KLN110	0.61	KLN210	0.54	KLN310	0.48	KLN410	0.42	KLN510	0.40	KLN610	0.40
KLN111	0.51	KLN211	0.46	KLN311	0.42	KLN411	0.40	KLN511	0.40	KLN611	0.40
KLN112	0.67	KLN212	0.60	KLN312	0.53	KLN412	0.46	KLN512	0.40	KLN612	0.40
KLN113	0.69	KLN213	0.62	KLN313	0.54	KLN413	0.46	KLN513	0.40	KLN613	0.40

Çizelge A.1 : Mevcut yapı elemanlarının çatlamış kesitlerine ait eğilme rijitliği katsayıları (devam)

1. Kat		2. Kat		3. Kat		4. Kat		5. Kat		6. Kat	
Kolon ve Perde İsimleri	Çatlamış Kesitlere ait Eğilme Rijitliği Katsayıları	Kolon ve Perde İsimleri	Çatlamış Kesitlere ait Eğilme Rijitliği Katsayıları	Kolon ve Perde İsimleri	Çatlamış Kesitlere ait Eğilme Rijitliği Katsayıları	Kolon ve Perde İsimleri	Çatlamış Kesitlere ait Eğilme Rijitliği Katsayıları	Kolon ve Perde İsimleri	Çatlamış Kesitlere ait Eğilme Rijitliği Katsayıları	Kolon ve Perde İsimleri	Çatlamış Kesitlere ait Eğilme Rijitliği Katsayıları
KLN114	0.54	KLN214	0.48	KLN314	0.43	KLN414	0.40	KLN514	0.40	KLN614	0.40
KLN115	0.54	KLN215	0.49	KLN315	0.43	KLN415	0.40	KLN515	0.40	KLN615	0.40
KLN116	0.72	KLN216	0.64	KLN316	0.55	KLN416	0.47	KLN516	0.40	KLN616	0.40
KLN117	0.69	KLN217	0.61	KLN317	0.53	KLN417	0.45	KLN517	0.40	KLN617	0.40
KLN118	0.62	KLN218	0.55	KLN318	0.49	KLN418	0.42	KLN518	0.40	KLN618	0.40
KLN119	0.52	KLN219	0.47	KLN319	0.43	KLN419	0.40	KLN519	0.40	KLN619	0.40
KLN120	0.51	KLN220	0.47	KLN320	0.42	KLN420	0.40	KLN520	0.40	KLN620	0.40
KLN121	0.67	KLN221	0.59	KLN321	0.52	KLN421	0.45	KLN521	0.40	KLN621	0.40
KLN122	0.69	KLN222	0.61	KLN322	0.54	KLN422	0.46	KLN522	0.40	KLN622	0.40
KLN123	0.54	KLN223	0.48	KLN323	0.43	KLN423	0.40	KLN523	0.40	KLN623	0.40
KLN124	0.52	KLN224	0.46	KLN324	0.42	KLN424	0.40	KLN524	0.40	KLN624	0.40
KLN125	0.57	KLN225	0.51	KLN325	0.46	KLN425	0.41	KLN525	0.40	KLN625	0.40
KLN126	0.55	KLN226	0.50	KLN326	0.45	KLN426	0.40	KLN526	0.40	KLN626	0.40
KLN127	0.62	KLN227	0.55	KLN327	0.48	KLN427	0.42	KLN527	0.40	KLN627	0.40
KLN128	0.53	KLN228	0.48	KLN328	0.43	KLN428	0.40	KLN528	0.40	KLN628	0.40
KLN129	0.60	KLN229	0.54	KLN329	0.48	KLN429	0.42	KLN529	0.40	KLN629	0.40

Çizelge A.1 : Mevcut yapı elemanlarının çatlamış kesitlerine ait eğilme rijitliği katsayıları (devam)

1. Kat		2. Kat		3. Kat		4. Kat		5. Kat		6. Kat	
Kolon ve Perde İsimleri	Çatlamış Kesitlere ait Eğilme Rijitliği Katsayıları	Kolon ve Perde İsimleri	Çatlamış Kesitlere ait Eğilme Rijitliği Katsayıları	Kolon ve Perde İsimleri	Çatlamış Kesitlere ait Eğilme Rijitliği Katsayıları	Kolon ve Perde İsimleri	Çatlamış Kesitlere ait Eğilme Rijitliği Katsayıları	Kolon ve Perde İsimleri	Çatlamış Kesitlere ait Eğilme Rijitliği Katsayıları	Kolon ve Perde İsimleri	Çatlamış Kesitlere ait Eğilme Rijitliği Katsayıları
KLN130	0.69	KLN230	0.62	KLN330	0.54	KLN430	0.46	KLN530	0.40	KLN630	0.40
KLN131	0.67	KLN231	0.60	KLN331	0.53	KLN431	0.46	KLN531	0.40	KLN631	0.40
KLN132	0.68	KLN232	0.61	KLN332	0.53	KLN432	0.46	KLN532	0.40	KLN632	0.40
KLN133	0.60	KLN233	0.53	KLN333	0.47	KLN433	0.41	KLN533	0.40	KLN633	0.40
KLN134	0.60	KLN234	0.54	KLN334	0.48	KLN434	0.42	KLN534	0.40	KLN634	0.40
KLN135	0.69	KLN235	0.61	KLN335	0.54	KLN435	0.46	KLN535	0.40	KLN635	0.40
KLN136	0.60	KLN236	0.53	KLN336	0.47	KLN436	0.41	KLN536	0.40	KLN636	0.40
PRD101	0.40	PRD201	0.40	PRD301	0.40	PRD401	0.40	PRD501	0.40	PRD601	0.40
PRD102	0.40	PRD202	0.40	PRD302	0.40	PRD402	0.40	PRD502	0.40	PRD602	0.40
PRD103	0.44	PRD203	0.42	PRD303	0.40	PRD403	0.40	PRD503	0.40	PRD603	0.40
PRD104	0.48	PRD204	0.44	PRD304	0.41	PRD404	0.40	PRD504	0.40	PRD604	0.40
PRD105	0.44	PRD205	0.41	PRD305	0.40	PRD405	0.40	PRD505	0.40	PRD605	0.40
PRD106	0.47	PRD206	0.43	PRD306	0.40	PRD406	0.40	PRD506	0.40	PRD606	0.40

Çizelge A.1 : Mevcut yapı elemanlarının çatlamış kesitlerine ait eğilme rijitliği katsayıları (devam)

1. Kat		2. Kat		3. Kat		4. Kat		5. Kat		6. Kat	
Kolon ve Perde İsimleri	Çatlamış Kesitlere ait Eğilme Rijitliği Katsayıları	Kolon ve Perde İsimleri	Çatlamış Kesitlere ait Eğilme Rijitliği Katsayıları	Kolon ve Perde İsimleri	Çatlamış Kesitlere ait Eğilme Rijitliği Katsayıları	Kolon ve Perde İsimleri	Çatlamış Kesitlere ait Eğilme Rijitliği Katsayıları	Kolon ve Perde İsimleri	Çatlamış Kesitlere ait Eğilme Rijitliği Katsayıları	Kolon ve Perde İsimleri	Çatlamış Kesitlere ait Eğilme Rijitliği Katsayıları
PRD107	0.40	PRD207	0.40	PRD307	0.40	PRD407	0.40	PRD507	0.40	PRD607	0.40
PRD108	0.40	PRD208	0.40	PRD308	0.40	PRD408	0.40	PRD508	0.40	PRD608	0.40
PRD109	0.40	PRD209	0.40	PRD309	0.40	PRD409	0.40	PRD509	0.40	PRD609	0.40
PRD110	0.40	PRD210	0.40	PRD310	0.40	PRD410	0.40	PRD510	0.40	PRD610	0.40

Çizelge A.2 : Tasarım depremi altında X doğrultusunda zemin kat kirişlerinin hasar tespiti

Kiriş No	Elastik Eğrilik	Dönme	Ip [m]	Plastik Eğrilik	Toplam Eğrilik	Beton Birim Şekil Değ.	Donatı Birim Şekil Değ.	MN Hasar Sınırı		GV Hasar Sınırı		GÇ Hasar Sınırı		Performans
								Beton	Donatı	Beton	Donatı	Beton	Donatı	
KRS101	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Minimum
	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS102	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Minimum
	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS103	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Minimum
	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS104	0.002	0.0077	0.35	0.0221	0.0241	0.0009	0.0151	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Belirgin
	0.002	-0.0063	0.35	-0.0179	0.0199	0.0008	0.0124	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS105	0.002	0.0056	0.35	0.0159	0.0179	0.0007	0.0111	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Belirgin
	0.002	-0.0066	0.35	-0.0188	0.0209	0.0008	0.0130	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS106	0.002	0.0057	0.35	0.0163	0.0184	0.0007	0.0114	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Belirgin
	0.002	-0.0067	0.35	-0.0191	0.0212	0.0008	0.0132	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS107	0.002	0.0057	0.35	0.0163	0.0184	0.0007	0.0114	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Belirgin
	0.002	-0.0068	0.35	-0.0194	0.0215	0.0008	0.0134	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS108	0.002	0.0058	0.35	0.0167	0.0188	0.0008	0.0116	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Belirgin
	0.002	-0.0068	0.35	-0.0194	0.0215	0.0008	0.0134	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS109	0.002	0.0057	0.35	0.0163	0.0183	0.0007	0.0114	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Belirgin
	0.002	-0.0064	0.35	-0.0184	0.0205	0.0008	0.0127	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS110	0.002	0.0049	0.35	0.0141	0.0162	0.0007	0.0100	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Belirgin
	0.002	-0.0062	0.35	-0.0177	0.0198	0.0008	0.0123	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	

Çizelge A.2 : Tasarım depremi altında X doğrultusunda zemin kat kirişlerinin hasar tespiti (devam)

Kiriş No	Elastik Eğrilik	Dönme	lp [m]	Plastik Eğrilik	Toplam Eğrilik	Beton Birim Şekil Değ.	Donatı Birim Şekil Değ.	MN Hasar Sınırı		GV Hasar Sınırı		GÇ Hasar Sınırı		Performans
								Beton	Donatı	Beton	Donatı	Beton	Donatı	
KRS111	0.002	0.0052	0.35	0.0148	0.0169	0.0007	0.0104	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Belirgin
	0.002	-0.0070	0.35	-0.0201	0.0222	0.0008	0.0138	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS112	0.002	0.0058	0.35	0.0165	0.0186	0.0008	0.0115	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Belirgin
	0.002	-0.0067	0.35	-0.0193	0.0213	0.0008	0.0133	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS113	0.002	0.0059	0.35	0.0169	0.0190	0.0008	0.0118	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Belirgin
	0.002	-0.0065	0.35	-0.0186	0.0207	0.0008	0.0129	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS114	0.002	0.0057	0.35	0.0163	0.0183	0.0007	0.0114	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Belirgin
	0.002	-0.0095	0.35	-0.0271	0.0292	0.0010	0.0183	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS115	0.002	-0.0004	0.35	-0.0012	0.0033	0.0003	0.0019	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Minimum
	0.002	-0.0008	0.35	-0.0023	0.0044	0.0004	0.0025	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS116	0.002	-0.0016	0.35	-0.0047	0.0068	0.0005	0.0040	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Minimum
	0.002	-0.0020	0.35	-0.0057	0.0078	0.0005	0.0046	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS117	0.002	-0.0004	0.35	-0.0011	0.0032	0.0003	0.0018	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Minimum
	0.002	-0.0008	0.35	-0.0023	0.0044	0.0004	0.0025	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS118	0.002	-0.0015	0.35	-0.0044	0.0065	0.0005	0.0038	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Minimum
	0.002	-0.0039	0.35	-0.0111	0.0131	0.0006	0.0080	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS119	0.002	-0.0006	0.35	-0.0016	0.0037	0.0004	0.0021	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Minimum
	0.002	-0.0008	0.35	-0.0022	0.0043	0.0004	0.0025	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS120	0.002	-0.0024	0.35	-0.0068	0.0089	0.0005	0.0053	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Minimum
	0.002	-0.0022	0.35	-0.0063	0.0084	0.0005	0.0050	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS121	0.002	-0.0022	0.35	-0.0063	0.0084	0.0005	0.0050	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Minimum
	0.002	-0.0023	0.35	-0.0066	0.0087	0.0005	0.0052	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	

Çizelge A.2 : Tasarım depremi altında X doğrultusunda zemin kat kirişlerinin hasar tespiti (devam)

Kiriş No	Elastik Eğrilik	Dönme	lp [m]	Plastik Eğrilik	Toplam Eğrilik	Beton Birim Şekil Değ.	Donatı Birim Şekil Değ.	MN Hasar Sınırı		GV Hasar Sınırı		GÇ Hasar Sınırı		Performans
								Beton	Donatı	Beton	Donatı	Beton	Donatı	
KRS122	0.002	-0.0004	0.35	-0.0011	0.0032	0.0003	0.0018	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Belirgin
	0.002	-0.0051	0.35	-0.0146	0.0167	0.0007	0.0103	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS123	0.002	-0.0032	0.35	-0.0091	0.0111	0.0006	0.0068	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Minimum
	0.002	-0.0018	0.35	-0.0050	0.0071	0.0005	0.0042	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS124	0.002	-0.0004	0.35	-0.0013	0.0034	0.0003	0.0019	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Minimum
	0.002	-0.0008	0.35	-0.0022	0.0043	0.0004	0.0025	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS125	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Minimum
	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS126	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Minimum
	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS127	0.002	0.0064	0.35	0.0183	0.0204	0.0008	0.0127	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Belirgin
	0.002	-0.0081	0.35	-0.0232	0.0252	0.0009	0.0158	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS128	0.002	0.0071	0.35	0.0202	0.0223	0.0008	0.0139	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Belirgin
	0.002	-0.0082	0.35	-0.0235	0.0255	0.0009	0.0160	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS129	0.002	0.0073	0.35	0.0207	0.0228	0.0008	0.0142	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Belirgin
	0.002	-0.0080	0.35	-0.0230	0.0250	0.0009	0.0157	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS130	0.002	0.0241	0.35	0.0689	0.0710	0.0018	0.0451	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	İleri
	0.002	-0.0251	0.35	-0.0717	0.0737	0.0018	0.0469	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS131	0.002	0.0118	0.35	0.0337	0.0358	0.0011	0.0225	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Belirgin
	0.002	-0.0116	0.35	-0.0331	0.0352	0.0011	0.0221	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS132	0.002	0.0070	0.35	0.0200	0.0220	0.0008	0.0137	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Belirgin
	0.002	-0.0085	0.35	-0.0242	0.0263	0.0009	0.0165	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	

Çizelge A.2 : Tasarım depremi altında X doğrultusunda zemin kat kirişlerinin hasar tespiti (devam)

Kiriş No	Elastik Eğrilik	Dönme	lp [m]	Plastik Eğrilik	Toplam Eğrilik	Beton Birim Şekil Değ.	Donatı Birim Şekil Değ.	MN Hasar Sınırı		GV Hasar Sınırı		GÇ Hasar Sınırı		Performans
								Beton	Donatı	Beton	Donatı	Beton	Donatı	
KRS133	0.002	0.0067	0.35	0.0191	0.0212	0.0008	0.0132	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Belirgin
	0.002	-0.0089	0.35	-0.0253	0.0274	0.0009	0.0171	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS134	0.002	0.0142	0.35	0.0405	0.0426	0.0012	0.0269	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Belirgin
	0.002	-0.0159	0.35	-0.0454	0.0475	0.0013	0.0300	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS135	0.002	0.0100	0.35	0.0286	0.0307	0.0010	0.0193	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Belirgin
	0.002	-0.0106	0.35	-0.0303	0.0324	0.0010	0.0204	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS136	0.002	0.0069	0.35	0.0197	0.0217	0.0008	0.0135	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Belirgin
	0.002	-0.0085	0.35	-0.0242	0.0263	0.0009	0.0165	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS137	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Minimum
	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS138	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Minimum
	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS139	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Minimum
	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS140	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Minimum
	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS141	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Minimum
	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS142	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Minimum
	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS143	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Minimum
	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	

Çizelge A.2 : Tasarım depremi altında X doğrultusunda zemin kat kirişlerinin hasar tespiti (devam)

Kiriş No	Elastik Eğrilik	Dönme	lp [m]	Plastik Eğrilik	Toplam Eğrilik	Beton Birim Şekil Değ.	Donatı Birim Şekil Değ.	MN Hasar Sınırı		GV Hasar Sınırı		GÇ Hasar Sınırı		Performans
								Beton	Donatı	Beton	Donatı	Beton	Donatı	
KRS144	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Minimum
	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS145	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Minimum
	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS146	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Minimum
	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS147	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Minimum
	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS148	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Minimum
	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS149	0.002	0.0065	0.35	0.0186	0.0207	0.0008	0.0129	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Belirgin
	0.002	-0.0083	0.35	-0.0236	0.0257	0.0009	0.0161	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS150	0.002	0.0072	0.35	0.0205	0.0226	0.0008	0.0141	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Belirgin
	0.002	-0.0081	0.35	-0.0232	0.0253	0.0009	0.0158	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS151	0.002	0.0072	0.35	0.0206	0.0226	0.0008	0.0141	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Belirgin
	0.002	-0.0081	0.35	-0.0230	0.0251	0.0009	0.0157	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS152	0.002	0.0245	0.35	0.0699	0.0720	0.0018	0.0457	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	İleri
	0.002	-0.0254	0.35	-0.0727	0.0747	0.0018	0.0475	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS153	0.002	0.0114	0.35	0.0326	0.0347	0.0011	0.0218	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Belirgin
	0.002	-0.0112	0.35	-0.0320	0.0341	0.0011	0.0214	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS154	0.002	0.0072	0.35	0.0207	0.0228	0.0008	0.0142	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Belirgin
	0.002	-0.0081	0.35	-0.0232	0.0253	0.0009	0.0158	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	

Çizelge A.2 : Tasarım depremi altında X doğrultusunda zemin kat kirişlerinin hasar tespiti (devam)

Kiriş No	Elastik Eğrilik	Dönme	lp [m]	Plastik Eğrilik	Toplam Eğrilik	Beton Birim Şekil Değ.	Donatı Birim Şekil Değ.	MN Hasar Sınırı		GV Hasar Sınırı		GÇ Hasar Sınırı		Performans
								Beton	Donatı	Beton	Donatı	Beton	Donatı	
KRS155	0.002	0.0066	0.35	0.0189	0.0210	0.0008	0.0131	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Belirgin
	0.002	-0.0085	0.35	-0.0242	0.0263	0.0009	0.0165	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS156	0.002	0.0142	0.35	0.0406	0.0427	0.0012	0.0269	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Belirgin
	0.002	-0.0159	0.35	-0.0455	0.0476	0.0013	0.0301	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS157	0.002	0.0099	0.35	0.0281	0.0302	0.0010	0.0190	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Belirgin
	0.002	-0.0106	0.35	-0.0304	0.0325	0.0010	0.0204	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS158	0.002	0.0071	0.35	0.0202	0.0223	0.0008	0.0139	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Belirgin
	0.002	-0.0085	0.35	-0.0244	0.0265	0.0009	0.0166	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS159	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Minimum
	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS160	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Minimum
	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS161	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Minimum
	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS162	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Minimum
	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS163	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Minimum
	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS164	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Minimum
	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS165	0.002	-0.0010	0.35	-0.0027	0.0048	0.0004	0.0028	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Minimum
	0.002	-0.0004	0.35	-0.0010	0.0031	0.0003	0.0017	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	

Çizelge A.2 : Tasarım depremi altında X doğrultusunda zemin kat kirişlerinin hasar tespiti (devam)

Kiriş No	Elastik Eğrilik	Dönme	lp [m]	Plastik Eğrilik	Toplam Eğrilik	Beton Birim Şekil Değ.	Donatı Birim Şekil Değ.	MN Hasar Sınırı		GV Hasar Sınırı		GÇ Hasar Sınırı		Performans
								Beton	Donatı	Beton	Donatı	Beton	Donatı	
KRS166	0.002	-0.0022	0.35	-0.0062	0.0082	0.0005	0.0049	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Minimum
	0.002	-0.0016	0.35	-0.0045	0.0065	0.0005	0.0039	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS167	0.002	-0.0010	0.35	-0.0029	0.0050	0.0004	0.0029	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Minimum
	0.002	-0.0003	0.35	-0.0010	0.0031	0.0003	0.0017	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS168	0.002	-0.0043	0.35	-0.0123	0.0144	0.0007	0.0088	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Minimum
	0.002	-0.0015	0.35	-0.0043	0.0064	0.0005	0.0038	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS169	0.002	-0.0009	0.35	-0.0026	0.0047	0.0004	0.0027	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Minimum
	0.002	-0.0004	0.35	-0.0011	0.0032	0.0003	0.0018	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS170	0.002	-0.0055	0.35	-0.0158	0.0179	0.0007	0.0111	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Belirgin
	0.002	-0.0003	0.35	-0.0008	0.0029	0.0003	0.0016	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS171	0.002	-0.0018	0.35	-0.0052	0.0072	0.0005	0.0043	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Minimum
	0.002	-0.0027	0.35	-0.0077	0.0098	0.0006	0.0059	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS172	0.002	-0.0008	0.35	-0.0023	0.0044	0.0004	0.0025	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Minimum
	0.002	-0.0003	0.35	-0.0009	0.0030	0.0003	0.0017	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS173	0.002	0.0076	0.35	0.0218	0.0238	0.0009	0.0149	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Belirgin
	0.002	-0.0062	0.35	-0.0177	0.0198	0.0008	0.0123	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS174	0.002	0.0056	0.35	0.0159	0.0180	0.0007	0.0111	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Belirgin
	0.002	-0.0066	0.35	-0.0188	0.0209	0.0008	0.0130	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS175	0.002	0.0057	0.35	0.0162	0.0183	0.0007	0.0113	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Belirgin
	0.002	-0.0067	0.35	-0.0193	0.0214	0.0008	0.0133	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS176	0.002	0.0057	0.35	0.0164	0.0185	0.0008	0.0115	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Belirgin
	0.002	-0.0068	0.35	-0.0194	0.0215	0.0008	0.0134	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	

Çizelge A.2 : Tasarım depremi altında X doğrultusunda zemin kat kirişlerinin hasar tespiti (devam)

Kiriş No	Elastik Eğrilik	Dönme	İp [m]	Plastik Eğrilik	Toplam Eğrilik	Beton Birim Şekil Değ.	Donatı Birim Şekil Değ.	MN Hasar Sınırı		GV Hasar Sınırı		GÇ Hasar Sınırı		Performans
								Beton	Donatı	Beton	Donatı	Beton	Donatı	
KRS177	0.002	0.0058	0.35	0.0167	0.0187	0.0008	0.0116	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Belirgin
	0.002	-0.0065	0.35	-0.0185	0.0205	0.0008	0.0128	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS178	0.002	0.0058	0.35	0.0166	0.0186	0.0008	0.0115	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Belirgin
	0.002	-0.0090	0.35	-0.0258	0.0279	0.0009	0.0175	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS179	0.002	0.0071	0.35	0.0203	0.0224	0.0008	0.0139	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Belirgin
	0.002	-0.0092	0.35	-0.0262	0.0283	0.0009	0.0177	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS180	0.002	0.0076	0.35	0.0217	0.0238	0.0009	0.0148	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Belirgin
	0.002	-0.0063	0.35	-0.0180	0.0201	0.0008	0.0125	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS181	0.002	0.0055	0.35	0.0157	0.0178	0.0007	0.0110	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Belirgin
	0.002	-0.0067	0.35	-0.0190	0.0211	0.0008	0.0131	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS182	0.002	0.0058	0.35	0.0167	0.0188	0.0008	0.0116	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Belirgin
	0.002	-0.0065	0.35	-0.0186	0.0207	0.0008	0.0128	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS183	0.002	0.0058	0.35	0.0166	0.0187	0.0008	0.0116	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Belirgin
	0.002	-0.0096	0.35	-0.0274	0.0295	0.0010	0.0185	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	

Çizelge A.3 : Tasarım depremi altında Y doğrultusunda zemin kat kirişlerinin hasar tespiti

Kiriş No	Elastik Eğrilik	Dönme	İp [m]	Plastik Eğrilik	Toplam Eğrilik	Beton Birim Şekil Değ.	Donatı Birim Şekil Değ.	MN Hasar Sınırı		GV Hasar Sınırı		GÇ Hasar Sınırı		Performans
								Beton	Donatı	Beton	Donatı	Beton	Donatı	
KRS101	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Minimum
	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS102	0.002	-0.0004	0.35	-0.0013	0.0033	0.0003	0.0019	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Minimum
	0.002	-0.0008	0.35	-0.0023	0.0044	0.0004	0.0025	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS103	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Minimum
	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS104	0.002	0.0031	0.35	0.0089	0.0110	0.0006	0.0067	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Minimum
	0.002	-0.0042	0.35	-0.0120	0.0141	0.0007	0.0086	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS105	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Minimum
	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS106	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Minimum
	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS107	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Minimum
	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS108	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Minimum
	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS109	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Minimum
	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS110	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Minimum
	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	

Çizelge A.3 : Tasarım depremi altında Y doğrultusunda zemin kat kirişlerinin hasar tespiti (devam)

Kiriş No	Elastik Eğrilik	Dönme	İp [m]	Plastik Eğrilik	Toplam Eğrilik	Beton Birim Şekil Değ.	Donatı Birim Şekil Değ.	MN Hasar Sınırı		GV Hasar Sınırı		GÇ Hasar Sınırı		Performans
								Beton	Donatı	Beton	Donatı	Beton	Donatı	
KRS111	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Minimum
	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS112	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Minimum
	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS113	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Minimum
	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS114	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Belirgin
	0.002	-0.0070	0.35	-0.0200	0.0221	0.0008	0.0138	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS115	0.002	-0.0004	0.35	-0.0011	0.0032	0.0003	0.0018	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Belirgin
	0.002	-0.0110	0.35	-0.0315	0.0336	0.0010	0.0211	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS116	0.002	-0.0016	0.35	-0.0045	0.0066	0.0005	0.0039	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Belirgin
	0.002	-0.0126	0.35	-0.0360	0.0381	0.0011	0.0240	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS117	0.002	-0.0004	0.35	-0.0011	0.0032	0.0003	0.0018	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Belirgin
	0.002	-0.0115	0.35	-0.0329	0.0349	0.0011	0.0220	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS118	0.002	0.0000	0.35	-0.0015	0.0036	0.0003	0.0020	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Minimum
	0.002	0.0000	0.35	-0.0133	0.0154	0.0007	0.0095	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS119	0.002	-0.0004	0.35	-0.0012	0.0033	0.0003	0.0018	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Belirgin
	0.002	-0.0119	0.35	-0.0340	0.0361	0.0011	0.0227	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS120	0.002	-0.0022	0.35	-0.0062	0.0083	0.0005	0.0050	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Belirgin
	0.002	-0.0136	0.35	-0.0388	0.0408	0.0012	0.0258	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS121	0.002	-0.0022	0.35	-0.0062	0.0083	0.0005	0.0050	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Belirgin
	0.002	-0.0138	0.35	-0.0395	0.0416	0.0012	0.0262	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	

Çizelge A.3 : Tasarım depremi altında Y doğrultusunda zemin kat kirişlerinin hasar tespiti (devam)

Kiriş No	Elastik Eğrilik	Dönme	lp [m]	Plastik Eğrilik	Toplam Eğrilik	Beton Birim Şekil Değ.	Donatı Birim Şekil Değ.	MN Hasar Sınırı		GV Hasar Sınırı		GÇ Hasar Sınırı		Performans
								Beton	Donatı	Beton	Donatı	Beton	Donatı	
KRS122	0.002	-0.0004	0.35	-0.0011	0.0032	0.0003	0.0018	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Belirgin
	0.002	-0.0125	0.35	-0.0356	0.0377	0.0011	0.0237	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS123	0.002	-0.0016	0.35	-0.0045	0.0066	0.0005	0.0039	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Belirgin
	0.002	-0.0136	0.35	-0.0389	0.0410	0.0012	0.0258	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS124	0.002	-0.0004	0.35	-0.0011	0.0032	0.0003	0.0018	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Belirgin
	0.002	-0.0127	0.35	-0.0363	0.0384	0.0011	0.0242	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS125	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Belirgin
	0.002	-0.0080	0.35	-0.0230	0.0251	0.0009	0.0157	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS126	0.002	-0.0103	0.35	-0.0295	0.0316	0.0010	0.0199	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Belirgin
	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS127	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Minimum
	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS128	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Minimum
	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS129	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Minimum
	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS130	0.002	-0.0005	0.35	-0.0013	0.0034	0.0003	0.0019	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Minimum
	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS131	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Minimum
	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS132	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Minimum
	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	

Çizelge A.3 : Tasarım depremi altında Y doğrultusunda zemin kat kirişlerinin hasar tespiti (devam)

Kiriş No	Elastik Eğrilik	Dönme	lp [m]	Plastik Eğrilik	Toplam Eğrilik	Beton Birim Şekil Değ.	Donatı Birim Şekil Değ.	MN Hasar Sınırı		GV Hasar Sınırı		GÇ Hasar Sınırı		Performans
								Beton	Donatı	Beton	Donatı	Beton	Donatı	
KRS133	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Minimum
	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS134	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Minimum
	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS135	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Minimum
	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS136	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Minimum
	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS137	0.002	0.0068	0.35	0.0195	0.0216	0.0008	0.0135	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Belirgin
	0.002	-0.0072	0.35	-0.0207	0.0228	0.0008	0.0142	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS138	0.002	0.0071	0.35	0.0202	0.0223	0.0008	0.0139	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Belirgin
	0.002	-0.0080	0.35	-0.0228	0.0249	0.0009	0.0155	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS139	0.002	0.0073	0.35	0.0209	0.0230	0.0008	0.0143	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Belirgin
	0.002	-0.0082	0.35	-0.0236	0.0256	0.0009	0.0160	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS140	0.002	0.0071	0.35	0.0204	0.0225	0.0008	0.0140	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Belirgin
	0.002	-0.0081	0.35	-0.0231	0.0252	0.0009	0.0158	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS141	0.002	0.0072	0.35	0.0205	0.0226	0.0008	0.0141	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Belirgin
	0.002	-0.0081	0.35	-0.0231	0.0252	0.0009	0.0157	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS142	0.002	0.0077	0.35	0.0220	0.0241	0.0009	0.0150	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Belirgin
	0.002	-0.0085	0.35	-0.0244	0.0265	0.0009	0.0166	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS143	0.002	0.0084	0.35	0.0239	0.0260	0.0009	0.0163	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Belirgin
	0.002	-0.0091	0.35	-0.0260	0.0281	0.0009	0.0176	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	

Çizelge A.3 : Tasarım depremi altında Y doğrultusunda zemin kat kirişlerinin hasar tespiti (devam)

Kiriş No	Elastik Eğrilik	Dönme	lp [m]	Plastik Eğrilik	Toplam Eğrilik	Beton Birim Şekil Değ.	Donatı Birim Şekil Değ.	MN Hasar Sınırı		GV Hasar Sınırı		GÇ Hasar Sınırı		Performans
								Beton	Donatı	Beton	Donatı	Beton	Donatı	
KRS144	0.002	0.0085	0.35	0.0242	0.0263	0.0009	0.0165	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Belirgin
	0.002	-0.0092	0.35	-0.0264	0.0285	0.0009	0.0178	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS145	0.002	0.0073	0.35	0.0208	0.0229	0.0008	0.0143	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Belirgin
	0.002	-0.0085	0.35	-0.0243	0.0264	0.0009	0.0165	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS146	0.002	0.0075	0.35	0.0213	0.0234	0.0008	0.0146	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Belirgin
	0.002	-0.0087	0.35	-0.0248	0.0269	0.0009	0.0168	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS147	0.002	0.0088	0.35	0.0251	0.0272	0.0009	0.0170	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Belirgin
	0.002	-0.0097	0.35	-0.0278	0.0299	0.0010	0.0188	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS148	0.002	0.0091	0.35	0.0259	0.0279	0.0009	0.0175	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Belirgin
	0.002	-0.0098	0.35	-0.0281	0.0301	0.0010	0.0189	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS149	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Minimum
	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS150	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Minimum
	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS151	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Minimum
	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS152	0.002	0.0002	0.35	0.0005	0.0026	0.0003	0.0014	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Minimum
	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS153	0.002	0.0001	0.35	0.0002	0.0023	0.0003	0.0012	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Minimum
	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS154	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Minimum
	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	

Çizelge A.3 : Tasarım depremi altında Y doğrultusunda zemin kat kirişlerinin hasar tespiti (devam)

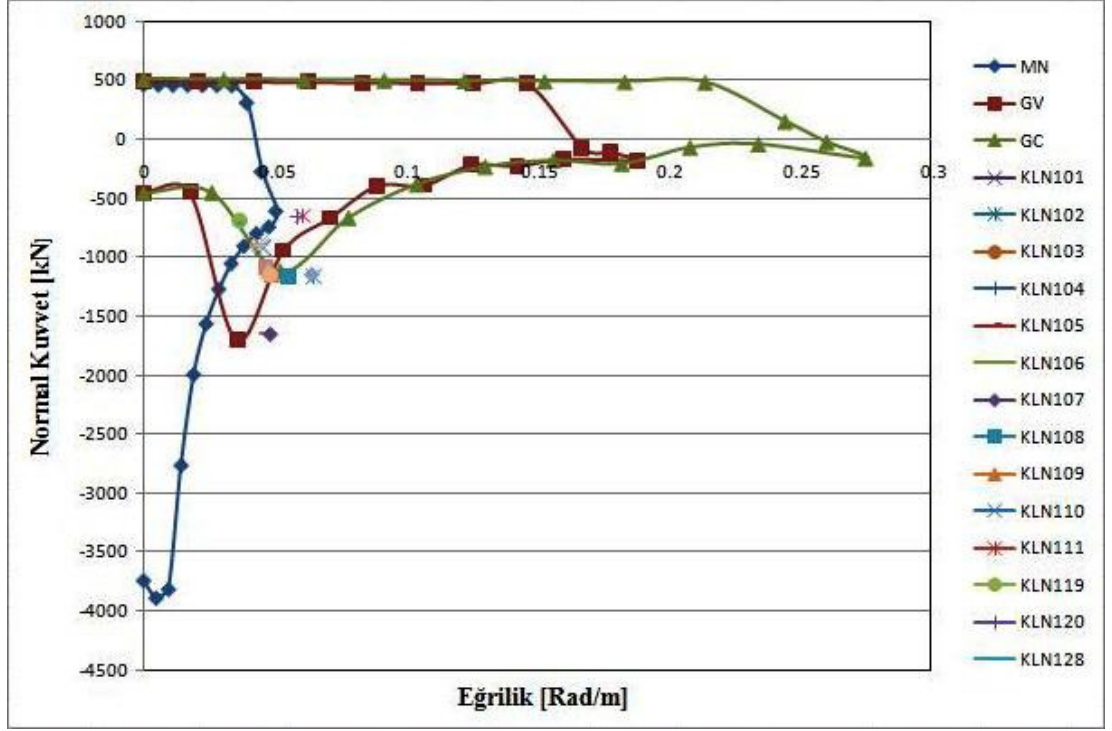
Kiriş No	Elastik Eğrilik	Dönme	lp [m]	Plastik Eğrilik	Toplam Eğrilik	Beton Birim Şekil Değ.	Donatı Birim Şekil Değ.	MN Hasar Sınırı		GV Hasar Sınırı		GÇ Hasar Sınırı		Performans
								Beton	Donatı	Beton	Donatı	Beton	Donatı	
KRS155	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Minimum
	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS156	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Minimum
	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS157	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Minimum
	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS158	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Minimum
	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS159	0.002	0.0133	0.35	0.0381	0.0402	0.0012	0.0253	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Belirgin
	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS160	0.002	0.0138	0.35	0.0393	0.0414	0.0012	0.0261	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Belirgin
	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS161	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Belirgin
	0.002	-0.0128	0.35	-0.0366	0.0386	0.0012	0.0244	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS162	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Belirgin
	0.002	-0.0170	0.35	-0.0485	0.0506	0.0014	0.0320	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS163	0.002	-0.0154	0.35	-0.0439	0.0460	0.0013	0.0291	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Belirgin
	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS164	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Belirgin
	0.002	-0.0158	0.35	-0.0452	0.0473	0.0013	0.0299	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS165	0.002	-0.0008	0.35	-0.0023	0.0044	0.0004	0.0025	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Belirgin
	0.002	-0.0113	0.35	-0.0322	0.0342	0.0011	0.0215	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	

Çizelge A.3 : Tasarım depremi altında Y doğrultusunda zemin kat kirişlerinin hasar tespiti (devam)

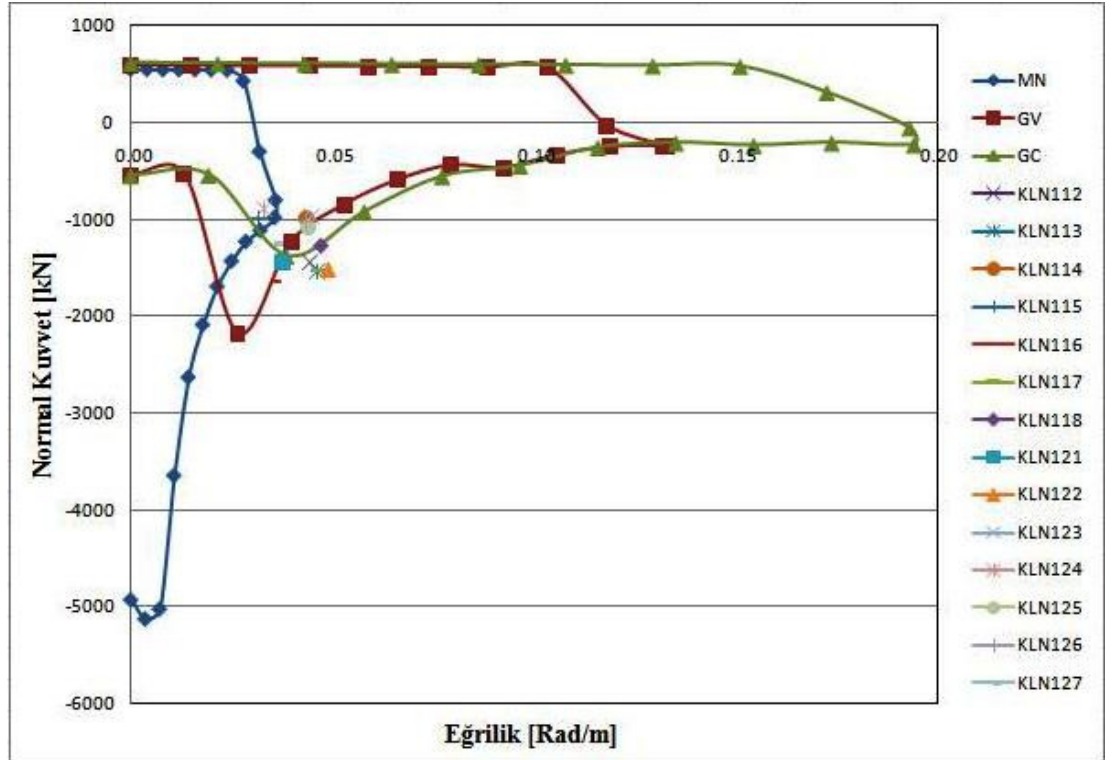
Kiriş No	Elastik Eğrilik	Dönme	İp [m]	Plastik Eğrilik	Toplam Eğrilik	Beton Birim Şekil Değ.	Donatı Birim Şekil Değ.	MN Hasar Sınırı		GV Hasar Sınırı		GÇ Hasar Sınırı		Performans
								Beton	Donatı	Beton	Donatı	Beton	Donatı	
KRS166	0.002	-0.0020	0.35	-0.0058	0.0079	0.0005	0.0047	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Belirgin
	0.002	-0.0127	0.35	-0.0363	0.0384	0.0011	0.0242	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS167	0.002	-0.0008	0.35	-0.0023	0.0044	0.0004	0.0025	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Belirgin
	0.002	-0.0117	0.35	-0.0334	0.0355	0.0011	0.0224	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS168	0.002	-0.0020	0.35	-0.0056	0.0077	0.0005	0.0046	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Belirgin
	0.002	-0.0132	0.35	-0.0378	0.0399	0.0012	0.0251	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS169	0.002	-0.0008	0.35	-0.0023	0.0044	0.0004	0.0025	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Belirgin
	0.002	-0.0120	0.35	-0.0342	0.0363	0.0011	0.0228	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS170	0.002	-0.0006	0.35	-0.0016	0.0037	0.0004	0.0021	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Belirgin
	0.002	-0.0128	0.35	-0.0367	0.0387	0.0012	0.0244	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS171	0.002	-0.0018	0.35	-0.0052	0.0072	0.0005	0.0043	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Belirgin
	0.002	-0.0143	0.35	-0.0408	0.0428	0.0012	0.0270	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS172	0.002	-0.0008	0.35	-0.0023	0.0044	0.0004	0.0025	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Belirgin
	0.002	-0.0130	0.35	-0.0371	0.0392	0.0012	0.0247	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS173	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Minimum
	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS174	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Minimum
	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS175	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Minimum
	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS176	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Minimum
	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	

Çizelge A.3 : Tasarım depremi altında Y doğrultusunda zemin kat kirişlerinin hasar tespiti (devam)

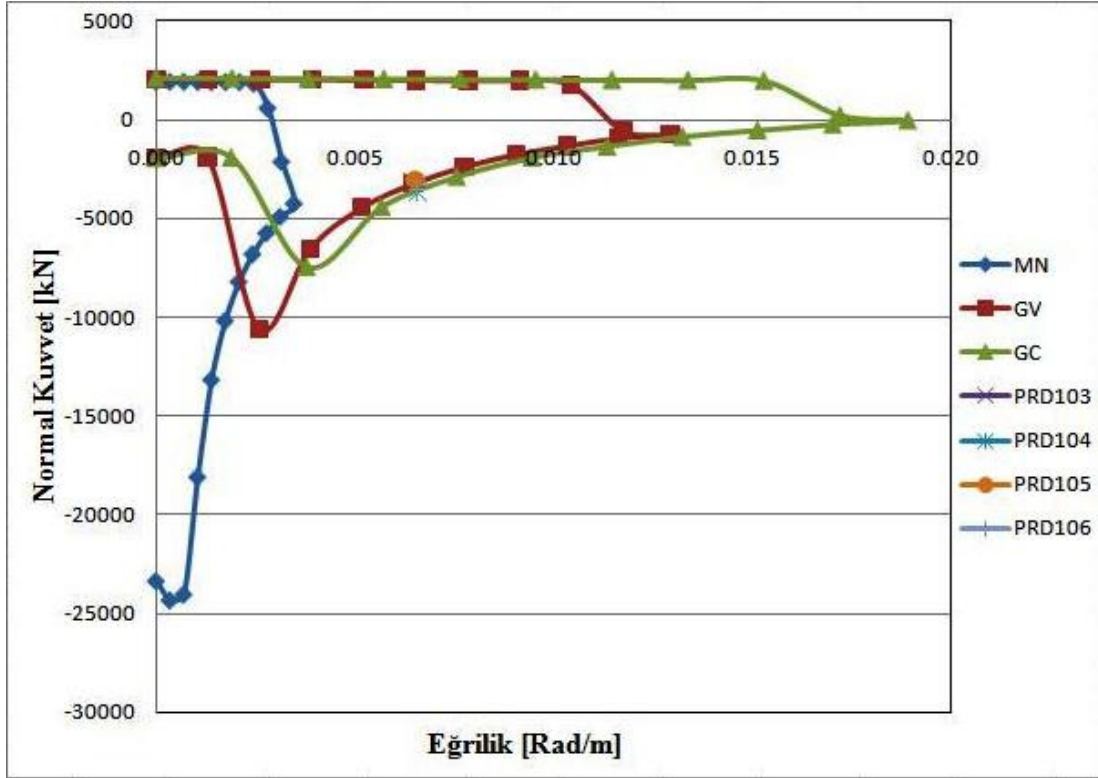
Kiriş No	Elastik Eğrilik	Dönme	İp [m]	Plastik Eğrilik	Toplam Eğrilik	Beton Birim Şekil Değ.	Donatı Birim Şekil Değ.	MN Hasar Sınırı		GV Hasar Sınırı		GÇ Hasar Sınırı		Performans
								Beton	Donatı	Beton	Donatı	Beton	Donatı	
KRS177	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Minimum
	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS178	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Minimum
	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS179	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Minimum
	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS180	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Minimum
	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS181	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Minimum
	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS182	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Minimum
	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	
KRS183	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	Minimum
	0.002	0.0000	0.35	0.0000	0.0021	0.0003	0.0011	0.0035	0.01	0.0102	0.04	0.0133	0.06	



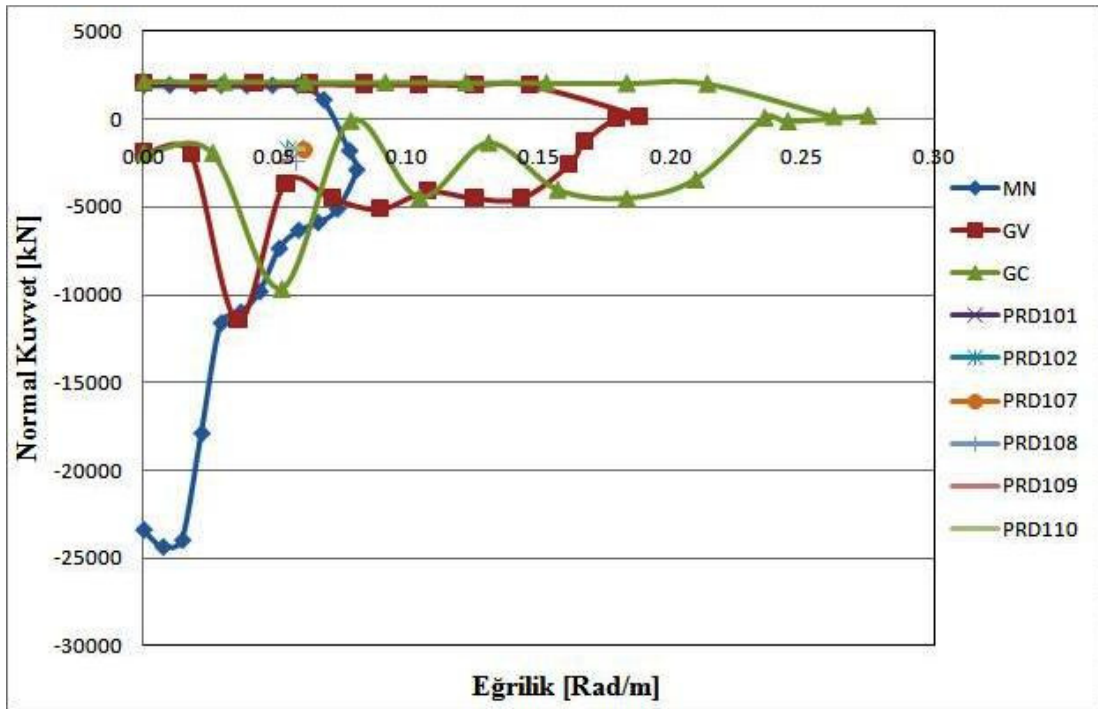
Şekil A.1 : X doğrultusunda en büyük deprem altında 30x60 boyutlarındaki kolonların hasar tespiti



Şekil A.2 : X doğrultusunda en büyük deprem altında 40x60 boyutlarındaki kolonların hasar tespiti



Şekil A.3 : X doğrultusunda en büyük deprem altında 30x390 boyutlarındaki perdelerin hasar tespiti



Şekil A.4 : X doğrultusunda en büyük deprem altında 390x30 boyutlarındaki perdelerin hasar tespiti

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad: Abdül Cebbar Noyan Şenel

Doğum Yeri ve Tarihi: İzmir – 16.11.1983

Lise: Muğla 75. Yıl Fen Lisesi

Lisans Üniversite: İstanbul Teknik Üniversitesi