

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**MEVCUT BETONARME BİNALARDA KULLANILAN GÜÇLENDİRME
YÖNTEMLERİNİN HASAR OLASILIĞI BAĞLAMINDA DEĞERLENDİRİLMESİ**

ERDEM ÇAĞLAR KOCABEY

YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YAPI PROGRAMI

DANIŞMAN
DOÇ. DR. MURAT SERDAR KIRÇIL

İSTANBUL, 2017

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**MEVCUT BETONARME BİNALARDA KULLANILAN GÜÇLENDİRME
YÖNTEMLERİNİN HASAR OLASILIĞI BAĞLAMINDA DEĞERLENDİRİLMESİ**

Erdem Çağlar KOCABEY tarafından hazırlanan tez çalışması 08/12/2017 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Doç. Dr. Murat Serdar KIRÇIL
Yıldız Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Doç. Dr. Murat Serdar KIRÇIL
Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Güray ARSLAN
Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Kutlu DARILMAZ
İstanbul Teknik Üniversitesi

ÖNSÖZ

Özellikle Marmara Depreminden sonra önemi daha da artan, mevcut bina tipi yapıların ve bu yapıların güçlendirilmesinde istatistiksel yöntemlere daha fazla ihtiyaç hasıl olmuş, yapı davranışında hızlı karar alabilmek için bu yöntemlerin öneminin arttığı görülmüştür. Bu bilinçle, yapılan araştırmalarda mevcut yapıların deprem sırasındaki davranışlarının ve oluşacak hasarların gerçeğe yakın olarak tahmin edilebilmesi gerekmektedir. Bu bağlamda çalışmada günümüz koşullarında yakın ve ıstık tutabilmesi açısından mevcut bina koşullarına uygun bir yapı seçilmiş ve irdelenmiş bu bağlamda hasar olasılık eğrileri oluşturulmuş ve uygulanan güçlendirme seçeneklerinin yapının performansına etkisi incelenmiştir.

Tez konusunun belirlenmesi, çalışmaların programlanması, yürütülmesi sırasındaki yönlendirici ve bilgilendirici desteklerinden ötürü Sayın Doç. Dr. Murat Serdar KIRÇIL'a tesekkürlerimi sunarım.

Hayatım boyunca her türlü desteğini esirgemeyen çok değerli aileme sevgi ve minnettarlığımı iletiyorum.

Aralık,2017

Erdem Çağlar KOCABEY

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ.....	viii
KISALTMA LİSTESİ.....	x
ŞEKİL LİSTESİ.....	xi
ÇİZELGE LİSTESİ	xiii
ÖZET	xv
ABSTRACT.....	xvii
BÖLÜM 1	
GİRİŞ.....	1
1.1 Literatür Özeti	2
1.1.1 M. Altuğ ERBERİK ve Amr. S. ELNASHAI (2004)	4
1.1.2 T. Rosetto ve Amr. S. ELNASHAI (2003)	5
1.1.3 Vitor Silva,Helen Crousley,HumbertoVarum,Rui Pinho (2014)	5
1.1.4 Oh-Sung Kusou, Amr Elnashai (2006)	7
1.1.5 Şevket Murat Şenel, Ali Haydar Kaylın (2010)	7
1.1.6 Tiziano Rosetto, Amr Elnashai (2005)	8
1.1.7 Jun Ji , Amr. S. Elnashai, Daniel A. Kuchwa (2009).....	8
1.1.8 Muzaffer Börekçi, Murat Serdar Kırçıl (2006).....	9
1.1.9 Dimitrios Vamvatsikos, Fatemeh Jalayer, C. Allin Cornell (2003)	9
1.1.10 Amr. S. Elnashai, A.M. Mwafy(2002)	10

1.2	Tezin Amacı	10
1.3	Hipotez.....	10
BÖLÜM 2		
GENEL.....		11
2.1	Hasar Olasılık Eğrisi Kavramı	11
2.2	Performans Kavramı	12
2.2.1	Doğrusal olmayan analizde performans kavramı.....	12
2.2.2	Yapı elemanlarında hasar sınırları ve hasar bölgeleri.....	13
2.2.2.1	Kesit hasar sınırları	13
2.2.2.2	Kesit hasar bölgeleri	13
2.2.2.3	Kesit ve eleman hasarlarının tanımlanması	13
2.3	Binalar İçin Hedeflenen Performans Düzeyleri.....	13
2.4	Moment-Eğrilik İlişkileri	14
2.5	Sargılı ve Sargısız Beton Modelleri	16
2.6	Donatı Çeliği Modeli	16
2.7	Betonarme Elemanların Kesit Birim Sekil Değistirme Kapasiteleri	16
2.8	Elastik Deprem Yüklerinin Tanımlanması.....	18
BÖLÜM 3		
YÖNTEM VE KABULLER.....		21
3.1	Örnek Betonarme Yapılar	21
3.2	Mevcut Bina	22
3.3	Mantolanan Bina.....	24
3.4	Perde ile Güçlendirilen Bina.....	26
3.5	Deprem Kayıtlarının Seçimi.....	27

3.5.1	Deprem kayıtlarının özellikleri	27
3.6	Seismosignal ile ilgili Bilgiler	30
BÖLÜM 4		
BİNALARIN ANALİZİ.....		32
4.1	Örnek Yöntemin Belirlenmesi	32
4.2	Artımsal Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Analiz	32
4.3	Hasar Olasılık Eğrilerinin Oluşturulması	33
4.4	Örnek Binalar İçin Sınır Değer Ve Durumların Belirlenmesi	35
BÖLÜM 5		
SONUÇ VE ÖNERİLER		42
KAYNAKLAR.....		52
EK-A		
BİNALARIN TAŞIYICI SİSTEM DETAYLARI.....		55
EK-B		
TÜM BİNA TİPLERİ İÇİN KAYDEDİLEN SAE VE G.K.Ö DEĞERLERİ.....		57
EK-C		
YER HAREKETLERİ.....		62
EK-D		
IDA EĞRİLERİ (TÜM BİNA TİPLERİ).....		67
EK-E		
HASAR OLASILIK EĞRİLERİ VE LOGNORMAL OLASILIK KAĞITLARI.....		70
ÖZGEÇMİŞ.....		83

SİMGE LİSTESİ

Ac	Kolon veya perdenin brüt kesit alanı
fc	Sargılı betonda beton basınç gerilmesi
fcc	Sargılı beton dayanımı
fc _m	Mevcut beton dayanımı
fc _o	Sargısız beton dayanımı
f _s	Donatı çeliğindeki gerilme
f _{sy}	Donatı çeliğinin akma dayanımı
f _{su}	Donatı çeliğinin kopma dayanımı
(EI) _e	Çatlamış kesite eğilme rijitliği
(EI) _o	Çatlamamış kesit eğilme rijitliği
L _p	Plastik mafsalsal boyu
T _{1x}	Binanın x doğrultusunda birinci periyodu
T _{1y}	Binanın y doğrultusunda birinci periyodu
E _c	Beton basınç birim şekil değiştirmesi
ε _{cc}	Sargılı betonun taşıyacağı en büyük basınç gerilmesi anındaki şekil değiştirme
ε _{co}	Sargısız betonun taşıyacağı en büyük basınç gerilmesi anındaki şekil değiştirme
ε _{cu}	Sargılı betondaki maksimum basınç birim şekil değiştirmesi
ε _{sh}	Donatı çeliğinin pekleşmeye başladığı andaki birim şekil değiştirmesi
ε _{sy}	Donatı çeliğinin akma birim şekil değiştirmesi
ε _{su}	Donatı çeliğinin kopma birim şekil değiştirmesi
Ø _p	Plastik eğrilik istemi
Ø _t	Toplam eğrilik istemi
Ø _y	Eşdeğer akma eğriliği
Ø _p	Plastik dönme istemi
h	Kat yüksekliği
n	Bina kat sayısı
s	Standart normal değişken
S _{ae}	Elastik spektral ivme
S _d	Elastik spektral yer değiştirme
T	Zaman
Δt	Doğrusal olmayan dinamik çözümlemede kullanılan zaman aralığı
x	Normal dağılımda ortalama değer
x _m	Lognormal dağılımda orta değer
δ	Kat yatay yer değiştirmesi

Φ	Standart normal olasılık fonksiyonu
λ	Lognormal dağılım parametresi
ζ	Lognormal dağılımda standart sapma
σ	Normal dağılımda standart sapma
T_A, T_B	Spektrum karakteristik periyodları



KISALTMA LİSTESİ

ABYYHY	1975 – Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik
ASCE	American Society for Civil Engineers
DBYBHY	Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik
EC	Euro Code
FEMA	Federal Emergency Management Agency
TS498	Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri
TS500	Betonarme Yapıların Tasarım ve Kuralları

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1	Artımsal Dinamik Analiz Sonuç Eğrisi Üzerinde Tanımlanan Kesit Hasarları....	2
Şekil 1.2	Bölüm1.1.1(Erberik ve Elnashai,2004) için tanımlanan kesit hasar bölgeleri (AKMA).....	3
Şekil 1.3	Bölüm 1.1.1(Erberik ve Elnashai,2004) için tanımlanan kesit hasar bölgeleri (GÖÇME).....	3
Şekil 2.1	Betonarme Elemanlardaki Kesit Hasar Bölgeleri.....	13
Şekil 3.1	Sargılı ve sargısız beton malzemesinin gerilme-şekil değiştirme bağıntıları.....	15
Şekil 3.2	Donatı çeliği gerilme-şekil değiştirme bağıntısı.....	16
Şekil 4.1	Mevcut binaya ait kalıp planı.....	22
Şekil 4.2	Mantolanan Binaya ait kalıp planı.....	24
Şekil 4.3	Perde ile güçlendirilen bina kalıp planı.....	26
Şekil 5.1	Tüm yer hareketleri ivme spektrumları.....	31
Şekil 5.2	Tüm yer hareketleri ivme-zaman grafiği.....	31
Şekil 6.1	Örnek Birikimli Hasar Olasılık Eğrisi.....	33
Şekil 6.2	Lognormal dağılan değişkene ait frekans dağılımı ve olasılık eğrisi.....	34
Şekil 7.1	Örnek seismostruct arayüz görüntüsü.....	35
Şekil 8.1	IDA eğrilerinin toplu halde gösterimi (Mevcut Bina).....	36
Şekil 8.2	IDA eğrilerinin toplu halde gösterimi (Mantolanan Bina).....	36
Şekil 8.3	IDA eğrilerinin toplu halde gösterimi (Perde ile Güç.Bina).....	36
Şekil 9.1	Bölüm1.1.2(Rosetta ve Elnashai,2003)'ye göre hasar olasılık eğrilerinin toplu halde gösterimi (mevcutbina).....	37
Şekil 9.2	Bölüm1.1.1(Erberik ve Elnashai,2004)'e göre hasar olasılık eğrilerinin toplu halde gösterimi (mevcut bina).....	38
Şekil 9.3	Bölüm1.1.2(Rosetta ve Elnashai,2003)'ye göre hasar olasılık eğrilerinin toplu halde gösterimi (mantolanan bina).....	38
Şekil 9.3	Bölüm1.1.1(Erberik ve Elnashai,2004)'e göre hasar olasılık eğrilerinin toplu halde gösterimi (mantolanan bina).....	38
Şekil 9.4	Bölüm1.1.2(Rosetta ve Elnashai,2003)'ye göre hasar olasılık eğrilerinin toplu halde gösterimi(perdeilegüç. bina).....	38
Şekil 9.5	Bölüm1.1.1(Erberik ve Elnashai,2004)'e göre hasar olasılık eğrilerinin toplu halde gösterimi (perde ile güç. bina).....	39
Şekil 9.6	Bölüm1.1.1(Erberik ve Elnashai,2004)'e göre hasar olasılık eğrilerinin toplu halde gösterimi (mevcut bina).....	40

Şekil 9.7	Bölüm1.1.10(Cornell vd,2001)'e göre hasar olasılık eğrilerinin toplu halde gösterimi (mantolanan bina).....	40
Şekil 9.8	Bölüm1.1.1(Erberik ve Elnashai,2004)'a göre hasar olasılık eğrilerinin toplu halde gösterimi (perdeilegüç.bina)	41
Şekil A.1	Mantolanan kolon kesitleri (köşe ve orta bölge kolonlar).....	55
Şekil A.2	Mantolanan kolon kesitleri (kenar bölge kolonlar)	55
Şekil A.3	Örnek kiriş kesitleri	56
Şekil C.1	14 adet spektralivme-zaman grafikleri.....	64
Şekil C.2	14 Adet ivme-zaman grafikleri.....	66
Şekil D.1	14 Adet IDA eğrisi.....	69
Şekil E.1	Bölüm1.1.2(Rosetta ve Elnashai,2003) Mevcut Bina Hasar Olasılık Eğrisi ve Lognormal dağılım Kağıtları (Kesintisiz Kullanım – Hemen Kullanım – Can Güvenliği – Ağır Hasar – Göçmenin Önlenmesi – Göçme).....	72
Şekil E.2	Bölüm1.1.1(Erberik ve Elnashai,2004) Mevcut Bina Hasar Olasılık Eğrisi ve Lognormal dağılım Kağıtları (Hemen Kullanı– Can Güvenliği – Göçmenin Önlenmesi – Göçme).....	73
Şekil E.3	Bölüm1.1.2(Rosetta ve Elnashai,2003)Mantolanan Bina Hasar Olasılık Eğrisi ve Lognormal dağılım Kağıtları (Kesintisiz Kullanım – Hemen Kullanım – Can Güvenliği – Ağır Hasar – Göçmenin Önlenmesi – Göçme).....	75
Şekil E.4	Bölüm1.1.1(Erberik ve Elnashai,2004) Mantolanan Bina Hasar Olasılık Eğrisi ve Lognormal dağılım Kağıtları (Hemen Kullanım – Can Güvenliği – Ağır Hasar – Göçmenin Önlenmesi – Göçme).....	77
Şekil E.5	Bölüm1.1.2(Rosetta ve Elnashai,2003) Perde ile Güç. Bina Hasar Olasılık Eğrisi ve Lognormal dağılım Kağıtları (Kesintisiz Kullanım – Hemen Kullanım – Can Güvenliği – Ağır Hasar – Göçmenin Önlenmesi – Göçme)	79
Şekil E.6	Bölüm1.1.1(Erberik ve Elnashai,2004) Mantolanan Bina Hasar Olasılık Eğrisi ve Lognormal dağılım Kağıtları(Hemen Kullanım – Can Güvenliği – Göçmenin Önlenmesi – Göçme).....	80
Şekil E.7	Bölüm1.1.10(Cornell vd,2001)Mevcut BinaHasar Olasılık Eğrisi ve Lognormal dağılım Kağıtları (Akma – Göçme).....	81
Şekil E.8	Bölüm1.1.10(Cornell vd,2001) Mantolanan Bina Hasar Olasılık Eğrisi ve Bina Hasar Olasılık Eğrisi ve Lognormaldağılım Kağıtları (Akma – Göçme).....	81
Şekil E.9	Bölüm1.1.10 (Cornell vd,2001) Perde ile Güç. Bina Hasar Olasılık Eğrisi ve Lognormal dağılım Kağıtları (Akma – Göçme).....	82

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 1.1 Bölüm 1.1.2 (Rosetta ve Elnashai,2003) FEMA 273 Görelî Kat Ötelemesi Sonuçları	4
Çizelge 1.2 Bölüm 1.1.2 (Rosetta ve Elnashai,2003) FEMA 273 Görelî Kat Ötelemesi Sonuçları	5
Çizelge 2.1 DBYBHY Deprem Yer Etkisi Parametreleri.....	14
Çizelge 3.1 Donatı çeliği için gerilme şekil değıştirme değeri.....	16
Çizelge4.1 Aşılma olasılığı %10 olan deprem düzeyinde binalar için öngörülen minimum performans hedefi sonuç tablosu.....	19
Çizelge4.2 Aşılma olasılığı %50 olan deprem düzeyinde binalar için öngörülen minimum performans hedefi sonuç tablosu.....	19
Çizelge4.3 Aşılma olasılığı %2 olan deprem düzeyinde binalar için öngörülen minimum performans hedefi sonuç tablosu.....	20
Çizelge 5.1 Mevcut Bina Kolon Boyutları.....	22
Çizelge 5.2 Mevcut Bina donatı alanı oran tablosu.....	23
Çizelge 5.3 Mantolanan Bina Kolon Boyutları.....	25
Çizelge 5.4 Mantolanan Bina donatı alanı oran tablosu.....	25
Çizelge 5.5 Perde ile güçlendirilen bina kolon-perde Boyutları.....	27
Çizelge 6.1 Yer hareketleri.....	30
Çizelge6.2 Tüm yer hareketleri ivme spektrumları.....	31
Çizelge 6.3 Tüm yer hareketleri ivme-zaman grafiğı.....	31
Çizelge 7.1 Bölüm1.1.10(Cornell vd,2001)'a göre hazırlanan tablo.....	37
Çizelge 8.1 Bölüm1.1.1(Erberik ve Elnashai,2004) Hedef performans için hasar olasılık yüzdeleri (50 yılda aşılma olasılığı %10 olan bina).....	43
Çizelge 8.2 Bölüm1.1.1(Erberik ve Elnashai,2004)Hedef performans için hasar olasılık yüzdeleri (50 yılda aşılma olasılığı %50 olan bina)	43
Çizelge 8.3 Bölüm1.1.1(Erberik ve Elnashai,2004) Hedef performans için hasar olasılık yüzdeleri (50 yılda aşılma olasılığı %2 olan bina)	43
Çizelge 8.4 Bölüm1.1.2(Rosetta ve Elnashai,2003)Hedef performans için hasar olasılık yüzdeleri (50 yılda aşılma olasılığı %10 olan bina)	44
Çizelge 8.5 Bölüm1.1.2(Rosetta ve Elnashai,2003)Hedef performans için hasar olasılık yüzdeleri (50 yılda aşılma olasılığı %50 olan bina)	44
Çizelge 8.6 Bölüm1.1.2(Rosetta ve Elnashai,2003) Hedef performans için hasar olasılık yüzdeleri (50 yılda aşılma olasılığı %2 olan bina)	44
Çizelge 8.7 Bölüm1.1.10(Cornell vd,2001) Hedef performans için hasar olasılık yüzdeleri (50 yılda aşılma olasılığı %10 olan bina).....	44
Çizelge 8.8 Bölüm1.1.10(Cornell vd,2001) Hedef performans için hasar olasılık yüzdeleri (50 yılda aşılma olasılığı %50 olan bina)	45

Çizelge8.9	Bölüm1.1.10(Cornell vd,2001) Hedef performans için hasar olasılık yüzdeleri (50 yılda aşılma olasılığı %2 olan bina).....	45
Çizelge 9.1	Deprem tipi bazında görelî kat ötelemesi değerlerinin bölümlere göre tablolastırılması (mevcut bina)	46
Çizelge 9.2	Deprem tipi bazında görelî kat ötelemesi değerlerinin bölümlere göre tablolastırılması (mantolanan bina)	47
Çizelge 9.3	Deprem tipi bazında görelî kat ötelemesi değerlerinin bölümlere göre tablolastırılması (perde ile güçlendirilen bina)	48
Çizelge B.1	Bölüm1.1.10(Cornell vd,2001)'a göre G.K.Ö ve Sae sonuçları (Mevcut Bina).....	57
Çizelge B.2	Bölüm1.1.10(Cornell vd,2001)'a göre G.K.Ö ve Sae sonuçları (Mantolanan Bina).....	58
Çizelge B.3	Bölüm1.1.10(Cornell vd,2001)'a göre G.K.Ö ve Sae sonuçları (Perde ile Güç. Bina).....	58
Çizelge B.4	Bölüm1.1.1(Erberik ve Elnashai,2004)'e göre Sae sonuçları (Mevcut Bina).....	59
Çizelge B.5	Bölüm1.1.1(Erberik ve Elnashai,2004)'e göre Sae sonuçları (Mantolanan Bina).....	59
Çizelge B.6	Bölüm1.1.1(Erberik ve Elnashai,2004)'e göre Sae sonuçları (Perde ile Güç. Bina).....	60
Çizelge B.7	Bölüm1.1.1(Erberik ve Elnashai,2004)'e göre G.K.Ö sonuçlarının ortalaması.....	60
Çizelge B.8	Bölüm1.1.2(Rosetta ve Elnashai,2003)'e göre Sae sonuçları (Mevcut Bina).....	60
Çizelge B.9	Bölüm1.1.2(Rosetta ve Elnashai,2003)'e göre Sae sonuçları (Mantolanan Bina).....	61
Çizelge B.10	Bölüm1.1.2(Rosetta ve Elnashai,2003)'e göre Sae sonuçları (Perde ile Güç. Bina).....	61

**MEVCUT BETONARME BİNALARDA KULLANILAN GÜÇLENDİRME
YÖNTEMLERİNİN HASAR OLASILIĞI BAĞLAMINDA DEĞERLENDİRİLMESİ**

Erdem Çağlar KOCABEY

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Murat Serdar KIRÇIL

Son yıllarda meydana gelen, büyük can ve mal kaybına sebep olan depremlerin yapılarda meydana getirdiği hasarlar, birçok yapının onarılması ve güçlendirilmesi ihtiyacını ortaya çıkarmıştır. Ülkemizde bugüne değin uygulanan birçok yönetmelik mevcuttur; Bunlar 1940 – Zelzele Mıntıklarında Yapılacak İnşaata Ait İtalyan Yapı Talimatnamesi, 1944 – Zelzele Mıntıkları Muvakkat Yapı Talimatnamesi , 1949 – Türkiye Yersarsıntısı Bölgeleri Yapı Yönetmeliği , 1953 – Yersarsıntısı Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik ,1962 – Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (ABYYHY) , 1968 – Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (ABYYHY), 1975 – Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (ABYYHY), 1998 – Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında (ABYYHY) yönetmelikleri olup, bunlardan 1975 Deprem Yönetmeliği uzun yıllar yürürlükte kalmıştır. Genellikle yeni yapılacak yapılar üzerine tasarlanan yönetmeliklerin mevcut yapıları inceleme konusunda yetersizliği sebebiyle 1998 – Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmeliğe (ABYYHY) ek olarak “Mevcut Binaların Değerlendirilmesi ve Güçlendirilmesi” bölümü getirilmiştir. Bu bölüm ile birlikte mevcut yapıların deprem sırasındaki davranışlarının ve oluşacak hasarların tahmin edilebilmesi, gerekirse

güçlendirmenin yapılması ve bu problemlere gerçek yaklaşım için kullanılacak çözüm yöntemleri geliştirilmiştir.

Bu çalışma kapsamında mevcut yapı stoğu göz önüne alınacak betonarme tasarımı yapılmış bir binanın, yürürlükteki deprem yönetmeliği kapsamında kolon mantolama ve betonarme perde duvar ilavesi seçenekleri ile yapısal hasarı azaltmadaki etkinliği, hasar olasılık eğrileri kullanılarak irdelenmiştir. 3 tip yapıya artımsal zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz yöntemi 14 adet ölçeklenmiş kayıtlı deprem uygulanmış ve yine 2007 yönetmeliğinde bulunan kesit hasar sınırlarına ve görelî kat ötelemelerine göre incelenmesi ve limit değerlere göre hasar olasılık eğrilerinin çıkarılması amaçlanmıştır.

Yüksek lisans tezi olarak sunulan bu çalışma giriş ve sonuçlar kısımlarında dahil olduğu beş bölümden oluşmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap, deprem yönetmeliği , hasar olasılık eğrisi, performansa dayalı tasarım, akma-göçme



**EVALUATION OF THE FRAGILITY CURVE OF STRENGTHENING METHODS
USED IN PRESENT CONCRETE CONSTRUCTIONS**

Erdem Çağlar KOCABEY

Department of Structural Engineering

MSc. Thesis

Adviser: Assoc. Prof. Dr. Murat Serdar KIRÇIL

Damage caused by the earthquakes that have caused massive loss of property in recent years has caused many buildings to need repair and strengthening. There are many codes in our country that are applied to today; 1944 – Constitutional Ordinance of the Zelzele Districts, 1949 – Construction Code of the Turkish Regency Territories, 1953 – Code on the Buildings to be Constituted in the Regions of 1930 – 1962 – Code on the Buildings to be Made in the Regions of the Regions of 1940 – 1968 – Code on Buildings to be Performed in Disaster Regions (ABYYHY), 1975 – Code on Buildings to be Performed in Disaster Regions (ABYYHY), 1998 – Code on Buildings to be Performed in Disaster Regions (ABYYHY). The 1975 Earthquake Code have been in force for many years. In general, the codes designed on new buildings have been replaced with the "Evaluation and Strengthening of Existing Buildings" section in addition to the 1998 Code on Buildings to be Implemented in Disaster Regions, due to the inability to review existing buildings. With this section, the solutions of the existing structures in order to estimate the behaviors and damages of the earthquakes, to strengthen if necessary, and to use these solutions for the real approach have been developed.

In this study, the effect of reducing the structural damage with the options of column jacketing and reinforced concrete shear walls under the current earthquake codes of a building designed with a reinforced concrete structure to be considered in the current building structure is examined using fragility curves. Three types of structures were applied to 14 scaled recorded earthquakes using the nonlinear analysis method with incremental dynamic analyse and it was also investigated according to the section damage limits and relative floor displacements in the 2007 regulation and the fragility curves were extracted according to the limit values. This study, presented as a master's thesis, is included in the introduction and results sections that consists of five sections

Keywords: Non-linear calculations in time history, earthquake regulations, fragility curve, performance based Design, yield-collapse



BÖLÜM 1

GİRİŞ

Mevcut ve güçlendirilmiş yapıların deprem güvenliğinin saptanması, deprem yükleri altında doğrusal ve doğrusal olmayan davranışlarının çözümlenmesi, depremelliği oldukça yüksek olan ülkemizde, incelenmesi gereken konulardır. Her ne kadar günümüzde kentsel dönüşüm ve yeniden yapım daha revaçta olsa da bina güçlendirmesi ve bu konuda yapım tekniklerinin geliştirilmesi hala güncelliğini korumaktadır.

Ülkemizde yürürlükte olan mevzuat kapsamına 2007 güncelleştirilmesi ile giren bölüm olan 7. Bölümde detaylı olarak incelenen bu konuya tezin başka bölümünde değinilecektir. Bahsi geçen bölüm içerisinde bina taşıyıcı elemanlarına ait mantolama ve perde ile güçlendirme detayları ve tasarım ilkelerinden bahsedilmekte olup dizayn ilkeleri açısından bu kurallara uygun hareket edilmiştir.

Yapıların deprem yükleri altındaki davranışı doğrusal olmayan analizlerle daha gerçekçi biçimde incelenebilmektedir.

Seçilen mevcut yapının ve güçlendirilmiş halinin, doğrusal ve doğrusal olmayan davranışlarının anlaşılması amacıyla, doğrusal olmayan çözümleme yapabilen bir yapısal analiz programı olan Seismostruct[23] ve yer hareketlerinin düzenlenmesi amacıyla Seismosignal[26] kullanılarak inceleme yapılmıştır.

1.1 Literatür Özeti

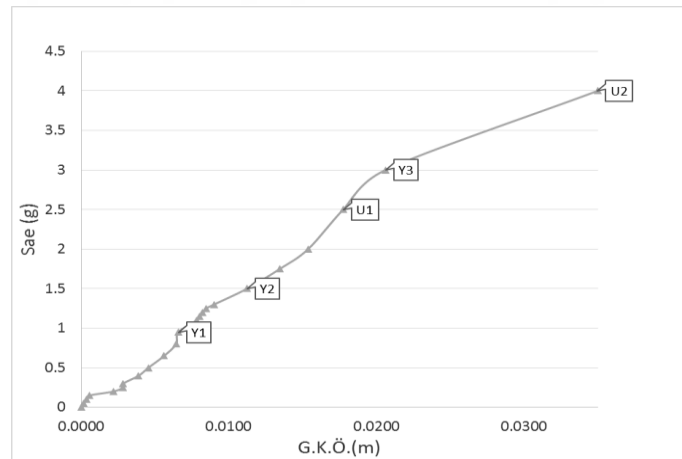
1.1.1 M. Altuğ ERBERİK ve Amr. S. ELNASHAI (2004) “Kirişsiz döşemeli binaların hasar olasılık eğrilerine ait inceleme”

Makalede, örnek bina Latinkare metodu ile üretilmiş, beton için 30 adet farklı dayanıma sahip malzeme modeli seçilmiş, donatı çeliği dayanımı için lognormal dağılımla ortalama 475 MPa ve varyasyon katsayısı %6 alınmış, beton dayanımı iç normal dağılımla ortalama 36 MPa ve varyasyon katsayısı %15 alınmıştır. Bu çalışmada Her kat için V_t-U_{kat} (pushover) eğrileri çizilerek her bir hasar sınıfına ait göreceli kat ötemeleri bulunmuştur. Kritik kat zemin kat seçilmiş ve bu katın değerleri global limit kabul edilmiştir. Çizilen hasar olasılık eğrileri çerçeve sistemin hasar olasılık eğrileriyle karşılaştırılmış ve aşağıdaki ara değerlere ulaşılmıştır.

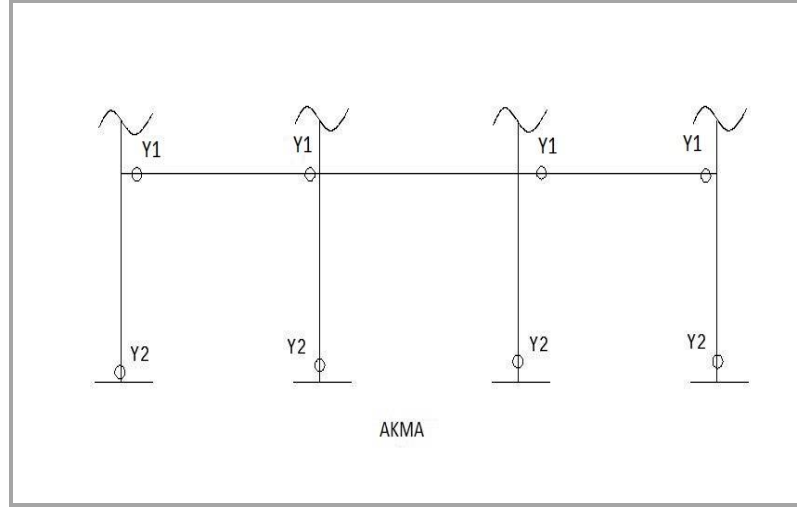
Hafif Hasar $0,2 < \delta < 0,5$

Orta Hasar $0,5 < \delta < 1$

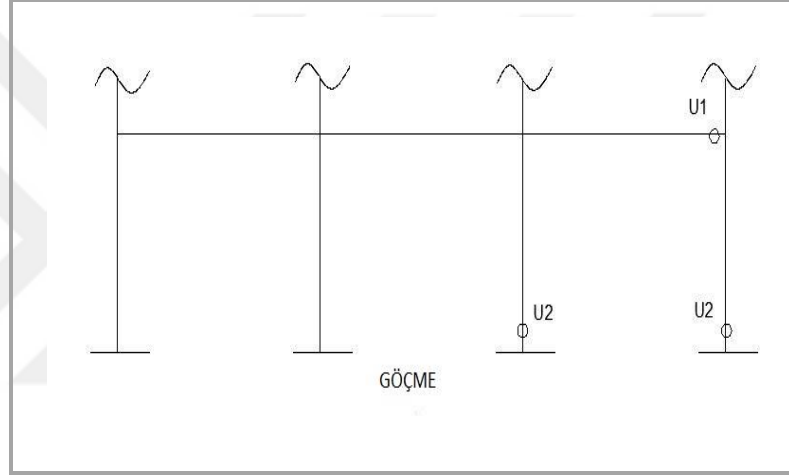
Ağır Hasar $1 < \delta$



Şekil 1.1 Artımsal Dinamik Analiz Sonuç Eğrisi Üzerinde Tanımlanan Kesit Hasarları



Şekil 1.2 Bölüm 1.1.1 için tanımlanan kesit hasar dağılımı (AKMA)



Şekil 1.3 Bölüm 1.1.1 için tanımlanan kesit hasar dağılımı (GÖÇME)

Yukarıdaki çerçevelerde gösterilen hasar seviyeleri, incelemede tanımlanan global davranış tanımıyla kesitlerde akma ve göçme oluşma limitine dayanmakta olup, Hafif, Orta, Kısmi Göçme ve Göçme hasar bölgelerine göre incelenen yapı elemanlarında oluşan hasar tipleri aşağıdaki tanımlamalarda gösterilmekte olup, analizler sonucu bulunan görelî kat öteleme değerlerinin ortalaması her bir hasar tipine göre kaydedilmiştir.

Hafif Hasar	→	% 0,1
Y1,Y2 / Orta Hasar	→	% 1
Y3,Y4,U1 / Kısmi Göçme	→	% 2
U2 / Göçme	→	% 3,5

Yukarıda bahsedilen hasar seviye tanımları tezin ilerleyen bölümlerinde kullanılmış olup Adlandırması; Hemen Kullanım, Can Güvenliği, Ağır Hasar, Göçmenin Önlenmesi, Göçme'dir.

1.1.2 T. Rosetto ve Amr. S. ELNASHAI (2003) "Avrupa tipi betonarme binaların gözlemsel verilere dayanarak hasar olasılık fonksiyonlarının üretilmesi"

Makalede, geçmiş depremlerden elde edilen hasar sonuçları kullanılarak bir hasar skalası oluşturulmuş, HRC (Betonarme yapılar için uniform hasar skalası) skalasına göre deneysel olarak kalibrasyonu yapılmıştır. Kullanılan yapı tipleri sünek çerçeve, sünek olmayan çerçeve, dolgu duvarlı çerçeve, perdeli sistemlerdir. Belirlenen hasar durumları, çok hafif hasar, hafif hasar, orta hasar, ağır hasar, kısmi göçme ve göçme(mekanizma) durumudur.

Çizelge 1.1 Bölüm 1.1.2 Görelî Kat Ötelemesi Sonuçları

Homojenize betonarme hasar ölçeği için δ limitleri

Hasar Sınırları	Tümü(%)	Sünek olmayan çerçeve(%)	Dolgu duvarlı çerçeve(%)	Perde duvar sistem(%)
Çok Hafif	0.13	0.32	0.05	0.26
Hafif	0.19	0.43	0.08	0.34
Orta	0.56	1.02	0.3	0.72
Ağır	1.63	2.41	1.15	1.54
Kısmi Göçme	3.34	4.27	2.8	2.56
Göçme(Mekanizma)	>4.78	>5.68	>4.36	>3.31

Çizelge 1.2 Bölüm 1.1.2 FEMA 273 Görelî Kat Ötelemesi Sonuçları

FEMA 273 için δ limitleri

	Normal süneklikli çerçeve (%)		Perdeli taşıyıcı sistem (%)	
HASAR SINIRLARI	Uniform Hasar Skalası	FEMA273	Uniform Hasar Skalası	FEMA273
17HEMEN KULLANIM	0	0	0	0
CAN GÜVENLİĞİ	1.36	1	0.93	0.5
GÖÇMENİN ÖNLENMESİ	3.2	4	1.99	2

Yukarıda bahsedilen hasar seviye tanımları tezin ilerleyen bölümlerinde kullanılmış olup Adlandırması; Hemen Kullanım, Kesintisiz Kullanım, Can Güvenliği, Ağır Hasar, Göçmenin Önlenmesi ve Göçme'dir.

1.1.3 Vitor Silva, Helen Crousley, Humberto Varum, Rui Pinho ve Luis Sousa (2014) "Portekizde yaygın olarak kullanılan çerçeve betonarme binaların özelliklerinin araştırılması ve hasar olasılık eğrilerinin oluşturulması"

Bu çalışmada Çok hafif hasar, Minimum hasar, Güvenlik Sınır hasarı, Göçme hasarı olmak üzere 4 farklı hasar limiti belirlenmiştir.

Çok Hafif Hasar: Maksimum taban kesme kuvveti kapasitesinin %50'sine ulaştığı andaki maksimum görelî kat ötelemesi

Minimum Hasar: Maksimum taban kesme kuvveti kapasitesinin %75'ine ulaştığı andaki maksimum görelî kat ötelemesi

Güvenlik Sınırı Hasarı: Maksimum taban kesme kuvveti kapasitesinin %100'üne ulaştığı andaki max görelî kat ötelemesi

Göçme: 1) Maksimum taban kesme kuvveti kapasitesinin %20 azalması durumuna karşılık gelen maksimum görelî kat ötelemesi

2) İtme eğrisinden çıkarılan maksimum görelî kat ötelemesinin %75'i

Monte Carlo simülasyonu ile oluşturulan betonarme binalar üzerinde bir çok analiz gerçekleştirilmiş ve bu bağlamda hasar olasılık eğrileri oluşturulmuştur.

1.1.4 Oh-Sung Kusou, Amr Elnashai (2006);”Çerçeve Yapıların hasar olasılık eğrileri üzerinde malzeme ve yer hareketlerinin belirsizliklerinin etkilerinin incelenmesi”

Çalışmada, sarsma tablasında test edilmiş bir 3 katlı çerçeve kullanılmış. Beton ve çelik dayanımları için 10 farklı değer üretilip 100 adet için zaman tanım alanında analiz yapılmıştır. Tanımlanan 3 limit durum; Donatıda ilk akma, Elemanların maksimum dayanıma ulaşması, sargılı betonda ezilme limit durumlarına göre 1. Katta maksimum görelî kat ötelemesi sırasıyla, %0.57, 1.2, 2.3'tür.

1.1.5 Şevket Murat Şenel, Ali Haydar Kaylın (2010) “Mevcut Prekast Endüstriyel Binalarda Hasar Olasılığının Değerlendirmesi”

Çalışmada 16 adet prekast yapı seçilmiş, 360 adet ivme kaydı zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz yapılmıştır. bulunan sonuçlar aşağıdaki gibidir. Rijitlik, mukavemet ve süneklik açısından tiplere ayrılan 65 adet yapının Hasar olasılık eğrileri PGV cinsinden çizilmiştir.

Sonuç; değişken olarak seçilen tüm parametreler prefabrik sanayi yapılarının hasar görebilirliğini etkilemektedir. Ancak prefabrik yapının rijitlik ve sünekliği üzerinde etkili olan parametreler hasar görebilirliği daha fazla etkilemektedir. Kolon enkesit boyutunun yani rijitliğin değişmesi maksimum deplasman talebinin, etriye aralığının yani sünekliğin değişmesi ise deplasman kapasitesinin değişmesine sebep olmaktadır. Yapının performansı ve hasar görebilirliği de deplasman talebi ve deplasman kapasitesinin karşılaştırılması ile belirlenmektedir. Dolayısıyla kolon enkesit boyutunun ve etriye aralığının hasar görebilirlik üzerindeki etkisinin daha belirgin olduğu tespit edilmiştir.

1.1.6 Tiziano Rosetto, Amr Elnashai (2005) “ Çerçeve yapıların yoğun olduğu bölgelerde yer değiştirme esaslı hasar olasılık eğrilerinin üretilmesine yönelik yeni bir analitik yöntem”

İncelemede, önerilen yöntemi örneklemek için 3 katlı ve 3 açıklıklı çerçeve sistem hazırlanmıştır. 95, 475, 2475 yıllık dönüş periyodu olan depremler FEMA273'deki IO, LS, CP hedefleri için ve İtalyan Yönetmeliğindeki 2. Deprem bölgesi için belirlenmiş ve üretilmiştir. İtme Eğrileri elde edilip kapasite spektrum yöntemi ile spektral deplasman istemi bulunmuştur. Bölüm 1.1.2'de incelemede olduğu gibi tüm binalar için limit değerleri kullanılmıştır. Hasar olasılık eğrilerinin temelini oluşturan hasar istatistiklerinin yeniden örnekleme yoluyla üretildiği tepki yüzeyleri oluşturmak için kullanılmış. Önerilen metot yetersiz sismik koşullara sahip düşük katlı, dolgu betonarme çerçeveleri için örneklendirilmiştir. Elde edilen eğriler gözlemsel deprem sonrası hasar istatistikleriyle iyi korelasyon göstermektedir. Sonuç olarak spektral deplasman değerinin hasar olasılık eğrisi çizmek için daha uygun olduğu açıklanmıştır.

1.1.7 Jun Ji , Amr. S. Elnashai, Daniel A. Kuchwa (2009) “ Yüksek Betonarme Binalarda Sismik Hasar Olasılık İlişkisinin incelenmesi”

İncelemede, 3 adet limit durum belirlenmiş, LS1, LS2, LS3 limitleri sırasıyla;

LS1, serviceability, ilk yüklemede minör kırılma olarak belirlenmiştir. LS2, hasar kontrol, kırış/kolonlarda donatıda ilk akma veya ilk plastik mafsall oluşumu olarak, LS3, göçme önlenmesi, taşıyıcı sistemin yük taşıma kapasitesinin max. Değere ulaştığı nokta olarak kabul edilmiştir. Yer hareketi için arias intensity bölgesi etkil bölge aralığı olarak kabul edilir, beton normal dağılım metoduyla, donatı beta dağılımıyla modellenmiştir. Yüksek yapı modellemede esas alınan 3 önemli özellikli; perde-çerçeve etkileşimi, yapısal elemanların doğrusal olmayan davranışı, analiz zorlukları (hız, süre vb...) Dış çerçeve perdede eşdeğer yaylarla modellenmiş, perde lumped eleman şeklinde modellenmektedir. Sonucunda limit durumları elde etmek üzere 4 modal katılım faktörü kullanılarak birleştirilmiş itme analizi yapılmıştır. Yine limit durumları LS1,LS2,LS3 olarak sırasıyla, %0.2, 0.52, 1.10 tespit edilmiş ve yüksek yapıların basitleştirilmiş modelle fragility eğrilerinin elde edilmesi için analitik bir model önerilmiştir.

1.1.8 Muzaffer Börekçi, Murat Serdar Kırçıl (2006) “ Betonarme Binalarda farklı çevrim modelleri üzerine hasar olasılık eğrilerinin incelenmesi.”

Bu çalışmada hasar olasılık analizi ile düşük ve yüksek mukavemetli ve süneklığe sahip betonarme binalarının hasarlanma ihtimalini karşılaştırılmıştır. Yukarıda bahsedilen bina tiplerini temsil eden iki farklı örnek bina düşünülmüştür. Birincisi DBYHBHY-2007'ye göre tasarlanmış ve ikincisi ABYYHY -1975'e göre tasarlanmıştır. Örnek binaların itme eğrileri, itme analizleri yoluyla elde edildi. 60 yer hareketi kaydı kullanarak eşdeğer tek serbestlik dereceli sistemlerin doğrusal olmayan zaman tanım alanında analizi, bilinear histerik model ve her ölçekli elastik spektral deplasman için rijitlik - mukavemet bozulmasına sahip pik odaklı histerik model kullanılarak gerçekleştirilmiş, Hasar ölçüsü en fazla görel kat öteleme oranıdır ve bu çalışmada göz önüne alınan her bir performans düzeyi hasar ölçüsü için varsayılan bir sınır değerine sahiptir. Kesikli hasar olasılıkları, her biri dikkate alınan performans seviyesi ve elastik spektral yer değiştirme için istatistiksel yöntemler kullanılarak hesaplanmıştır. Sonuç olarak, hasar olasılık eğrileri, lognormal dağılım varsayımına dayanarak oluşturulmuştur. Ayrıca, çevrim model parametrelerinin hasar olasılığına etkisi araştırılmıştır.

1.1.9 Amr. S. Elnashai, A.M. Mwafy(2002) “Betonarme Binalarda Dayanım Fazlalığı ve Azaltma Katsayısının Araştırılması.”

İncelemede limit değerler iki türde belirlenmiştir; ilki lokal ve global olarak, diğeri ise lokal olarak. Akma durumu lokalde gerilme bazlı şekil değiştirme sonucu donatı akma dayanımını geçtiği anda olup, tüm bina olarak itme analiz eğrisinin elastik ötesi davranış gösterdiği andaki durumudur. Göçme anı ise lokalde kesitin kesme kuvveti kapasitesinin aşıldığı veya herhangi bir elemanda moment-eğrilik eksen kapasitesinin aşıldığı anda veya tüm bina olarak görel kat ötelemesi maksimum değerinin %3'ü aştığı ya da kolonda tam göçme yaşandığı(mekanizma durumu) veya yatay dayanımda %10 dayanım azalması meydana geldiğinde olduğu baz alınmış ve sonuçlar incelenmiştir.

1.1.10 Dimitrios Vamvatsikos, Fatemeh Jalayer, C. Allin Cornell (2003) “ Betonarme Binalarda Artımsal Dinamik Analiz Üzerine İnceleme.”

Mevcut bir betonarme yapı seçilip ardından 20 adet kaydedilmiş deprem kuvvetleri bu binaya zaman tanım alanında artımsal dinamik analiz yöntemiyle uygulanmıştır. Her bir deprem tipi için artımsal analiz sonuçları Sae – G.K.Ö kaydedilmiş ve bu verilere göre IDA eğrileri oluşturulmuştur. Bina davranışı ve kesitteki hasar durumlarına göre aşağıdaki 2 şekilde karşılaşılan IDA eğri özelliğinin yorumlanması yapılmıştır. Yapılan yoruma göre, IDA’nın doğrusal davrandığı ve doğrusallığın bozulduğu bölge olarak Hemen Kullanım yada Akma noktası belirlenmiş sonrasında doğrusal davrandığı bölgedeki eğimin %20 sine düştüğü andaki ve bariz bir kayıp yaşandığı bölgeyi Göçme Öncesi bölge diye tanımlanmıştır. Böylece artımsal dinamik analize bağlı olarak bina davranışı yorumlanmaya çalışılmıştır.

1.2 Tezin amacı

Bu tezin amacı TS500 “Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, 1975 Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmeliğine göre tasarlanmış mevcut betonarme binalarda kullanılan güçlendirme yöntemlerinin hasar olasılığı bağlamında değerlendirilmesidir.

1.3 Hipotez

Mevcut yapı stoğu ve güçlendirme teknikleri aşağıdaki bölümlerde incelenecektir. Yapılacak analizlerden elde edilen hasar olasılıkları, eğrilerin oluşturulmasında kullanılan hasar kriterlerinin sonuçlar üzerinde önemli derecede etkili olduğudur. Hasar olasılığındaki farklılıklar, hasar kriterlerinin ve hasar olasılığının belirlenmesinde kullanılan ilgili limitlerin önemini göstermektedir. Bunun yanı sıra lokal ve global hasar kriterleri sınırları binaların davranışı sonucu hasar olasılık eğrilerinin elde edilmesinde etkilidir.

2.1. Hasar Olasılık Eğrisi Kavramı

Yapısal hasarın hasar olasılık eğrileri ile ifadesi, yapısal hasar olasılığı ile depremin yapı üzerindeki etkisini ifade eden bir büyüklük arasındaki ilişkiyi göstermesi bakımından oldukça yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Hasar olasılık eğrileri, farklı hasar seviyeleri için, depremin büyüklüğü, şiddeti, maksimum yer ivmesi, maksimum yer hızı, spektral yer değiştirme ve spektral ivme cinsinden hazırlanabilir. Hazırlanan hasar olasılık eğrileri farklı amaçlar için kullanılabilir. Hasar olasılık eğrileri genel olarak üç farklı yaklaşımla elde edilebilirler. Bunlardan ilki, depremlerde ortaya çıkan hasarın depremden sonra yerinde tespit edilmesi ve değerlendirilmesidir (Rosetto ve Elnashai, 2003). Geçmiş depremlerde ortaya çıkan hasarların dağılım ve miktarlarından da faydalanılabilir. En gerçekçi yaklaşım olmakla beraber, bir takım zorlukları da içerir. Belirli bir bölge ve yapı tipi için, geçmiş depremlerde ortaya çıkan hasarın miktar ve dağılımları üzerine ayrıntılı ve sistematik kayıtlar bulmak her zaman olanaklı değildir.

İkinci yaklaşım ise, deneysel metodlara dayanır. Teknolojinin gelişmesiyle uygulama alanı artmış olmakla beraber, hala büyük ölçekli deneyler pahalı ve zahmetlidir.

Üçüncü yaklaşım ise, hasar olasılık eğrilerinin analitik yöntemlerle elde edilmesidir. Yer ve şekil değiştirme istemlerinin elde edilmesinde kullanılan çözümleme yöntemlerinden doğrusal olmayan dinamik çözümleme yöntemi daha yaygın olarak kullanılmakta olup, bazı sınırlamalarla beraber basitleştirilmiş yöntemler de kullanılabilmektedir. (Katsayılar metodu (Fema, 1997, 2000) ve kapasite spektrumu metodu (ATC, 1996))

2.2 Performans Kavramı

Performans kavramı, mevcut yapıların deprem güvenliğinin belirlenmesinin yanında yeni yapıların tasarımında yapının kapasitesini geliştirmek için de kullanılmaktadır. Performansa dayalı tasarımın amacı yapısal elemanların elastik ötesi davranışlarını inceleyerek göçme durumuna ulaşmadan sahip oldukları taşıma kapasitelerini belirlemektir. Kısaca performansa dayalı tasarım, yapının deprem performansını, güvenliğini, yapıda göçme meydana geliyorsa göçme şeklini (sünek, gevrek), yapı içerisindeki en kritik kesitleri ve hasar durumunu, oluşan plastik mafsalların şekil değiştirme yeteneğini belirlemek ve iç kuvvet dağılımını gözlemlemek için başvuru olan bir yöntemdir.

Yapıların deprem performansının belirlenmesinde doğrusal elastik analiz yöntemleri ve doğrusal olmayan analiz yöntemleri kullanılmaktadır. Doğrusal analiz yöntemleri, binanın gerçek davranışı olan elastik ötesi davranışı çözümleyememektedir. Bunun için DBYBHY 2007, yapının yapısal elemanlarının kapasitelerinin ötesinde gerçekleşen bu davranış için doğrusal olmayan analiz yöntemlerini belirlemiştir.

2.2.1 Doğrusal olmayan analizde performans kavramı

Doğrusal olmayan analiz, yapının deprem hareketi doğrultusunda şekil değiştirme ve yer değiştirmesi esaslı değerlendirilmesini göz önünde bulundurur. Doğrusal olmayan analiz yöntemi, yapının gerçek davranışı olan elastik ötesi davranışı ele alarak daha gerçekçi bir biçimde yapıyı çözümlemektedir.

Performansa dayalı tasarımda ilk olarak yapının elastik sınırlar ötesindeki dayanım ve şekil değiştirme kapasitesi belirlenir. Daha sonra göz önüne alınacak deprem etkisi seçilir. Talep olarak adlandırılan bu deprem etkileri sonucunda yapıda ortaya çıkacak kesit etkileri, şekil değiştirme ve yer değiştirmelerin hesabı yapılır. Kapasite ve talebin karşılaştırılarak beklenen hasar durumunun belirlenmesi ve bu hasar durumunun kabul edilebilir veya edilemez olmasına karar verilmesi ile yapının performansı belirlenir.

2.2.2 Yapı elemanlarında hasar sınırları ve hasar bölgeleri

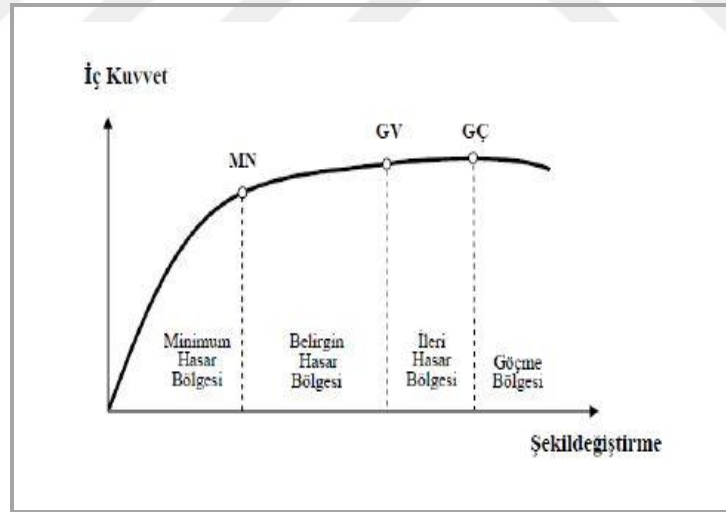
2.2.2.1 Kesit hasar sınırları

Sünek elemanlar için kesit düzeyinde üç sınır durum tanımlanmıştır. Bunlar Minimum Hasar Sınırı (MN), Güvenlik Sınırı (GV) ve Göçme Sınırı (GÇ)'dir. Minimum hasar sınırı ilgili kesitte elastik ötesi davranışın başlangıcını, güvenlik sınırı kesitin dayanımını güvenli olarak sağlayabileceği elastik ötesi davranışın sınırını, göçme sınırı ise kesitin göçme öncesi davranışının sınırını tanımlamaktadır.

2.2.2.2 Kesit hasar bölgeleri

Şekil 2.1'de gösterildiği gibi, kritik kesitleri 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.

2.2.2.3 Kesit ve eleman hasarlarının tanımlanması



Şekil 2.1 Betonarme Elemanlardaki Kesit Hasar Bölgeleri

2.3 Binalar İçin Hedeflenen Performans Düzeyleri

Mevcut binaların deprem güvenlik ve performanslarının değerlendirilmesinde göz önüne alınmak üzere üç farklı deprem etkisi tanımlanmıştır. Çizelge 2.1'de deprem etkisi parametreleri gösterilmiştir.

Çizelge 2.1 DBYBHY Deprem Yer Etkisi Parametreleri

DEPREM TÜRÜ	DEPREM ETKİSİ KATSAYISI	50 YILDA AŞILMA OLASILIĞI	ORTALAMA DÖNÜŞ PERİYODU
KULLANIM DEPREMİ	0.50	50%	72 YIL
TASARIM DEPREMİ	1.00	10%	474 YIL
EN BÜYÜK DEPREM	1.50	2%	2475 YIL

Kullanım Depremi: 50 yılda aşılma olasılığı %50 olan depremdir. Ortalama dönüş periyodu yaklaşık 72 yıl olan bu depremin, binanın ömrü boyunca en az bir kere ortaya çıkması kuvvetle olasıdır. Maksimum deprem etkisi, tasarım depreminin yarısı (0.2g) olarak kabul edilir.

Tasarım Depremi: 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan depremdir. Ortalama dönüş periyodu 475 yıl olan bu deprem bina önem katsayısı 1 olan yeni konut binaları için göz önüne alınan deprem etkisine karşı gelmektedir. Maksimum deprem ivmesi (0.4g) olarak kabul edilir.

En Büyük Deprem: 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan depremdir. 2475 yıllık dönüş periyodu ile oluşabilecek en büyük deprem olarak kabul edilir. Maksimum depremin etkisi tasarım depreminin 1.5 katı (0.6g) olarak kabul edilir.

2.4 Moment-Eğrilik İlişkileri

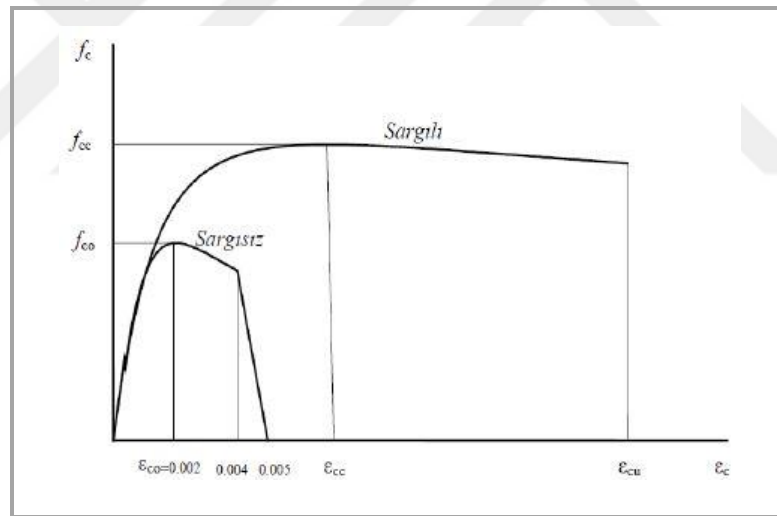
Depreme maruz kalma ihtimali yüksek bölgelerdeki yapıların, deprem yükleri altında kalması durumunda sünek davranış gösterecek şekilde tasarlanması, dikkate alınması gereken çok önemli bir unsurdur. Yapı elemanlarında gevrek göçmeler oluşmamalı ve taşıyıcı elemanlar yük taşıma kapasitelerine ulaşana kadar büyük şekil değiştirmeler yapabilmelidirler. Günümüzde geçerli olan depreme dayanıklı yapı tasarım felsefesi yapı elemanlarının, büyük şiddetteki depremleri göçmeden atlatabilmesi için elastik ötesi davranış yaparak yapıya giren enerjinin sönmelenmesi üzerine kuruludur. Bu nedenle, yapı elemanlarının kritik kesitlerindeki eğilme momenti, kesme kuvveti ve normal kuvvetin, elemanın sünekliğine bağlı olarak yeniden dağılımına izin verecek şekilde tasarlanması gereklidir. Örneğin, bir yapı yük taşıma kapasitesine

yaklaşıldığında bazı kesitler moment taşıma kapasitesine diğer elemanlardan daha önce ulaşabilir. Fakat, bu kesitlerde plastik dönmeler oluşur ise moment yeniden dağılımı gerçekleşir ve bu elemanlardaki moment değeri sabit kalırken diğer elemanlarda moment taşıma kapasitelerine ulaşana kadar daha fazla yükler taşınabilir.

Ayrıca yapı elemanlarının kesme ve burulmaya bağlı ilişkileri de yapının daha fazla yük taşımasını sağlamaktadır. Ancak, bu bölümde yapı elemanlarının sadece moment-eğrilik ilişkileri açıklanacak, kesme ve burulmadan dolayı oluşabilecek göçmelere karşı kesitlerin güvenli olduğu kabul edilecektir.

2.5 Sargılı ve Sargısız Beton Modelleri

DBYBHY 2007 Ek 7.B'e göre sargılı ve sargısız beton modelleri için şekil değiştirme ve gerilme değerleri şekil 3.1'de verilmiştir.



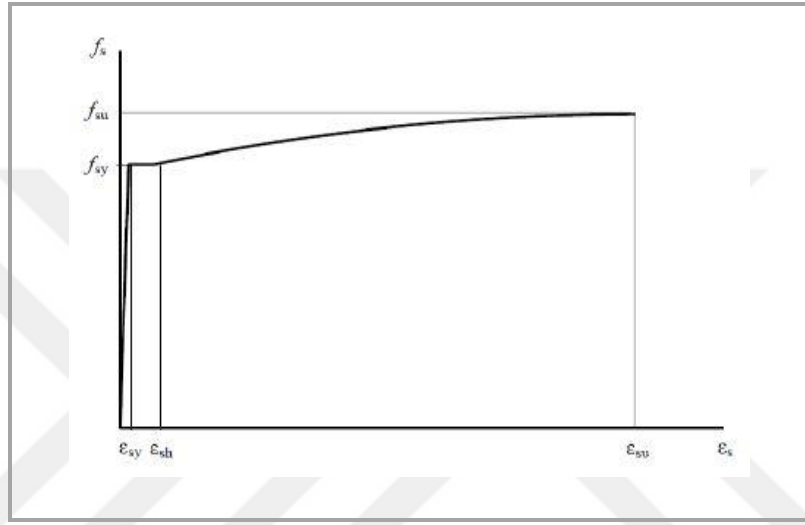
Şekil 3.1 Sargılı ve sargısız beton malzemesinin gerilme-şekil değiştirme bağıntıları

Şekil 3.1'de verilen sargılı ve sargısız beton malzemesinin gerilme-şekil değiştirme grafiğine göre, ϵ_{co} , ϵ_{cc} , ϵ_{cu} , f_{co} , f_{cc} , sırasıyla sargısız betonun taşıyabileceği en büyük basınç gerilmesi anındaki şekil değiştirme, sargılı betonun taşıyabileceği en büyük basınç gerilmesi anındaki şekil değiştirme, sargılı betondaki en büyük basınç birim şekil değiştirmesi, sargısız betonun basınç dayanımı, sargılı betonun basınç dayanımı tanımlarına karşılık gelmektedir. Sargılı betonarme bir kesitte beton malzemesinin aktığı andan itibaren göçme durumuna geldiği ana kadar yapabildiği şekil değiştirme değerleri, sargısız beton modeli şekil değiştirme

değerlerine göre daha büyüktür. Tez kapsamında mander sargılı beton modeli kullanılmıştır.

2.6 Donatı Çeliği Modeli

DBYBHY 2007 Ek 7.B'e göre donatı çeliği için şekil değiştirme ve gerilme değerleri Şekil 3.2'de ve Çizelge 3.1'de verilmiştir.



Şekil 3.2 Donatı çeliği gerilme-şekil değiştirme bağıntısı

Şekil 3.2'de verilen grafiğe göre DBYBHY 2007 gerilme-şekil değiştirme ilişkisini, elastik bölge, plastik plato bölgesi ve pekleşme bölgesi olmak üzere üç parçaya bölmüştür. Burada ϵ_{sy} donatı çeliğinin akma birim şekil değiştirmesini, ϵ_{sh} donatı çeliğinin pekleşmeye başladığı andaki birim şekil değiştirmeni, ϵ_{su} donatı çeliğinin kopma birim şekil değiştirmesini, f_{sy} donatı çeliğinin akma dayanımını, f_{su} donatı çeliğinin kopma gerilmesini ifade etmektedir. Donatı çeliği modeli için gerilme ve şekil değiştirme değerleri Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1 Donatı çeliği için gerilme şekil değiştirme değerleri

Kalite	f_{sy} (Mpa)	ϵ_{sy}	ϵ_{sh}	ϵ_{su}	f_{su} (Mpa)
S220	220	0.0011	0.011	0.16	275
S420	420	0.0021	0.008	0.10	550

2.7 Betonarme Elemanların Kesit Birim Şekil Değiştirme Kapasiteleri

Beton ve çeliğin birim şekil değiştirmeleri cinsinden hesaplanan deprem istemleri, birim şekil değiştirme kapasiteleri ile karşılaştırılarak, kesit düzeyinde taşıyıcı sistem performansı belirlenecektir. Plastik şekil değiştirmelerin meydana geldiği betonarme sünek taşıyıcı sistem elemanlarında, çeşitli kesit hasar sınırlarına göre izin verilen şekil değiştirme üst sınırları aşağıda tanımlanmıştır. Sınır değerlere ait bağıntılar aşağıda gösterilmiştir.

Kesit minimum hasar sınırı (MN)

Kesitin en dış lifindeki beton basınç birim şekil değiştirmesi ile donatı çeliği birim şekil değiştirmesi üst sınırları:

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

Kesit güvenlik sınırı (GV)

Sargılı bölgenin en dış lifindeki beton basınç birim şekil değiştirmesi ile donatı çeliği birim şekil değiştirmesi üst sınırları:

$$(\epsilon_{cg})_{GV} = 0.0035 + 0.01 (p_s / p_{sm}) \leq 0.0135 ; (\epsilon_s)_{GV} = 0.040$$

Kesit göçme sınırı (GÇ)

Sargılı bölgenin en dış lifindeki beton basınç birim şekil değiştirmesi ile donatı çeliği birim şekil değiştirmesi üst sınırları:

$$(\epsilon_{cg})_{GC} = 0.0040 + 0.014 (p_s / p_{sm}) \leq 0.0180 ; (\epsilon_s)_{GC} = 0.060$$

Kesit hasar sınırlarına göre tanımlanan beton ve donatı çeliği birim şekil değiştirme üst sınırları.

Yukarıda belirtilen performans düzeylerine ek olarak taslak metni yayınlanan Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğine göre Kesintisiz Kullanım Performans Düzeyi eklenmiş, Bölüm 1.1.1 ve Bölüm 1.1.2’de tanımlanan hasar seviyesine uyumlu olması gerekliliğinden dolayı Ağır Hasar performans düzeyi eklenmiştir. Sonuç olarak ilgili bölümlerle uyumlu olması açısından analizlerde DBYBHY kesit hasar sınırları ve Bölüm 1.1.1’deki limitlerde kullanılmıştır ancak yukarıda belirtilen taslak halinde henüz

yayımlanmayan Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği performans düzeyi ile eşleştirilmiş olup, aşağıda performans düzeylerine ait tanımlar bulunmaktadır.

Kesintisiz Kullanım (KK) Performans Düzeyi Bu performans düzeyi, bina taşıyıcı sistem elemanlarında yapısal hasarın meydana gelmediği veya hasarın ihmal edilebilir ölçüde kaldığı duruma karşı gelmektedir.

Hemen Kullanım (HK) Performans Düzeyi Bu düzey, bina taşıyıcı sistem elemanlarında sınırlı düzeyde hasarın meydana geldiği, diğer deyişle doğrusal olmayan davranışın sınırlı kaldığı hasar düzeyine karşı gelmektedir.

Can Güvenliği (CG) Performans Düzeyi Bu düzey, can güvenliğini sağlamak üzere bina taşıyıcı sistem elemanlarında çok ağır olmayan ve çoğunlukla onarılması mümkün olan kontrollü hasar düzeyine karşı gelmektedir.

Ağır Hasar Performans Düzeyi Bu düzey için yapının herhangi bir kirişinde göçme olmasına karşı gelmesidir.

Göçmenin Önlenmesi (GÖ) Performans Düzeyi Bu düzey, bina taşıyıcı sistem elemanlarında ileri düzeyde ağır hasarın meydana geldiği göçme öncesi duruma karşı gelmektedir. Binanın kısmen veya tamamen göçmesi önlenmiştir.

Göçme (Mekanizma) Bu düzeyde binanın tamamen labil olması durumu, tamamen göçmesi hali baz alınmıştır.

2.8 Elastik Deprem Yüklerinin Tanımlanması

DBYBHY’te belirtilen 50 yılda aşılma olasılığı %10, %50 ve %2 olan tasarım depremlerine göre aşağıdaki tablolar oluşturulmuş ve %10 için Hemen Kullanım, %50 için Can Güvenliği ve %2 için Göçmenin Önlenmesi limit durumlarındaki davranışları Hasar Olasılık yüzdelerine göre sonuçlar bölümünde değerlendirilmiştir.

Çizelge 4.1 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem için spektral değerler

50 YILLIK SÜRE İÇERİSİNDE AŞILMA OLASILIĞI %10 OLAN DEPREM					
İLK HAL		MANTO İLE GÜÇLENDİRME		PERDE İLE GÜÇLENDİRME	
T1 (sn)	1.56	T1 (sn)	0.493	T1 (sn)	0.378
Ao	0.4	Ao	0.4	Ao	0.4
TA/TB	0,1/0,3	TA/TB	0,1/0,3	TA/TB	0,1/0,3
I	1	I	1	I	1
A(T)	0.27	A(T)	0.67	A(T)	0.83
S(T)	$2,5(TB/T)^{0,8}$	S(T)	$2,5(TB/T)^{0,8}$	S(T)	$2,5(TB/T)^{0,8}$
S(T)	0.67	Sae(T)	1.68	Sae(T)	2.08
Sae(T)	2.62	Sae(T)	6.59	Sae(T)	8.15
SPEKTRAL İVME	0,26g	SPEKTRAL İVME	0,67g	SPEKTRAL İVME	0,83g

Çizelge 4.2 50 yılda aşılma olasılığı %50 olan deprem için spektral değerler

50 YILLIK SÜRE İÇERİSİNDE AŞILMA OLASILIĞI %50 OLAN DEPREM					
İLK HAL		MANTO İLE GÜÇLENDİRME		PERDE İLE GÜÇLENDİRME	
T1 (sn)	1.56	T1 (sn)	0.493	T1 (sn)	0.378
Ao	0.4	Ao	0.4	Ao	0.4
TA/TB	0,1/0,3	TA/TB	0,1/0,3	TA/TB	0,1/0,3
I	1	I	1	I	1
A(T)	0.27	A(T)	0.67	A(T)	0.83
S(T)	$2,5(TB/T)^{0,8}$	S(T)	$2,5(TB/T)^{0,8}$	S(T)	$2,5(TB/T)^{0,8}$
S(T)	0.67	Sae(T)	1.68	Sae(T)	2.08
Sae(T)	2.62	Sae(T)	6.59	Sae(T)	8.15
SPEKTRAL İVME	0.13g	SPEKTRAL İVME	0,335g	SPEKTRAL İVME	0,415g

Çizelge 4.3 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan deprem için spektral değerler

50 YILLIK SÜRE İÇERİSİNDE AŞILMA OLASILIĞI %2 OLAN DEPREM					
İLK HAL		MANTO İLE GÜÇLENDİRME		PERDE İLE GÜÇLENDİRME	
T1 (sn)	1.56	T1 (sn)	0.493	T1 (sn)	0.378
Ao	0.4	Ao	0.4	Ao	0.4
TA/TB	0,1/0,3	TA/TB	0,1/0,3	TA/TB	0,1/0,3
I	1	I	1	I	1
A(T)	0.27	A(T)	0.67	A(T)	0.83
S(T)	$2,5(TB/T)^{0,8}$	S(T)	$2,5(TB/T)^{0,8}$	S(T)	$2,5(TB/T)^{0,8}$
S(T)	0.67	Sae(T)	1.68	Sae(T)	2.08
Sae(T)	2.62	Sae(T)	6.59	Sae(T)	8.15
SPEKTRAL İVME	0.39g	SPEKTRAL İVME	1.05g	SPEKTRAL İVME	1.245g

YÖNTEM VE KABULLER

Tez amacı içerisinde de bulunduğu gibi hasar olasılık eğrileri oluşturmak için belirlenen yöntem olarak;

Zemin tipi, deprem bölgesi ve diğer parametrelere göre analizde kullanılacak depremler belirlenmiş, mevcut ve güçlendirilmiş yapıların doğal titreşim periyodu ve kayıt içerisinde maksimum zemin ivmesine(g) göre bu depremler ölçeklendirilmiştir. IDA curve'leri çıkarılan binalardan alınan tüm datalar Hasar Olasılık eğrilerinde kullanılmıştır. Hasar olasılık eğrisinin dikey eksenini Deprem ölçek oranını göstermekte olup, yatak ekseninde Göreli Kat Ötelemeleri işlenmiştir. Herbir göreli kat ötelemesine karşılık gelen deprem ölçeği (g)'nin normal dağıldığı varsayılarak, lognormal dağılıma dönüştürülüp hasar olasılık eğrisi üzerinde karşılaştırılıp sonuçlar yorumlanır. Yapıların tasarımında kullanılan standart ve yönetmelikler aşağıda belirtilmiştir.

- TS 498, Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri,
- TS 500, Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları,
- Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007
- Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik 1975

3.1 Örnek Betonarme Yapılar

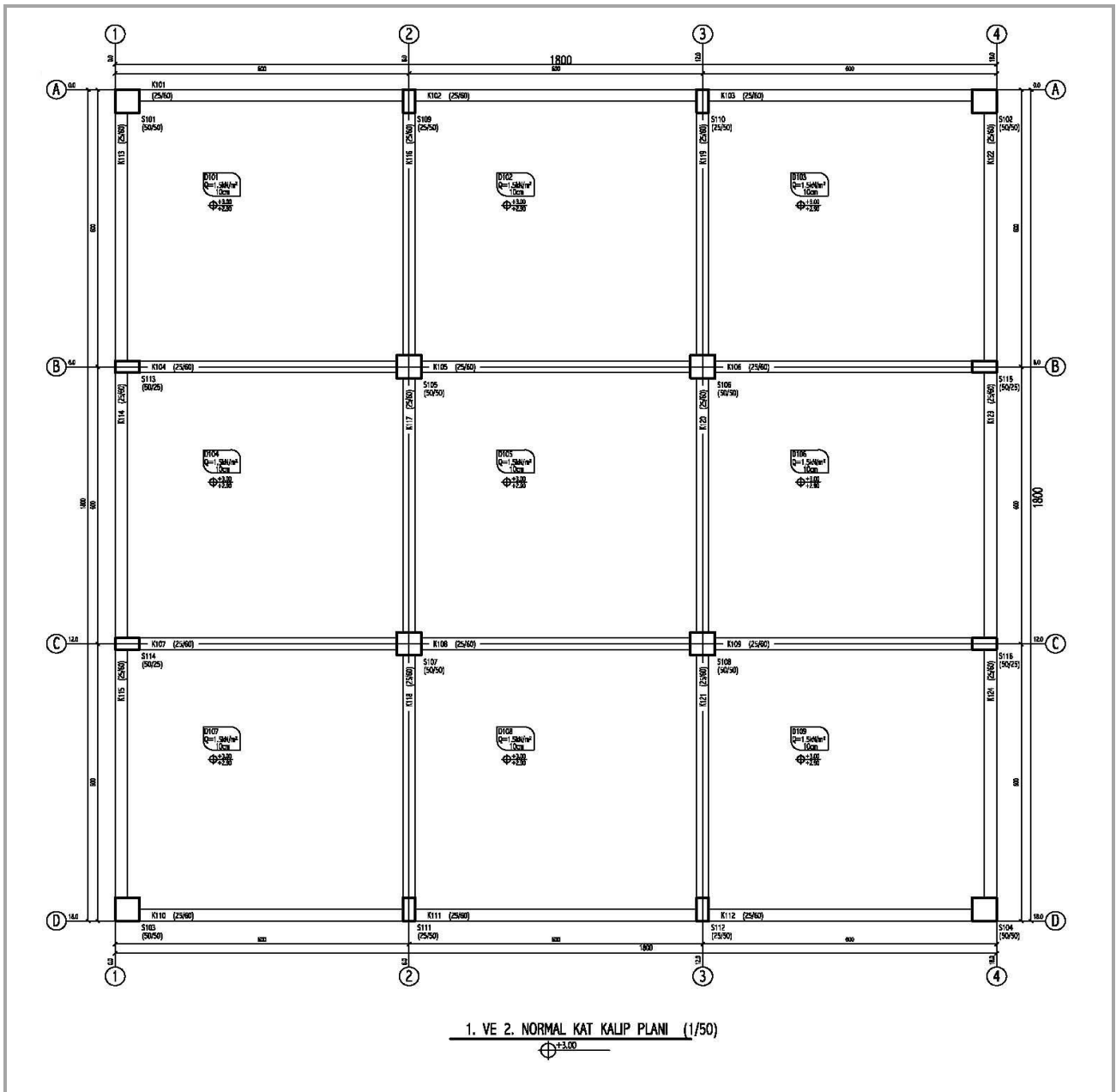
Çalışmada 3 farklı betonarme yapı kullanılmış olup, ilk olarak 1975 Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik esas alınarak tasarlanmış, ardından Deprem

Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007 Bölüm 7'ye göre kolon mantolaması ve perde ile güçlendirmesi yapılarak 2. ve 3. Yapı tipi oluşturulmuştur.

3 farklı yapı tipinin isimlendirilmesi mevcut, mantolanan bina ve perde ile güçlendirilen bina olarak anılacaktır.

3.2 Mevcut Bina

Binanın taşıyıcı sistemi betonarme olarak tasarlanmış olup mevcut yapının inşaa edildiği yıllar baz alınarak dizayn edilmiştir. . Yapı elemanları ve malzeme detayları şekil ve çizelgelerle aşağıda gösterilmiştir.(Şekil4.1 ve Çizelge5.1-5.2)



Şekil 4.1 Mevcut binaya ait kalıp planı

Çizelge 5.1 Mevcut Bina Kolon Boyutları

KOLON	KAT	1.Kat	2.Kat	3.Kat	4.Kat	5.Kat	6.Kat
KESİTLER	50X50	X	X				
	40X40			X	X		
	30X30					X	X
	25X50	X	X				
	25X40			X	X		
	25X30					X	X

Kirişler bütün akslar ve tüm katlarda 25x60 boyutlarında seçilmiştir. Aks aralığı 6m., Kat yüksekliği 3m. olarak belirlenmiş ve tüm katlarda aynı uygulanmıştır. Tek yönde (x) analiz yapma amacıyla, yapılar simetrik şekil olarak dizayn edilmiştir.

Dolgu duvar tipi olarak kenarlarda 13,5cm tuğla duvar, iç akslarda 9cm.'lik tuğla duvar kullanılmış, döşeme yükleri tüm akslarda 1,5KN/m² baz alınıp duvar ve döşeme yükleri geometrik kaidelere göre birleştirilerek kirişler üzerine yayılı yük olarak etki ettirilmiştir.Yapıda C16 betonu kullanılmış normal dağılım için kabul edilen standart sapma 5 MPa olarak alınmış olup , Donatı tipi olarak S220 donatı çeliği seçilmiştir. Sarılma bölgelerinde Ø8/10 ve sarılma bölgesi dışında Ø8/20 etriye kullanılmıştır.

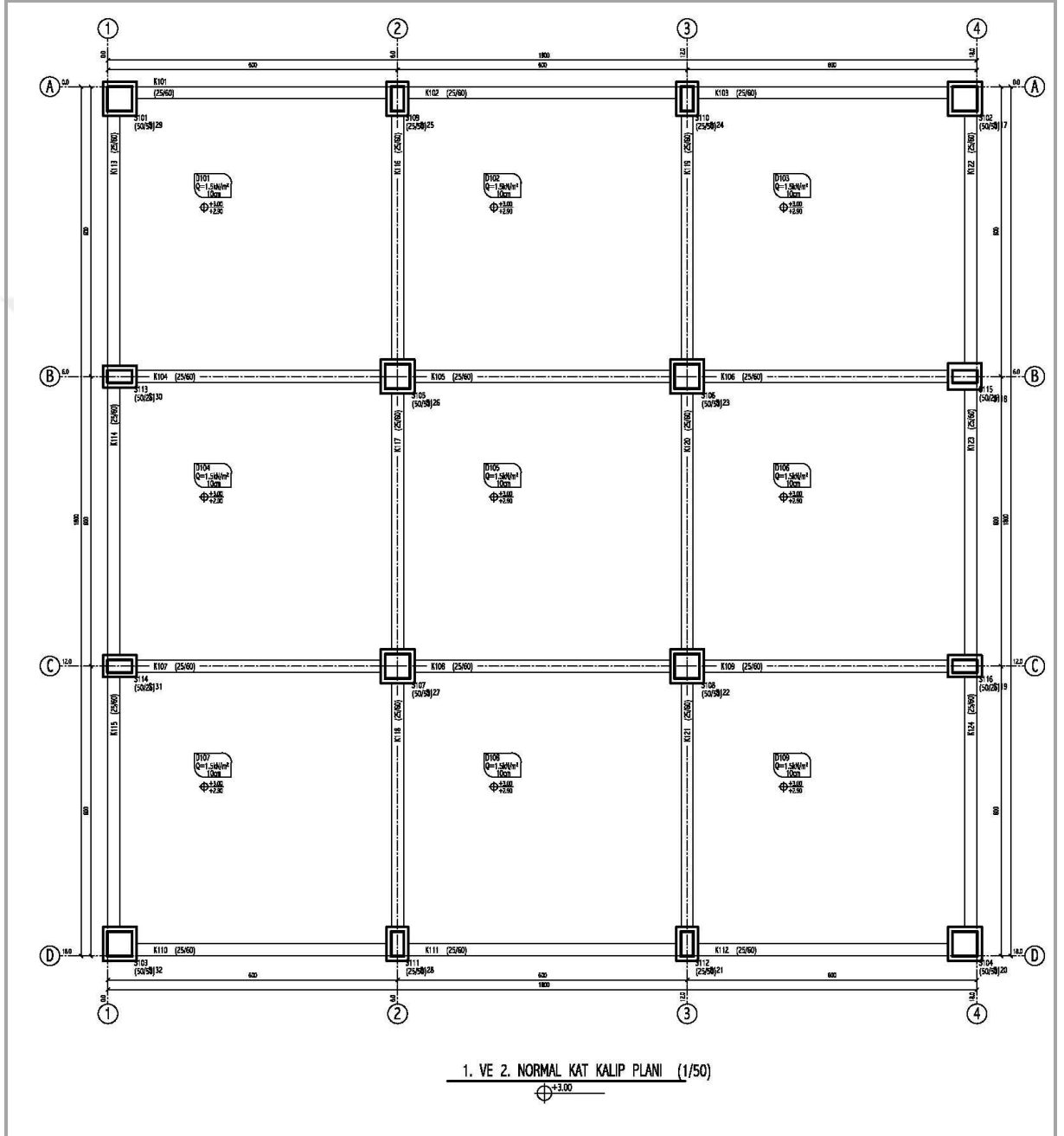
$$f_{co} = f_{ck} + z \cdot \sigma = 12 + 1,64 \cdot 5 = 20 \text{ MPa}$$

Çizelge 5.2 Mevcut Bina donatı alanı oran tablosu

KOLON BOYUTU	50X50	40X40	30X30	25X50	25X40	25X30
DONATI ALAN ORANI	0.80%	0.70%	1%	0.06%	0.07%	1%
KİRİŞ BOYUTU	25X60					
DONATI ALAN ORANI	0.80%					

3.3 Mantolanan Bina

Taşıyıcı sistemi betonarme olan mevcut binanın tüm kolonları mantolanarak güçlendirilmiştir. 1. Ve 2. Katlarda 10 cm olan manto kalınlığı üst katlarda 20cm'e kadar ulaşmaktadır.



Şekil 4.2 Mantolanan Binaya ait kalıp planı

Çizelge 5.3 Mantolanan Bina Kolon Boyutları

KOLON	KAT	1.Kat	2.Kat	3.Kat	4.Kat	5.Kat	6.Kat
KESİTLER	70x70	X	X	X	X	X	X
	45X70	X	X	X	X	X	X

Kirişler bütün aksları ve tüm katlarda 25x60 boyutlarında seçilmiştir. Aks aralığı, yüksekliği ve simetrikliği aynı şekilde korunmuştur. Dolgu duvar tipi ve döşeme yükleri yine aynı dizayn edilmiştir.

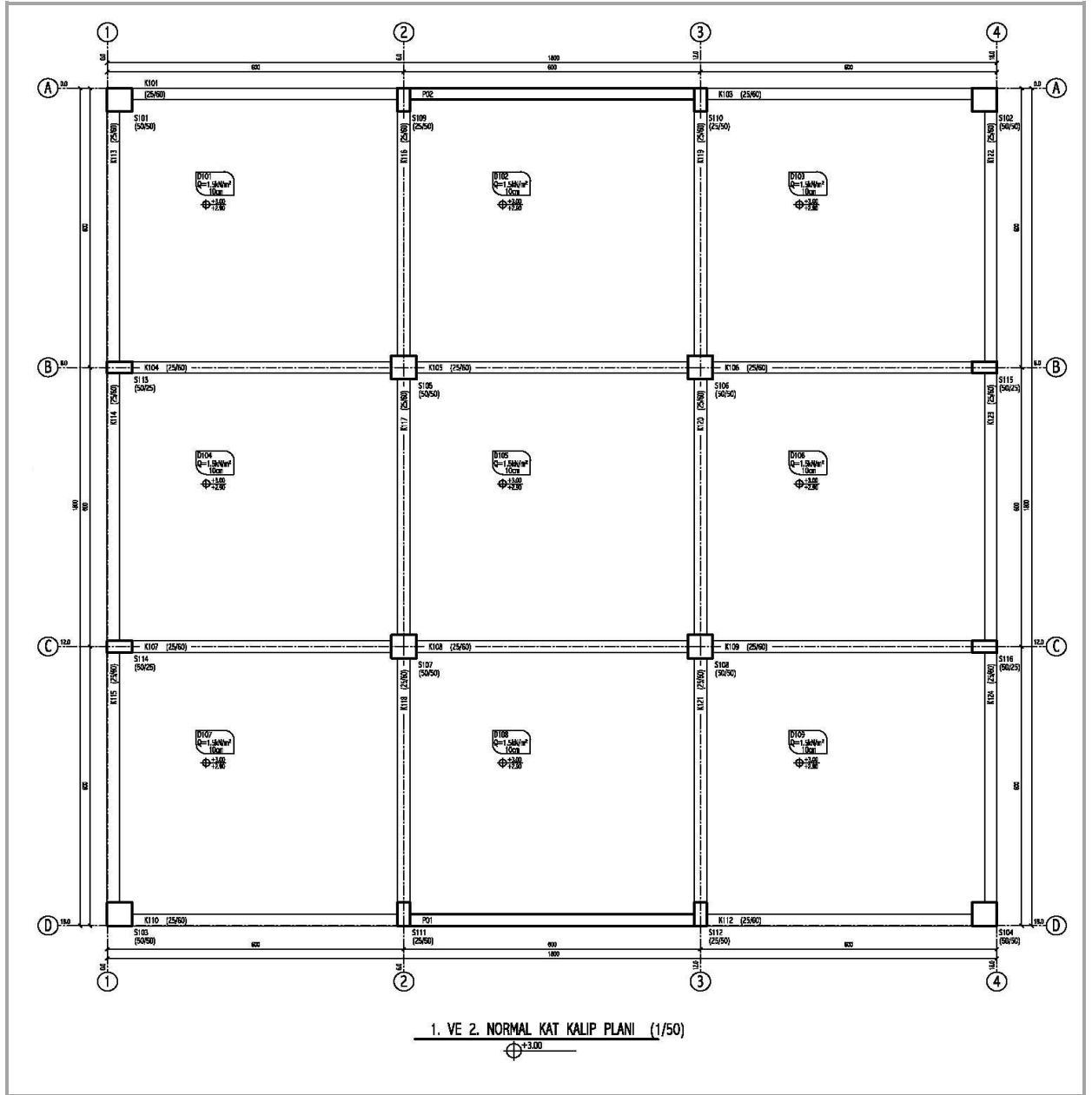
Yapıda c30 betonu kullanılmış normal dağılım için kabul edilen standart sapma 5 MPa olarak alınmış olup , Donatı tipi olarak S420 donatı çeliği seçilmiştir. Sarılma bölgelerinde Ø8/10 ve sarılma bölgesi dışında Ø8/20 etriye kullanılmıştır.

$$f_{co} = f_{ck} + z \cdot \sigma = 30 + 1,64 \cdot 5 = 38 \text{ MPa}$$

Çizelge 5.4 Mantolanan Bina donatı alanı oran tablosu

KOLON BOYUTU	70x70	45X70
DONATI ALAN ORANI	1,5%	1,5%
KİRİŞ BOYUTU	25X60	
DONATI ALAN ORANI	0.80%	

3.4 Perde ile Güçlendirilen Bina



Çizelge 5.5 Perde ile güçlendirilen bina kolon-perde boyutları

KOLON	KAT	1.Kat	2.Kat	3.Kat	4.Kat	5.Kat	6.Kat
KESİTLER	50X50	X	X				
	40X40			X	X		
	30X30					X	X
	25X50	X	X				
	25X40			X	X		
	25X30					X	X
	25X550	X	X	X	X	X	X

Kirişler bütün aksları ve tüm katlarda 25x60 boyutlarında seçilmiştir. Aks aralığı, yüksekliği ve simetrikliği aynı şekilde korunmuştur. Dolgu duvar tipi ve döşeme yükleri yine aynı dizayn edilmiştir.

Yapıda c30 betonu kullanılmış normal dağılım için kabul edilen standart sapma 5 MPa olarak alınmış olup , Donatı tipi olarak S420 donatı çeliği seçilmiştir. Sarılma bölgelerinde Ø8/10 ve sarılma bölgesi dışında Ø8/20 etriye kullanılmıştır.

$$f_{co} = f_{ck} + z \cdot \sigma = 30 + 1,64 \cdot 5 = 38 \text{ MPa}$$

3.5 Deprem Kayıtlarının Seçimi

Binaların artımsal zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizinde kullanılmak üzere deprem kayıtları seçilmiştir. Bu bölümde depremlerin sınıflandırma ve seçim kriterlerine, ölçekleme yöntemine, karakteristik bilgilerine ve ivme spektrumlarına yer verilmiştir.

3.5.1 Deprem kayıtlarının özellikleri

TDY2007'de 4 tipe ayrılan zeminler A, B, C, D şeklinde belirlenmiştir. Baz alınan mevcut bina İstanbul – Kadıköy İlçesindeki bir bölge olarak düşünüldüğü için, zemin sınıfı olarak B tipi, 1. Deprem bölgesi, 6-8 Magnitude değerleri arasında tutulmuştur. 0.05, 0.1, 0.15, 0.2, 0.25, 0.3, 0.4, 0.5, 0.65, 0.8, 0.95 ölçeğinde sıralanarak deprem kuvvetleri her binaya uygulanmıştır. Depremlere ait ivme spektrumları Çizelge 6.1'dedir.

Bu çalışmada kullanılan deprem kayıtları, Pasifik Deprem Mühendisliği Araştırma Merkezi PEER” (http://peer.berkeley.edu/peer_ground_motion_database) kuvvetli yer hareketi veri bankasından alınmıştır. Odak derinliği depremin oluşturacağı hasar konusunda önemli bir büyüklüktür. Derin depremler yüzeyde daha az etki gösterirken daha yaygın bir çevrede hissedilir. Sığ depremler ise, odağa en yakın yer yüzünde büyük etki gösterirken, uzaklaştıkça azalan bu etki daha az yaygın olan bir çevrede hissedilir (Celep ve Kumbasar, 2001). Bu sebeple, çoğunlukla sığ depremlerden odağa yakın olarak kaydedilen kayıtlar kullanılmıştır. Ayrıca bu

kayıtlar Türkiye’nin genel fay yapısı yatay atımlı olduğundan, yatay atımlı fayların oluşturduğu depremlerin ivme kayıtlarıdır.

Her bir deprem kaydının “seismosignal” programı vasıtası ile %5 sönüme sahip tepki spektrumları oluşturulmuştur. Kayıtlar, zaman tanım alanında yukarıda tek bir deprem için genel yöntem başlığı altında verilen yöntem ile 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan tasarım spektrumuna göre ölçeklendirilmiştir. Yatay kayıtlar 1. Derece deprem bölgesi, Z2 sınıfı zemin ve bina önem katsayısı 1 alınarak DBYBHY(2007)’ye göre oluşturulan ivme spektrumu, düşey kayıtlar kullanılmamıştır. Yapılan çalışmalarda doğrusal olmayan analizlerde kullanılacak kayıtların ölçekleme katsayısının (α_{AT}) 0.5 ile 2 arasında sınırlandırılması gerektiği önerildiğinden ölçekleme katsayısı bu sınırlar arasında olmayan ve DBYBHY(2007)’de verilen zamanla ilgili olan koşulu sağlamayan kayıtlar elenmiştir. Bu koşulları sağlayan kayıtlar arasından, yatay ve düşey deprem için ayrı olarak yedişer adet ivme kaydının ortalamaları alınarak DBYBHY(2007)’de verilen diğer koşulları sağlayan iki takım ivme kaydı elde edilmiştir.

Yapılacak analizde kullanılacak kayıtların, DBYBHY-2007 ‘ye göre kuvvetli yer hareketi kısmının süresini belirlemek için kayıtların zarf süreleri (T_{bd}) ve anlamlı süreleri (T_{sd}) belirlenmiştir. Zarf süre, 0.05 g ‘lik ivme değerinin ilk ve son aşaması arasında geçen süre olarak tanımlanır. Anlamlı süre ise, ivme kaydının enerji miktarını gösteren “Arias Yoğunluğu” (A_I) değerinin zamanla değişimini yüzde olarak gösteren ve “Husid Grafiği” olarak adlandırılan eğrinin üzerinden arias

yoğunluğunun %5 ile %95 arasında oluşumu arasında geçen süre olarak tanımlanır.

Analizlerde deprem hareketinin her doğrultusu için farklı deprem ve istasyonlardan elde edilen kayıtlar kullanılmıştır. Bu kayıtların süreleri oldukça değişkendir ve bazı kayıtların

süreleri kuvvetli yer hareketi süresinden oldukça uzundur. Bu sebeple her doğrultudaki deprem hareketinin süresinin özdeş olabilmesi için ve analiz süresinin optimum seviyeye indirilebilmesi için kayıtların belirli uzunluktaki bir süresi analizlerde kullanılmıştır. Bu süre, kaydın anlamlı süresini içerecek ve yönetmelikte verilen minimum süre koşulunu (örnek bina için 15 sn) sağlayacak şekilde belirlenmiştir.

$$AI=\pi/2g\int a_2(t)dt$$

Burada,

$a(t)$: t anında deprem kaydındaki ivme genliği değeri

T_s : Deprem kaydının toplam süresi

Sismograflar tarafından kaydedilen kayıtlarda yer hareketinden oluşan titreşimlere ek olarak civardaki taşıtların ve insanların oluşturduğu titreşimler, sismografin tam olarak sabit olmaması gibi nedenlerden ötürü başka titreşimlerde bulunabilir. Bu sebeple kayıtların filtrelenmesi ve sapma düzeltilmesi yapılması gerekir. PEER'dan alınan kayıtlarda bu işlem yapılmıştır. Fakat kayıtlar ölçeklendirildiği ve daha önceden bahsedildiği üzere kayıtların belirli bir süresi analizlerde kullanıldığı için tekrar sapma düzeltilmesi yapılması gerekir. İvme kaydının ve bu kaydın integrasyonu ile elde edilen hız ve yer değiştirme değerlerinin sıfırla başlayıp sıfırla bitmesi gereklidir.

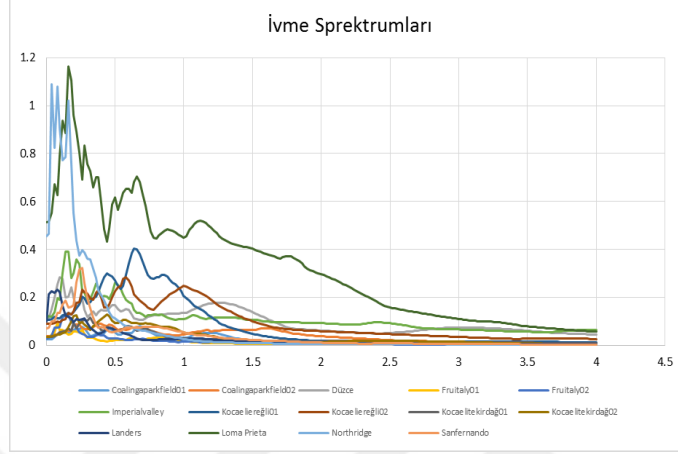
PGA : En yüksek yer hareketi ivmesi değeri

Çizelge 6.1 Yer hareketleri

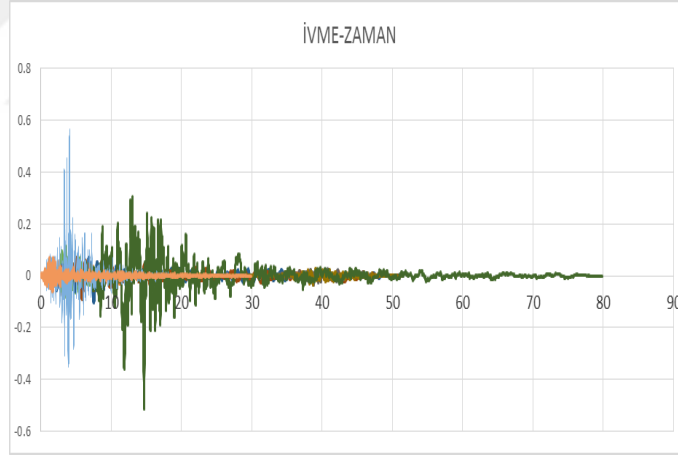
Event	Year	Station	Mag	Uzaklık	PGA	Zemin Sınıfı	YÖNÜ
				(km)	(g)		
Coalinga-01	1983	Parkfield – Cholame 2E	6,36	42	0,62	B	X
Coalinga-01	1983	Parkfield – Cholame 2E	6,36	42	0,62	B	Y
Friuli, Italy-01	1976	Barcis	6,5	49,1	0,25	B	X
Friuli, Italy-01	1976	Barcis	6,5	49,1	0,25	B	Y
Kocaeli, Turkey	1999	Eregli	7,51	141	0,06	B	X
Kocaeli, Turkey	1999	Eregli	7,51	141	0,06	B	Y
Kocaeli, Turkey	1999	Tekirdag	7,51	164	0,12	B	X
Kocaeli, Turkey	1999	Tekirdag	7,51	164	0,12	B	Y
Landers	1992	Amboy	7.28	69.21	0.1	B	X
Loma Prieta	1989	Saratoga	7.58	8.5	0.51	B	X
Northridge	1994	Castaic	6.69	20.11	0.46	B	X
San Fernando	1971	Upland – San Antonio Dam	6,61	61,7	0,62	B	X
Imperial Valley	1979	Parachute Test Site	6.53	12.69	0.11	B	X

3.6 Seismosignal ile İlgili Bilgiler

Seçilen deprem datalarının belli uygulamalar ile tanımlanması gereken değerlere uygun hale getirilmesi gerekmekte olduğundan seismosignal programı aracılığıyla DBYBHY’de geçen %5 sönüm oranı uygulanmış ve aşağıdaki Tüm depremlere ait ivme spektrumları ve ivme-zaman grafikleri aşağıda gösterildiği gibi oluşturulmuştur.



Şekil 5.1 Tüm yer hareketleri ivme spektrumları



Şekil 5.2 Tüm yer hareketleri ivme-zaman grafiği

BÖLÜM 4

BİNALARIN ANALİZİ

Bu bölümde örnek binaların analiz yönteminin belirlenmesi, zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz yöntemi ve doğrusal olmayan analizlerde yapılan kabuller üzerinde durulacaktır.

4.1 Örnek Yönteminin Belirlenmesi

Bu çalışmada temel olarak örnek binaların deprem yükleri altındaki doğrusal olmayan davranışları incelenmektedir. Depremlerin meydana geldikleri veya deprem dalgalarının ulaştıkları yerlerdeki zemin cinsine göre sahip oldukları farklı özellikleri dikkate almak için gerçek deprem kayıtları seçilmiştir. Yapıyı performans seviyesine ulaştıracak deprem kuvvetinin belirlenebilmesi içinde analizin her aşamasında deprem kayıtları yer çekimi ivmesi cinsinden ölçeklenerek kullanılmıştır. Sonuç olarak örnek yapıların analizlerinde artımsal zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz yöntemi kullanılmıştır.

4.2 Artımsal Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Analiz

Artımsal zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz yöntemi, belirli bir yer hareketinin zaman tanım alanındaki ivme kaydı ile yapıda meydana gelen doğrusal olmayan davranışı elde etmek için kullanılmıştır. Bu yöntem depremin tersinir etkisini dikkate aldığı için diğer analizlere göre daha doğru sonuçlar vermektedir. Bu analiz, deprem kayıtları ve detaylı yapı modelini içerdiği için elde edilen sonuçlar diğer metotlara kıyasla daha küçük oranda hata içerir.

Fakat zaman tanım alanındaki analizde, yapının tepkisi analizlerde kullanılan kaydın özelliklerine çok duyarlı olduğundan, yapı tepkisinin güvenilir olarak tahmini için değişik

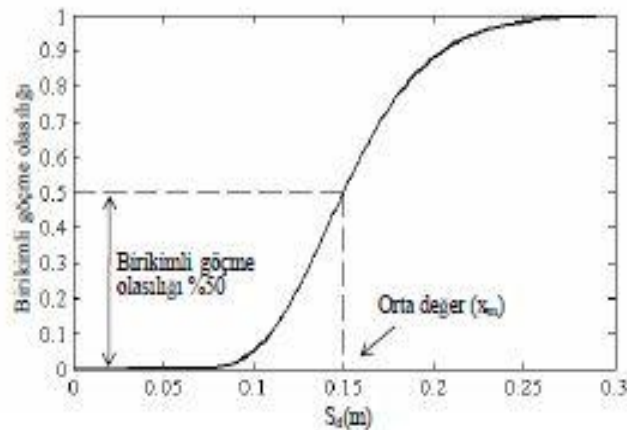
deprem kayıtlarının kullanıldığı pek çok analizin gerçekleştirilmesi gerekir. Artımsal dinamik çözümleme için belirlenmesi gereken iki parametre bulunmaktadır.

Bunlardan ilki depremin şiddetini ifade eden ve ölçeklendirmede temel alınacak olan parametredir. Diğer ise depremin şiddetini ifade eden parametrenin karşılığı olan ve hasarı ifade eden yapısal davranış parametresidir.

Bu çalışmada örnek binaların doğrusal olmayan analizlerinde Seismostruct programı kullanılmıştır. Program zaman tanım alanındaki analizde ivme yöntemini kullanmaktadır. Seismosignal programı yardımıyla seçilen deprem kayıtları %5 sönüm etkisinde katılarak ivme spektrumu kaydına çevrilmiş, kayıt içerisinde maksimum spektral ivme etkisi, ilgili binanın (mevcut, mantolanan bina ve perde ile güçlendirilen) birinci etkin periyoduna bölünüp ölçeklenecek değer ile oranlanmış olup, bulunan oran maksimum spektral ivmeye bölünerek yerçekimi ivmesi ile birlikte etki ettirilmiştir. Her çözümlemede elde edilen en büyük göreceli kat ötelemesi (her hangi bir katta) kaydedilir.

4.3 Hasar Olasılık Eğrilerinin Oluşturulması

Hasar olasılık eğrileri yapısal hasar ile depremin yapılar üzerindeki etkisini ifade eden bir büyüklük arasındaki ilişkiyi gösterirler. Bir başka deyişle, deprem etkisini ifade eden büyüklüğün belirli bir değeri için hasarın birikimli olasılığını verirler. Bu büyüklük maksimum yer ivmesi, maksimum yer hızı, spektral ivme veya spektral yer değiştirme olabilir. Rasgele değişken olarak alınan bu büyüklüğün lognormal dağıldığı kabul edilir.(Shinozuka vd., 2000). Şekil 6.1’de, tipik bir hasar olasılık eğrisi gösterilmiştir.



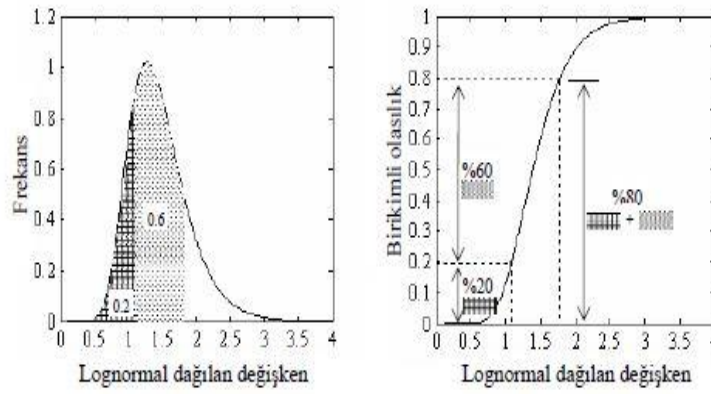
Şekil 6.1 Örnek Birikimli Hasar Olasılık Eğrisi

Şekilden görüleceği üzere, eğri spektral yer değiştirmenin herhangi bir değeri karşılığı birikimli göçme olasılığını göstermektedir. Olasılığın %50 değerine karşılık gelen spektral yer değiştirme değeri orta değer (medyan) olarak adlandırılır. Bundan başka eğriyi karakterize eden diğer parametrede standart sapmadır. Lognormal dağılan bir değişken için, birikimli standart normal olasılık ile bulunabilir.

$$P = \Phi(\ln(x / x_m) / \zeta) \quad (4.31)$$

Bu bağıntıda x , lognormal dağılan değişkeni, x_m orta değeri, ζ standart sapmayı, Φ ise standart normal olasılığı ifade eder.

Şekil 6.2 'de lognormal dağılım değişkene ait frekans dağılımı ve olasılık eğrisi bulunmaktadır.



Şekil 6.2 Lognormal dağılan değişkene ait frekans dağılımı ve olasılık eğrisi

ζ değerinin bazı faktörlere bağlı olarak belirlenmektedir.

$$\zeta = \sqrt{\zeta_{SD}^2 + \zeta_D^2} \quad (4.32)$$

ζ_{SD} : Sınır durum değerinin (hasar eşiği) lognormal standart sapmasıdır ve 0.3 olarak kabul edilmiştir (Jeong ve Elnashai, 2006).

ζ_D : Deprem kayıtları, malzeme ve yapının modellenmesindeki basitleştirilmelerden dolayı oluşan belirsizliklerin lognormal standart sapmasıdır.

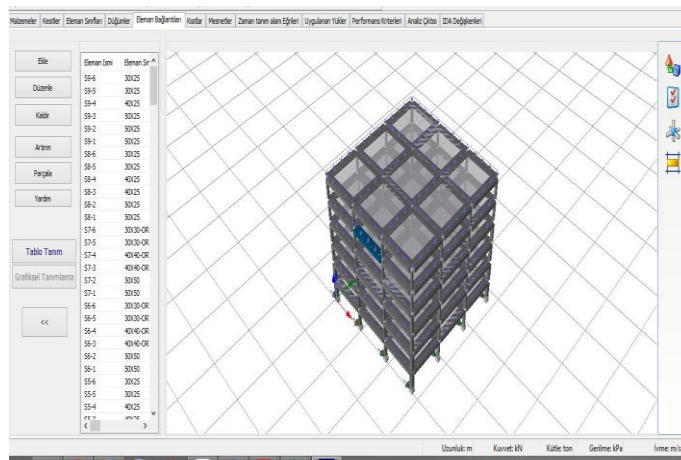
4.4 Örnek Binalar İçin Gözönüne Alınan Hasar Sınırları ve İlgili G.K.Ö. değerlerinin belirlenmesi

Tüm yapı modelleri için değerlendirme yöntemi üç farklı şekilde belirlenmiştir. Kullanılan yöntemlerden ilki Bölüm1.1.1(Erberik ve Elnashai,2004)'e göre kesit hasarlarına göre limit bölgeleri oluşturulmuş, oluşturulan bölgeler ilgili çalışmaya uyumlu olacak şekilde tanımlanıp buna bağlı olarak hasar olasılık eğrileri çizilmiştir.

İkincil olarak Bölüm1.1.2(Rosetta ve Elnashai,2003)'de geçen 6 farklı limit durum için tüm deprem ve ölçeklerinde max görelî kat ötelemesi değerleri kayda alınmış, 4.5'te anlatılan hasar olasılık eğrisi oluşturma amaçlı tablo grafik çalışmasından sonra ilgili deprem ve bina tipi olarak hasar olasılık eğrileri oluşturulmuştur.

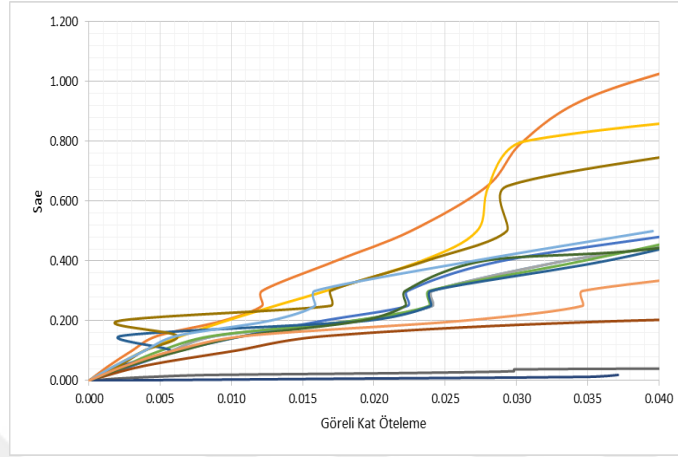
Üçüncü yöntem, Bölüm1.1.10(Cornell vd,2001)'da anlatıldığı gibi bina davranışını Sae-G.K.Ö'ne göre IDA eğrileri oluşturulduktan sonra bu eğrinin lineer davrandığı bölge akma bölgesi ve lineer bölge eğiminin %20 ye düştüğü bölge göçme öncesi olarak belirlenip kaydedilen değerlerden hasar olasılık global değerlendirme amaçlı akma ve göçme eğrileri oluşturulmuştur.

Genel hatlarıyla oluşturulan tüm hasar olasılık eğrileri tamamlanıp, TDY2007'de belirlenen elastik deprem spektrumuna göre belirlenen hedef spektral ivme kuvveti için bina davranışı için belirlenen limit bölgelere göre değerlendirilmiş, ayrıca lokal ve global olarak bulunan sonuçlar (Bölüm1.1.1 ve Bölüm 1.1.2), analitik yöntemle (Bölüm 1.1.10) elde edilen bulgular ile karşılaştırılmıştır.Aşağıdaki Şekil 7.1'de çıkan dataların seismostruct programında girilmesine ait arayüz bulunmaktadır.

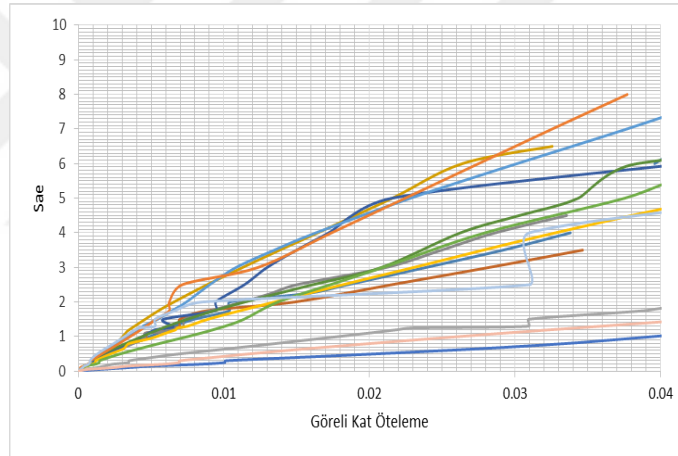


Şekil 7.1 Örnek seismostruct arayüz görüntüsü

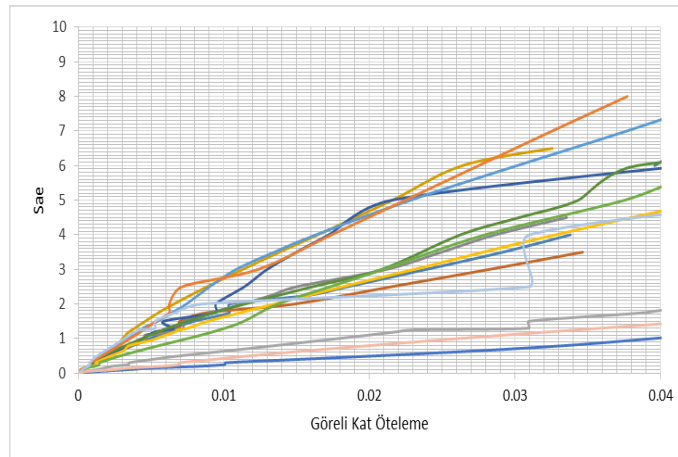
14 adet deprem sonucu olarak ve her deprem için 3 ayrı yapıdaki sonuçları olmak üzere toplamda 42 adet IDA eğrileri Şekil8.1- Şekil8.2- Şekil8.3'deki gibidir.



Şekil 8.1 IDA eğrilerinin tek bir grafik üzerinde gösterimi (Mevcut Bina)



Şekil 8.2 IDA eğrilerinin tek bir grafik üzerinde gösterimi (Mantolanan Bina)



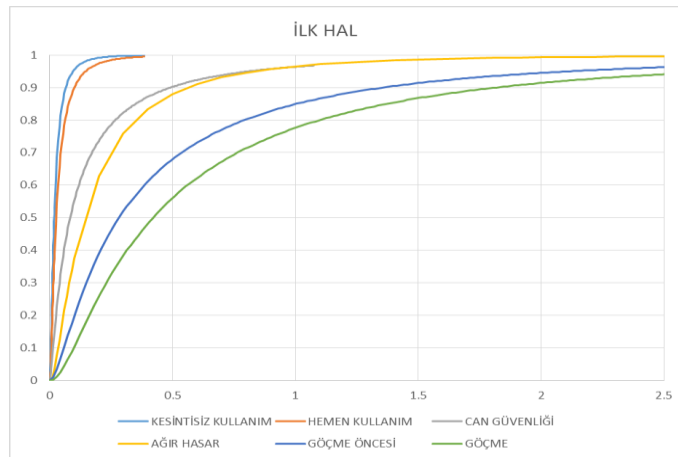
Şekil 8.3 IDA eğrilerinin tek bir grafik üzerinde gösterimi (Perde ile Güçlendirilen Bina)

Bölüm1.1.10(Cornell vd,2001) (Cornell v.d.)’da belirtilen şartlar dahilinde aşağıdaki grafik ve tabloda Landers depremi bazında sonuçlar bulunmaktadır.

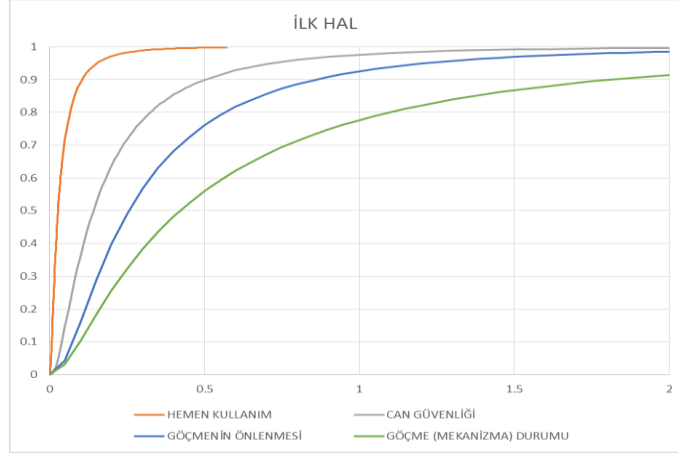
Çizelge 7.1 Bölüm1.1.10(Cornell vd,2001)’a göre hazırlanan örnek tablo

	İLK HAL (g)	G.K.Ö. (İLKHAL)	KESİT HASARI	MANTO (g)	G.K.Ö. (MANTO)	KESİT HASARI	PERDE (g)	G.K.Ö. (PERDE)	KESİT HASARI
AKMA NOKTASI	0.0125	0.009	S220 AKMA	0.3	0.0035	-	0.05	0.0034	-
GÖÇME ÖNCESİ	0.0437	0.024	C12 MN	1.25	0.0071	TÜM ELEMEN	0.4	0.0114	TÜM
AKMA BÖLGESİ EĞİM	2.84091			85.71		LARDA MN	25.00		ELEMEN- LARDA MN
GÖÇME ÖNCESİ EĞİM	0.17361			6.25			6.25		
	0.06			0.07			0.25		

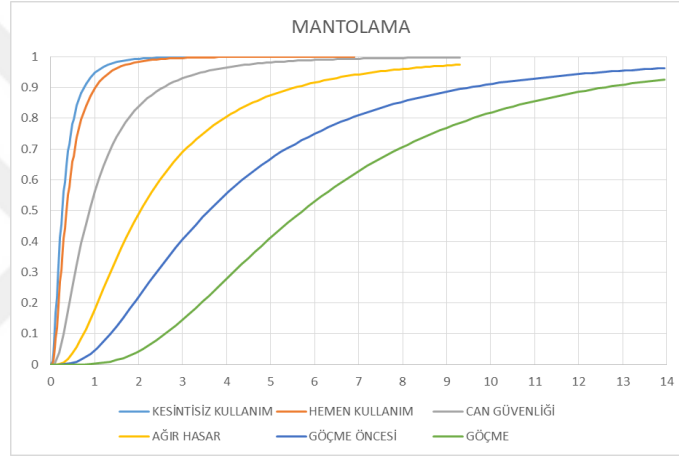
İlk Hal, Mantolanan Bina ve Perde ile güçlendirilen bina olarak Bölüm1.1.1(Erberik ve Elnashai,2004) ve Bölüm1.1.2(Rosetta ve Elnashai,2003)’deki hususlara göre çizilen hasar olasılık eğrileri Şekil9.1, Şekil9.2, Şekil9.3, Şekil9.4, Şekil9.5, Şekil9.6’da toplu halde gösterilmiştir.



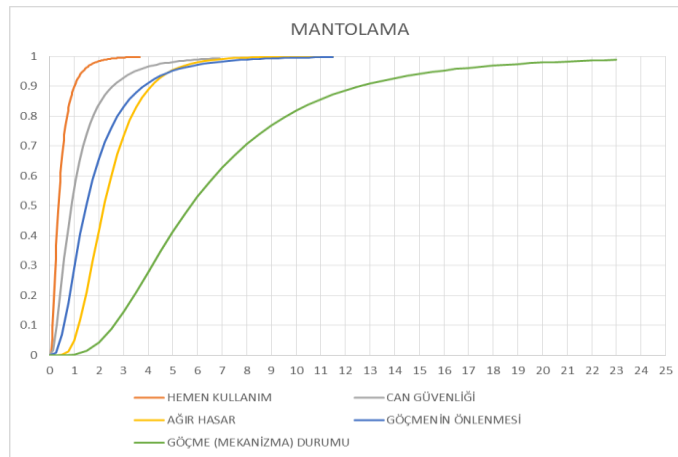
Şekil 9.1 Bölüm1.1.2(Rosetta ve Elnashai,2003)’ye göre hasar olasılık eğrilerinin toplu halde gösterimi (mevcut bina)



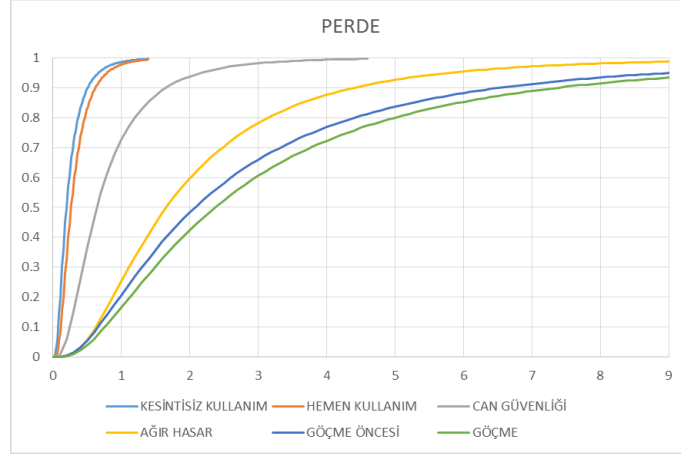
Şekil 9.2 Bölüm1.1.1(Erberik ve Elnashai,2004)'e göre hasar olasılık eğrileri toplu halde gösterimi (mevcut bina)



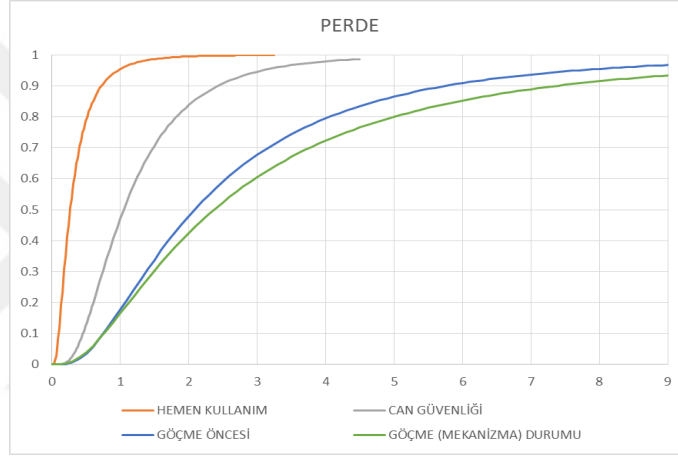
Şekil 9.3 Bölüm1.1.2(Rosetta ve Elnashai,2003)'ye göre hasar olasılık eğrilerinin toplu halde gösterimi (mantolanan bina)



Şekil 9.4 Bölüm1.1.1(Erberik ve Elnashai,2004)'e göre hasar olasılık eğrilerinin toplu halde gösterimi (mantolanan bina)

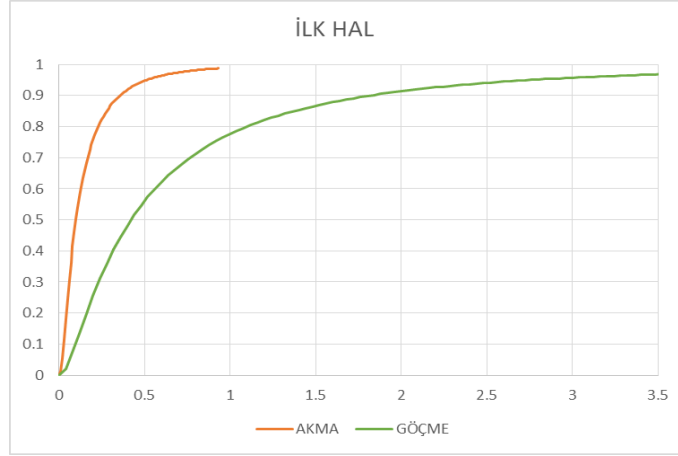


Şekil 9.5 Bölüm1.1.2(Rosetta ve Elnashai,2003)'ye göre hasar olasılık eğrilerinin toplu halde gösterimi (perde ile güç. bina)

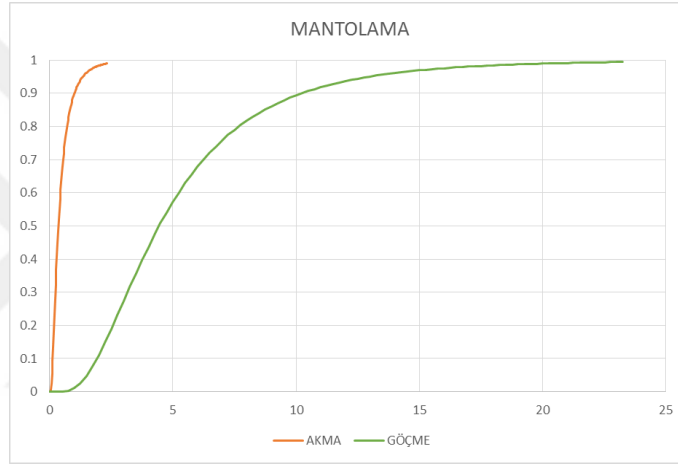


Şekil 9.6 Bölüm1.1.1(Erberik ve Elnashai,2004)'e göre hasar olasılık eğrilerinin toplu halde gösterimi (perde ile güç. bina)

İlk Hal, Mantolanan Bina ve Perde ile güçlendirilen bina olarak Bölüm1.1.10(Cornell v.d.)'daki hususlara göre çizilen hasar olasılık eğrileri Şekil9.6, Şekil9.7, Şekil9.8'de toplu halde gösterilmiştir.



Şekil 9.6 Bölüm1.1.10(Cornell vd,2001)'e göre
hasar olasılık eğrilerinin toplu halde gösterimi (mevcut bina)



Şekil 9.7 Bölüm1.1.10(Cornell vd,2001)'e göre
hasar olasılık eğrilerinin toplu halde gösterimi (mantolanan bina)



Şekil 9.8 Bölüm1.1.10(Cornell vd,2001)'e göre
hasar olasılık eğrilerinin toplu halde gösterimi (perde ile güç. bina)

BÖLÜM 5

SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışmanın bu bölümünde artımsal zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizleri ile yapıların elastik olmayan göreceli kat ötelemeleri ve kesit hasarlarına göre performans seviyelerine ait sınır değerlerin aşılma olasılıkları elde edilmiş ve irdelenmiştir.

Aşağıdaki Çizelge8.1, Çizelge8.2, Çizelge8.3, Çizelge8.4, Çizelge8.5, Çizelge8.6, Çizelge8.7, Çizelge8.8’de hasar olasılık eğrilerinin sonuçlarına göre, elastik spektrumda karşılık gelen performans seviyelerinin aşılma olasılıkları bulunmaktadır.

Çizelge 8.1 Bölüm1.1.1(Erberik ve Elnashai,2004)Hedef performans için hasar olasılıkları

(50 yılda aşılma olasılığı %10 olan bina)

BÖLÜM 1.1.1 (Erberik,Elnashai)	HEMEN KULLANIM (%)	CAN GÜVENLİĞİ (%)	AĞIR HASAR (%)	GÖÇMENİN ÖNLENMESİ (%)	GÖÇME (%)
İLK HAL 0.26g	98	73		50	33
MANTO 0.67g	78	37	32	13	0.02
PERDE 0.83g	92	36		12	11

Çizelge 8.2 Bölüm1.1.1(Erberik ve Elnashai,2004) Hedef performans için hasar olasılıkları (50 yılda aşılma olasılığı %50 olan bina)

BÖLÜM 1.1.1 (Erberik,Elnashai)	HEMEN KULLANIM (%)	CAN GÜVENLİĞİ (%)	AĞIR HASAR (%)	GÖÇMENİN ÖNLENMESİ (%)	GÖÇME (%)
İLK HAL 0.13g	93	46		23	15
MANTO 0.33g	46	12	4	2	0
PERDE 0.415g	71	7		2	2

Çizelge 8.3 Bölüm1.1.1(Erberik ve Elnashai,2004) Hedef performans için hasar olasılıkları (50 yılda aşılma olasılığı %2 olan bina)

BÖLÜM 1.1.1 (Erberik,Elnashai)	HEMEN KULLANIM (%)	CAN GÜVENLİĞİ (%)	AĞIR HASAR (%)	GÖÇMENİN ÖNLENMESİ (%)	GÖÇME (%)
İLK HAL 0.39g	99	84		67	47
MANTO 1.05g	90	58	42	31	0.2
PERDE 1.245g	97	60		25	23

Çizelge 8.4 Bölüm1.1.2(Rosetta ve Elnashai,2003) Hedef performans için hasar olasılıkları (50 yılda aşılma olasılığı %10 olan bina)

BÖLÜM 1.1.2 (Rosetta,Elnashai)	KESİNTİSİZ KULLANIM (%)	HEMEN KULLANIM (%)	CAN GÜVENLİĞİ (%)	AĞIR HASAR (%)	GÖÇMENİN ÖNLENMESİ (%)	GÖÇME (%)
İLK HAL 0.26g	100	98	79	68	47	33
MANTO 0.67g	87	77	36	6.5	1.3	0.02
PERDE 0.83g	97	95	63	18	15	11

Çizelge 8.5 Bölüm1.1.2(Rosetta ve Elnashai,2003) Hedef performans için hasar olasılıkları (50 yılda aşılma olasılığı %50 olan bina)

BÖLÜM 1.1.2 (Rosetta,Elnashai)	KESİNTİSİZ KULLANIM (%)	HEMEN KULLANIM (%)	CAN GÜVENLİĞİ (%)	AĞIR HASAR (%)	GÖÇMENİN ÖNLENMESİ (%)	GÖÇME (%)
İLK HAL 0.13g	97	93	62	47	26	15
MANTO 0.33g	61	46	12	1	0.08	0
PERDE 0.415g	84	75	27	3.5	3	2

Çizelge 8.6 Bölüm1.1.2(Rosetta ve Elnashai,2003) Hedef performans için hasar olasılıkları (50 yılda aşılma olasılığı %2 olan bina)

BÖLÜM 1.1.2 (Rosetta,Elnashai)	KESİNTİSİZ KULLANIM (%)	HEMEN KULLANIM (%)	CAN GÜVENLİĞİ (%)	AĞIR HASAR (%)	GÖÇMENİN ÖNLENMESİ (%)	GÖÇME (%)
İLK HAL 0.39g	99	99	86	82	60	47
MANTO 1.05g	95	90	58	19	5.2	0.28
PERDE 1.245g	99	99	81	35	28	23

Çizelge 8.7 Bölüm1.1.10(Cornell vd,2001)Hedef performans için hasar olasılıkları
(50 yılda aşılma olasılığı %10 olan bina)

BÖLÜM 1.1.10 (Cornell v.d.)	AKMA(%)	GÖÇME(%)
İLK HAL 0.26g	83	33
MANTO 0.67g	78	0.1
PERDE 0.83g	85	21

Çizelge 8.8 Bölüm1.1.10(Cornell vd,2001)Hedef performans için hasar olasılıkları

(50 yılda aşılma olasılığı %50 olan bina)

BÖLÜM 1.1.10 (Cornell v.d.)	AKMA(%)	GÖÇME(%)
İLK HAL 0.13g	60	15
MANTO 0.335g	46	0.3
PERDE 0.415g	65	6

Çizelge 8.9 Bölüm1.1.10(Cornell vd,2001)Hedef performans için hasar olasılıkları

(50 yılda aşılma olasılığı %2 olan bina)

BÖLÜM 1.1.10 (Cornell v.d.)	AKMA(%)	GÖÇME(%)
İLK HAL 0.39g	91	47
MANTO 1.05g	90	1.3
PERDE 1.245g	92	36

Çizelge 9.1 Deprem tipi bazında görelî kat ötelemesi değêrlerinin
bölümlere göre tablolaştırılması (mevcut bina)

	G.K.Ö(%)									
	BÖLÜM 1.1.10 AKMA	BÖLÜM 1.1.1 HEMEN KULLANIM	BÖLÜM 1.1.1 CAN GÜVENLİĞİ	BÖLÜM 1.1.2 KESİNTİSİZ KULLANIM	BÖLÜM 1.1.2 HEMEN KULLANIM	BÖLÜM 1.1.10 GÖÇME	BÖLÜM 1.1.1 GÖÇMENİN ÖNLENMESİ	BÖLÜM 1.1.1 GÖÇME	BÖLÜM 1.1.2 GÖÇMENİN ÖNLENMESİ	BÖLÜM 1.1.2 GÖÇME
Coalinga-01	0.6	0.2	1.5	0.19	0.56	3.3	2.7	5.4	3.34	4.78
Coalinga-02	0.5	0.2	1.5	0.19	0.56	3.5	2.7	5.4	3.34	4.78
Düzce	0.6	0.2	1.5	0.19	0.56	2.7	2.7	5.4	3.34	4.78
Friuli, Italy-01	0.9	0.2	1.5	0.19	0.56	3.3	2.7	5.4	3.34	4.78
Friuli, Italy-02	2.7	0.2	1.5	0.19	0.56	3.1	2.7	5.4	3.34	4.78
Kocaeli, Ereğli01	0.6	0.2	1.5	0.19	0.56	2.9	2.7	5.4	3.34	4.78
Kocaeli, Ereğli02	0.5	0.2	1.5	0.19	0.56	2.4	2.7	5.4	3.34	4.78
Kocaeli, Tekirdağ01	0.6	0.2	1.5	0.19	0.56	2.4	2.7	5.4	3.34	4.78
Kocaeli, Tekirdağ02	1.6	0.2	1.5	0.19	0.56	3.7	2.7	5.4	3.34	4.78
Landers	0.9	0.2	1.5	0.19	0.56	2.4	2.7	5.4	3.34	4.78
Loma Prieta	0.6	0.2	1.5	0.19	0.56	2.9	2.7	5.4	3.34	4.78
Northridge	1.76	0.2	1.5	0.19	0.56	3.3	2.7	5.4	3.34	4.78
San Fernando	1.1	0.2	1.5	0.19	0.56	2.8	2.7	5.4	3.34	4.78
Imperial Valley	1	0.2	1.5	0.19	0.56	3.5	2.7	5.4	3.34	4.78

Çizelge 9.2 Deprem tipi bazında görelî kat ötelemesi değêrlerinin
bölümlere göre tablolâştırılması (mantolanan bina)

	G.K.Ö(%)									
	BÖLÜM 1.1.10 AKMA	BÖLÜM 1.1.1 HEMEN KULLANIM	BÖLÜM 1.1.1 CAN GÜVENLİĞİ	BÖLÜM 1.1.2 KESİNTİSİZ KULLANIM	BÖLÜM 1.1.2 HEMEN KULLANIM	BÖLÜM 1.1.10 GÖÇME	BÖLÜM 1.1.1 GÖÇMENİN ÖNLENMESİ	BÖLÜM 1.1.1 GÖÇME	BÖLÜM 1.1.2 GÖÇMENİN ÖNLENMESİ	BÖLÜM 1.1.2 GÖÇME
Coalinga-01	0.79	0.33	1.8	0.19	0.56	4.4	6.6	7.1	3.34	4.78
Coalinga-02	0.47	0.33	1.8	0.19	0.56	4.1	6.6	7.1	3.34	4.78
Düzce	0.1	0.33	1.8	0.19	0.56	0.85	6.6	7.1	3.34	4.78
Friuli, Italy-01	0.46	0.33	1.8	0.19	0.56	3.85	6.6	7.1	3.34	4.78
Friuli, Italy-02	0.4	0.33	1.8	0.19	0.56	4.33	6.6	7.1	3.34	4.78
Kocaeli, Ereğli01	5.3	0.33	1.8	0.19	0.56	2.15	6.6	7.1	3.34	4.78
Kocaeli, Ereğli02	0.75	0.33	1.8	0.19	0.56	3.84	6.6	7.1	3.34	4.78
Kocaeli, Tekirdağ01	0.75	0.33	1.8	0.19	0.56	0.71	6.6	7.1	3.34	4.78
Kocaeli, Tekirdağ02	0.62	0.33	1.8	0.19	0.56	3.25	6.6	7.1	3.34	4.78
Landers	0.35	0.33	1.8	0.19	0.56	0.71	6.6	7.1	3.34	4.78
Loma Prieta	0.35	0.33	1.8	0.19	0.56	1.03	6.6	7.1	3.34	4.78
Northridge	0.52	0.33	1.8	0.19	0.56	4.8	6.6	7.1	3.34	4.78
San Fernando	0.11	0.33	1.8	0.19	0.56	4.5	6.6	7.1	3.34	4.78
Imperial	3.2	0.33	1.8	0.19	0.56	1.91	6.6	7.1	3.34	4.78

Çizelge 9.3 Deprem tipi bazında görelî kat öteleme değeri için
bölümlere göre tablolaştırılması (perde ile güçlendirilen bina)

	G.K.Ö(%)									
	BÖLÜM 1.1.10 AKMA	BÖLÜM 1.1.1 HEMEN KULLANIM	BÖLÜM 1.1.1 CAN GÜVENLİĞİ	BÖLÜM 1.1.2 KESİNTİSİZ KULLANIM	BÖLÜM 1.1.2 HEMEN KULLANIM	BÖLÜM 1.1.10 GÖÇME	BÖLÜM 1.1.1 GÖÇMENİN ÖNLENMESİ	BÖLÜM 1.1.1 GÖÇME	BÖLÜM 1.1.2 GÖÇMENİN ÖNLENMESİ	BÖLÜM 1.1.2 GÖÇME
Coalinga-01	0.79	0.33	1.8	0.19	0.56	4.4	6.6	7.1	3.34	4.78
Coalinga-02	0.47	0.33	1.8	0.19	0.56	4.1	6.6	7.1	3.34	4.78
Düzce	0.1	0.33	1.8	0.19	0.56	0.85	6.6	7.1	3.34	4.78
Friuli, Italy-01	0.46	0.33	1.8	0.19	0.56	3.85	6.6	7.1	3.34	4.78
Friuli, Italy-02	0.4	0.33	1.8	0.19	0.56	4.33	6.6	7.1	3.34	4.78
Kocaeli, Ereğli01	5.3	0.33	1.8	0.19	0.56	2.15	6.6	7.1	3.34	4.78
Kocaeli, Ereğli02	0.75	0.33	1.8	0.19	0.56	3.84	6.6	7.1	3.34	4.78
Kocaeli, Tekirdağ01	0.75	0.33	1.8	0.19	0.56	0.71	6.6	7.1	3.34	4.78
Kocaeli, Tekirdağ02	0.62	0.33	1.8	0.19	0.56	3.25	6.6	7.1	3.34	4.78
Landers	0.35	0.33	1.8	0.19	0.56	0.71	6.6	7.1	3.34	4.78
Loma Prieta	0.35	0.33	1.8	0.19	0.56	1.03	6.6	7.1	3.34	4.78
Northridge	0.52	0.33	1.8	0.19	0.56	4.8	6.6	7.1	3.34	4.78
San Fernando	0.11	0.33	1.8	0.19	0.56	4.5	6.6	7.1	3.34	4.78
Imperial	3.2	0.33	1.8	0.19	0.56	1.91	6.6	7.1	3.34	4.78

- Mevcut ve güçlendirilmiş yapıların artımsal dinamik analiz sonuçlarına göre mantolanmış binada elde edilen dayanım artışı perde ile güçlendirilen binaya göre daha fazla olduğu görülmüştür.
- Dikkate alınan tüm hasar sınıflandırmalarında ((Erberik,Elnashai), (Rosetta ve Elnashai,2003), (Cornell vd,2001)) göçmeye karşılık gelen görelî kat ötelemesi değeri mantolanmış bina için daha büyüktür.
- Mevcut bina ile elde edilen sonuçlarda Bölüm1.1.10(Cornell vd,2001)'a göre; IDA eğrisinden çıkarılan akma ve göçme sonuçlarına göre akma anında 14 farklı deprem sonuçlarının kolon veya kiriş kesitinde mutlaka donatıda akma meydana geldiği, göçme anında donatının minimum hasar sınırını aştığı ve depremlerin genelinde betonda GV sınırının aşıldığı görülmüştür. Göçme öncesi anında IDA eğrisi eğimi %20'ye kadar düşmemiş ve ortalama %40 olarak hesaplanmıştır. Mantolanan için Bölüm1.1.10 (Cornell v.d.)'a göre; IDA eğrisinden elde edilen akma ve göçme sonuçlarına göre akma anında 14 farklı deprem sonuçlarının kolon veya kiriş kesitlerinde her zaman donatıda (S220 – S420) akma meydana getirmektedir. göçme anında ise genel olarak tüm elemanlarda minimum hasar sınırının aşıldığı ve çekirdek bölgesindeki C12 betonunda ezilmeler oluştuğu görülmüştür. İlgili çalışmada, Bölüm1.1.10(Cornell vd,2001) göçme için verilen eğim sınırı %20'dir. Ancak bu yapıda bu değeri ortalama %36 olarak hesaplanmıştır. Perde ile güçlendirilen binada ise bu oran %10'dur. IDA eğrisinden elde edilen sonuçlara göre akma anında tüm depremlerin kolon veya kiriş kesitinde mutlaka donatıda (S220 – S420) akma meydana getirdiği, göçme anında ise genel olarak tüm elemanlarda minimum hasar sınırının aşıldığı ve çekirdek bölgesindeki C12 betonunda ezilmeler oluştuğu görülmüştür.
- Bölüm1.1.1(Erberik ve Elnashai,2004)'e göre elde edilen sonuçlarda Hemen Kullanım performans seviyesinin aşılma olasılığı Mevcut Binada %93, Mantolanan Bina %46, ve Perde ile Güçlendirilen binada %71 olarak bulunmuştur. Can Güvenliği performans seviyesinin aşılma olasılığı sırasıyla %73, %37, %36, Göçmenin Önlenmesi performans seviyesinin aşılma olasılığı sırasıyla %67, %31, %25'dir.
- Bölüm1.1.2(Rosetta ve Elnashai,2003)'ye göre sonuçlarda Hemen Kullanım'da Mevcut Bina %93, Mantolanan Bina %46, Perde ile Güçlendirilen binada %75 olarak

bulunmuştur. Can Güvenliği performans seviyesinin aşılma olasılığı sırasıyla %79, %36, %63, Göçmenin Önlenmesi performans seviyesinin aşılma olasılığı sırasıyla %60, %5,2, %28'dir.

- Bölüm 1.1.10 (Cornell vd,2001)'a göre elde edilen sonuçlarda Hemen Kullanım performans seviyesinin aşılma olasılığı Mevcut Binada %60, Mantolanan Bina %45, Perde ile Güçlendirilen %65 olarak bulunmuştur. Göçmenin Önlenmesi performans seviyesinin aşılma olasılığı sırasıyla %47, %1,3, %36'dur.
- G.K.Ö değerlerinin Bölümler arası değeri ve hasar seviyesi aralık bölgesine bakıldığında, Mevcut Bina için Bölüm 1.1.10 ile Bölüm 1.1.1-2 karşılaştırılmış; 1.1.10'da akma G.K.Ö değerlerinin Bölüm 1.1.1'e göre Hemen Kullanım ve Can Güvenliği seviyesi arasında, Bölüm 1.1.2'ye göre Can Güvenliği ile Ağır Hasar seviyesi arasında yer bulmuştur. Göçme G.K.Ö değerlerinin Bölüm 1.1.1 ve Bölüm 1.1.2'ye göre Göçmenin Önlenmesi ve Göçme seviyesi arasında yer bulmuştur.
- G.K.Ö değerlerinin Bölümler arası değeri ve hasar seviyesi aralık bölgesine bakıldığında, Mantolanan Bina için Bölüm 1.1.10 ile Bölüm 1.1.1-2 karşılaştırılmış; 1.1.10'da akma G.K.Ö değerlerinin Bölüm 1.1.1'e göre Hemen Kullanım ve Can Güvenliği seviyesi arasında, Bölüm 1.2'ye göre Can Güvenliği ile Ağır Hasar seviyesi arasında yer bulmuş, Göçme G.K.Ö değerlerinin Bölüm 1.1.1 ve Bölüm 1.1.2'ye göre Göçmenin Önlenmesi ve Göçme seviyesi arasında yer bulmuştur.
- G.K.Ö değerlerinin Bölümler arası değeri ve hasar seviyesi aralık bölgesine bakıldığında, Perde ile Güçlendirilen Bina için Bölüm 1.1.10 ile Bölüm 1.1.1-2 karşılaştırılmış; 1.1.10'da akma G.K.Ö değerlerinin Bölüm 1.1.1 ve Bölüm 1.1.2'ye göre Hemen Kullanım ve Can Güvenliği seviyesi arasında, yer bulmuş, Göçme G.K.Ö değerlerinin Bölüm 1.1.1 ve Bölüm 1.1.2'ye göre Ağır Hasar ve Göçmenin Önlenmesi seviyesi arasında yer bulmuştur.
- Çizelgelerden görüldüğü gibi, her iki güçlendirme yöntemi de hasar olasılığını önemli ölçüde azaltmaktadır. Kolonların mantolanması, gözönüne alınan tüm hasar sınıflandırmaları için hasar olasılığını azaltmada en etkin yöntemdir. Bunun nedeninin temel olarak güçlü kolon zayıf kiriş davranışı olduğu düşünülmektedir. Ancak; Lokal hasar kriterleri kullanıldığında hasar olasılığında böylesine önemli bir azalma sadece

Göçmenin Önlenmesi performans seviyesinde görülmektedir. Hemen Kullanım ve Can Güvenliği performans seviyeleri için olasılıktaki düşüş, her iki güçlendirme yönteminde yakındır.

- Bununla birlikte, farklı performans seviyelerinde bazı farklılıklar gözlenmiştir. Örneğin, perde ile güçlendirilen binanın Can Güvenliği performans seviyesini aşma olasılığı, lokal kesit hasarlarına karşılık gelen hasar sınırlarının kullanılması durumunda Bölüm1.1.1(Erberik ve Elnashai,2004)oldukça düşüktür. Aksine global hasar sınırları kullanıldığında, Göçmenin Önlenmesi performans seviyesinin aşılma olasılığı mantolanan binada daha düşüktür.
- IDA eğrileri ile elde edilen analitik göçme durumuna ulaşma olasılığı ile global ve lokal hasar kriterleriyle belirlenen göçmenin önlenmesi performans seviyesinin aşılma olasılığı arasında makul bir fark vardır (perde ile güçlendirilen bina hariç). IDA ile belirlenen göçme durumuna ulaşma ihtimali, perde ile güçlendirilmiş binanın göçmenin önlenmesi seviyesine göre daha yüksektir. Bu sonuç, bu çalışmada göçmenin önlenmesi performans seviyesi için kullanılan lokal ve global sınırların analitik sonuç ile tutarlı olmadığını göstermektedir. Bununla birlikte, analitik göçme olasılığı için mantolanan ile mevcut bina için global ve lokal ölçütlerle belirlenen göçmenin önlenmesi olasılığı arasında makul bir fark vardır.
- Lokal, global ve analitik hasar kriterleri kullanılarak belirlenen hemen kullanım performans seviyesinin aşılma olasılığı, mantolanan bina için aynıdır. Diğer 2 bina için, IDA ile elde edilen akmaya ulaşma olasılığı ile hemen kullanım için elde edilen sonuç arasında makul bir fark vardır.
- Hasar olasılığındaki bu farklılıklar, hasar olasılığının belirlenmesinde kullanılan hasar kriterlerinin ve karşılık gelen sınırların önemini, buna bağlı olarak kullanılacak limit durum ve performans seviyelerinin seçiminin önemini ortaya koymaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] TSE 500/T2, (2002). Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları, TSE, 1. Baskı, İstanbul.
- [2] TSE 498/T1, (1997). Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesabı.
- [3] Ay B.Ö. ve Erberik, M.A., (2010). "Vulnerability of Turkish Low-Rise and Mid-Rise Reinforced Concrete Frame Structures" Journal of Earthquake Engineering, 12(2):2-11.
- [4] Kirçil M.S. ve Polat Z., (2006) "Fragility Analysis of R/C Frame Buildings" Engineering Structures, 28:1335–1345.
- [5] Borekci, M., Kirçil M.S., (2011) "Fragility Analysis of R/C Frame Buildings Based on Different Types of Hysteretic Model" Structural Eng. & Mechanics, 39(6):795 – 812.
- [6] Martins L., Silva V., Marques M., Crowley H. ve Delgado, R. (2016) "Development and Assessment of Damage-to-Loss Models for Moment-Frame Reinforced Concrete Buildings" Earthquake Engineering & Structural Dynamics, 45(5):797-817.
- [7] Akkar S. ve Sucuoglu, A., (2005) "Displacement-Based Fragility Functions for Low- and Mid-rise Ordinary Concrete Buildings" Earthquake Spectra, 21(4):901-927.
- [8] Langa K. ve Bachmann, H., (2004) "On the Seismic Vulnerability of Existing Buildings, A Case Study of the City of Basel" Earthquake Spectra, 20(1):43–66.
- [9] Kazantzi A.K., Righiniotis, T.D., Chryssanthopoulos ve M.K. (2011) "A Simplified Fragility Methodology for Regular Steel MRFs" J. Str. Eng., 15:390–403.
- [10] Ji J., Kuchma A.D. ve Elnashai A.S., (2009) "Seismic Fragility Relationship of Reinforced Concrete High-Rise Buildings" The Structural Design Tall and Special

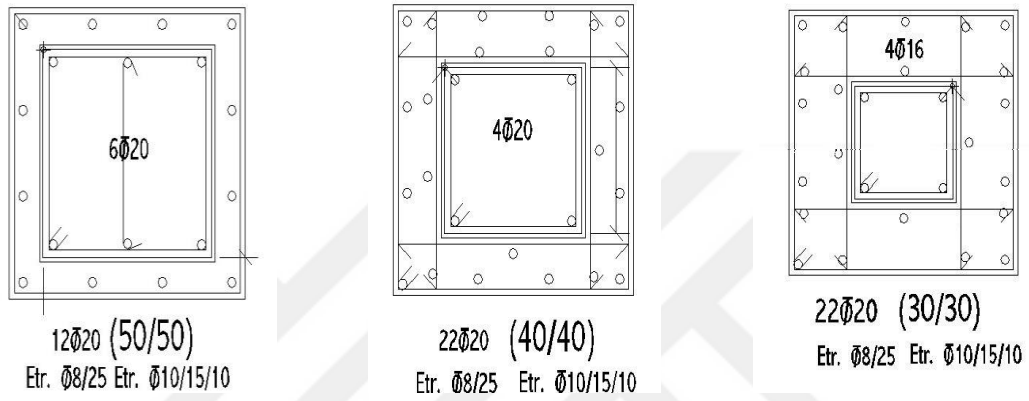
Buildings, 18:259-277.

- [11] Ellingwood B.R., Celik O.C. ve Kinali K.,(2007) "Fragility Assessment of Building Structural Systems in Mid-America" *Earthq. Eng. and Structural Dyn.*, 36:1935–1952.
- [12] Pasticier L., Amadio C. ve Fragiaco M.,(2008) "Non-linear Seismic Analysis and Vulnerability Evaluation of a Masonry Building by Means of the SAP2000 V.10 Code" *Earthquake Engineering and Struct. Dyn.* 37:467-485.
- [13] Inel M. ve Ozmen H.B., (2008) "Seismic Performance Evaluation of School Buildings in Turkey" *Structural Engineering & Mechanics*, 30(5):535-558.
- [14] Senel S.M. ve Kayhan A.H., (2010) "Fragility Based Damage Assessment in Existing Precast Industrial Buildings: A Case Study for Turkey" *Structural Engineering & Mechanics*, 34(1):39-60.
- [15] Silva V., Crowley H., V. Humberto, Pinho R. ve Sousa, L., (2015) "Investigation of the Characteristics of Portuguese Regular Moment-Frame RC Buildings and Development of a Vulnerability Model" *Bulletin of Earthquake Engineering*, 13(5):1455-1490.
- [16] Jeong S.H., Mwafy A.M. ve Elnashai A.S.,(2012) "Probabilistic Seismic Performance Assessment of Code-Compliant Multi-Story RC Buildings" *Engineering Structures*, 34:527–537.
- [17] Casotto C., Silva V., Crowley H., Nascimbene R. ve Pinho R.,(2015)"Seismic Fragility of Italian RC Precast Industrial Structures" *Engineering Structures*, 94 :122–136.
- [18] Hueste M.B.D. ve Bai, J.W., (2007) "Seismic Retrofit of a Reinforced Concrete Flat-Slab Structure Art II-Seismic Fragility Analysis" *Engineering Structures*, 29 :1178–1188.
- [19] Shinozuka M. ve Feng M.Q., Lee J. ve Naganuma T., (2000)"Statistical Analysis of Fragility Curves", *Journal of Engineering Mechanics*, 126(12):0733-9399.
- [20] Ucar T. ve Duzgun M., (2000)"Fragility Curves of RC Concrete Structures Based on Incremental Pushover Analysis", *Teknik Dergi*, 124(3):6421-6446.
- [21] Ministry of Public Works and Settlement, (2007) "Specifications for Building to be Built In Seismic Zones"
- [22] Rosetto T. ve Elnashai,(2003) "Derivation of Vulnerability Functions for European-Type RC Structures Based on Observational Data", *Engineering Structures*, 25(10):1241-1263.
- [23] Vamvatsikos, D., Cornell, C.A., (2001) "Incremental Dynamic Analysis", *Earthquake Engineering and Struct. Dyn.* 31(3):491-514.
- [24] Seismostruct Finite Element Analysis of Structures,
- [25] Jeong, S. and Elnashai, S.A., (2007)"Probabilistic Fragility Analysis

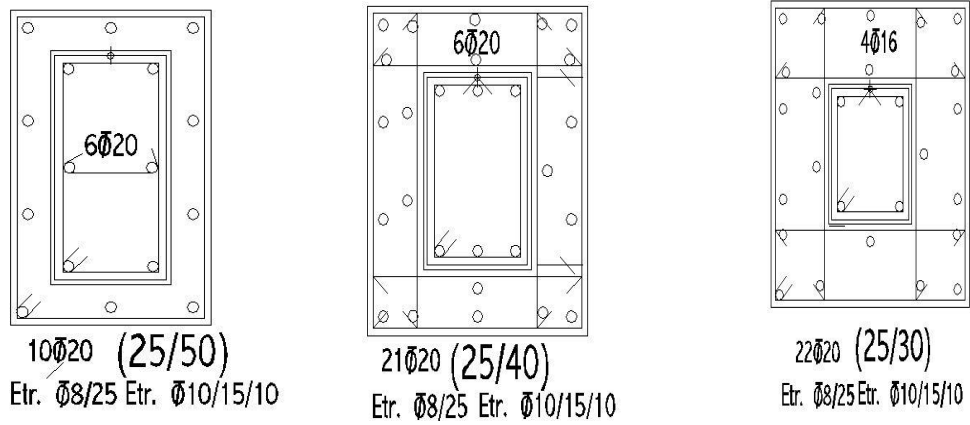
Parameterized by Fundamental Response Quantities”, Engineering Structures, 29(6):1238-1251

- [26] Jeong, S., Elnashai, S.A., (2007) “Fragility Relationships for Torsionally-Imbalanced Buildings Using Threedimensional Damage Characterization”, Engineering Structures, 29(9):2172-2182.
- [27] Seismosignal Process on Strong Motion Earthquake Data,
- [28] Erberik M. ve Elnashai A., (2004) “Fragility Analysis of Flat-slab Structures” Engineering Structures, 26:937–948.
- [29] Rosetto T. ve Elnashai A., (2005) “A New Analytical Procedure for the Derivation of Displacement Based Vulnerability Curves for Populations of RC Structures” Engineering Structures, 27:397–409.
- [30] Kwou O. ve Elnashai A.,(2006)“The Effect of Material and Ground Motion Uncertainty on the Seismic Vulnerability Curves of RC Structures” Engineering Structures, 28:289–303.

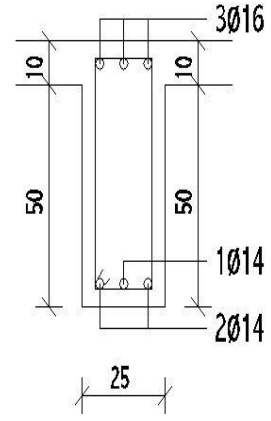
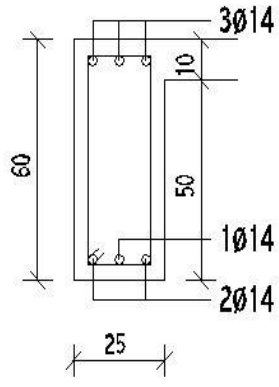
BİNALARIN TAŞIYICI SİSTEM DETAYLARI



Şekil A.1 Mantolanan kolon kesitleri (köşe ve orta bölge kolonlar)



Şekil A.2 Mantolanan kolon kesitleri (kenar bölge kolonlar)



Şekil A.3 Örnek kiriş kesitleri

TÜM BİNA TİPLERİ İÇİN KAYDEDİLEN SAE VE G.K.Ö DEĞERLERİ

Çizelge B.1 Bölüm 1.1.10 (Cornell vd, 2001)'a göre

G.K.Ö ve Sae sonuçları (Mevcut Bina)

	G.K.Ö. (%)	
	AKMA	GÖÇME
Coalinga-01	0.6	3.3
Coalinga-02	0.5	3.5
Düzce	0.6	2.7
Friuli, Italy-01	0.9	3.3
Friuli, Italy-02	2.7	3.1
Kocaeli, Ereğli01	0.6	2.9
Kocaeli, Ereğli02	0.5	2.4
Kocaeli, Tekirdağ01	0.6	2.4
Kocaeli, Tekirdağ02	1.6	3.7
Landers	0.4	2.9
Loma Prieta	0.6	2.9
Northridge	0	3.5
San Fernando	0.6	2.8
Imperial Valley	1	3.5

	Sae (g)	
	AKMA	GÖÇME
Coalinga-01	0.1	0.4
Coalinga-02	0.15	0.95
Düzce	0.15	0.3
Friuli, Italy-01	0.15	0.4
Friuli, Italy-02	0.5	0.65
Kocaeli, Ereğli01	0.1	0.4
Kocaeli, Ereğli02	0.1	0.3
Kocaeli, Tekirdağ01	0.1	0.3
Kocaeli, Tekirdağ02	0.15	0.2
Landers	0.0125	0.031
Loma Prieta	0.15	0.65
Northridge	0	0.0125
San Fernando	0.15	0.4
Imperial Valley	0.1	0.3

Çizelge B.2 Bölüm1.1.10(Cornell vd,2001)'a göre

G.K.Ö ve Sae sonuçları (Mantolanan Bina)

	G.K.Ö. (%)	
	AKMA	GÖÇME
Coalinga-01	0.79	4.4
Coalinga-02	0.47	4.1
Düzce	0.1	0.85
Friuli, Italy-01	0.46	3.85
Friuli, Italy-02	0.4	4.33
Kocaeli, Ereğli01	0.53	2.15
Kocaeli, Ereğli02	0.75	3.84
Kocaeli, Tekirdağ01	0.75	0.71
Kocaeli, Tekirdağ02	0.62	3.25
Landers	0.35	4.49
Loma Prieta	0.35	1.03
Northridge	0.52	4.8
San Fernando	0.11	4.5
Imperial Valley	3.2	1.916

	Sae (g)	
	AKMA	GÖÇME
Coalinga-01	1.5	7
Coalinga-02	1.1	4
Düzce	0.4	2
Friuli, Italy-01	1.1	5
Friuli, Italy-02	1.25	6
Kocaeli, Ereğli01	1.15	4
Kocaeli, Ereğli02	1.5	6
Kocaeli, Tekirdağ01	3	7
Kocaeli, Tekirdağ02	1.75	7
Landers	0.3	2
Loma Prieta	0.8	5
Northridge	0.15	1.25
San Fernando	0.3	6
Imperial Valley	1.2	7

Çizelge B.3 Bölüm1.1.10(Cornell vd,2001)'a göre

G.K.Ö ve Sae sonuçları (Perde ile Güç. Bina)

	G.K.Ö. (%)	
	AKMA	GÖÇME
Coalinga-01	0.16	1.9
Coalinga-02	0.19	1.83
Düzce	0.11	2.04
Friuli, Italy-01	0.29	1.14
Friuli, Italy-02	0.29	1.77
Kocaeli, Ereğli01	0.66	2.06
Kocaeli, Ereğli02	0.44	4.3
Kocaeli, Tekirdağ01	0.34	3.05
Kocaeli, Tekirdağ02	0.34	1.62
Landers	0.34	1.35
Loma Prieta	0.09	1.72
Northridge	0.007	4.72
San Fernando	0.11	1.87
Imperial Valley	0.64	1.14

	Sae (g)	
	AKMA	GÖÇME
Coalinga-01	0.3	0.8
Coalinga-02	0.5	1.75
Düzce	0.3	1.25
Friuli, Italy-01	0.4	2
Friuli, Italy-02	0.8	4
Kocaeli, Ereğli01	0.95	3
Kocaeli, Ereğli02	0.65	2
Kocaeli, Tekirdağ01	1.75	7
Kocaeli, Tekirdağ02	0.65	3
Landers	0.05	0.4
Loma Prieta	0.3	1.75
Northridge	0.05	0.65
San Fernando	0.3	2
Imperial Valley	1.2	2

Çizelge B.4 Bölüm1.1.1(Erberik ve Elnashai,2004)'e göre

Sae sonuçları (Mevcut Bina)

İLK HAL	HEMEN KULLANIM	CAN GÜVENLİĞİ	AĞIR HASAR	GÖÇME ÖNCESİ	GÖÇME
COALINGA01	0.0328	0.141	-	0.4	0.65
COALINGA02	0.069	0.372	-	0.618	1.1
FRUITALY01	0.031	0.185	-	0.338	0.65
FRUITALY02	0.0535	0.288	-	0.49	0.95
KOCAELİEREĞLİ01	0.033	0.195	-	0.378	0.5
KOCAELİEREĞLİ02	0.0378	0.186	-	0.332	0.65
KOCAELİTEKİRDAĞ01	0.0435	0.187	-	0.328	0.5
KOCAELİTEKİRDAĞ02	0.0273	0.145	-	0.18	0.4
LANDERS	0.0062	0.023	-	0.038	0.05
LOMAPRIETA	0.0462	0.245	-	0.45	0.8
NORTHRIDGE	0.001	0.01	-	0.03	0.019
SANFERNANDO	0.036	0.198	-	0.395	1
DÜZCE	0.054	0.248	-	0.4	0.5
IMPERIALVALLEY	0.0398	0.168	-	0.204	0.5

Çizelge B.5 Bölüm1.1.1(Erberik ve Elnashai,2004)'e göre

Sae sonuçları (Mantolanan Bina)

MANTO İLE GÜÇLENDİRME	HEMEN KULLANIM	CAN GÜVENLİĞİ	AĞIR HASAR	GÖÇME ÖNCESİ	GÖÇME
COALINGA01	0.508	1.119	-	8.42	9
COALINGA02	0.525	1.14	-	-	5
FRUITALY01	0.455	1.135	-	-	6
FRUITALY02	0.547	1.773	-	-	8
KOCAELİEREĞLİ01	0.488	1.223	5.8	-	9
KOCAELİEREĞLİ02	0.548	1.218	5.9	-	7
KOCAELİTEKİRDAĞ01	0.637	1.535	7	-	7
KOCAELİTEKİRDAĞ02	0.574	1.565	7.98	-	8
LANDERS	0.156	0.427	1.7	2.1	2.5
LOMAPRIETA	0.445	1.035	4.45	-	6
NORTHRIDGE	0.063	0.157	0.92	-	1.3
SANFERNANDO	0.37	0.804	5	6.8	7
DÜZCE	0.665	1.577	4.46	-	5
IMPERIALVALLEY	0.087	0.195	1.35	2.2	8

Çizelge B.6 Bölüm1.1.1(Erberik ve Elnashai,2004)'e göre

Sae sonuçları (Perde ile Güç. Bina)

PERDE İLE GÜÇLENDİRME	HEMEN KULLANIM	CAN GÜVENLİĞİ	AĞIR HASAR	GÖÇME ÖNCESİ	GÖÇME
COALINGA01	0.321	1	-	-	2.5
COALINGA02	0.508	1.2	-	1.8	2
FRUITALY01	0.102	1.3	-	2	2.25
FRUITALY02	0.584	2.25	-	4.8	5
KOCAELİEREĞLİ01	0.193	1.3	-	4	4
KOCAELİEREĞLİ02	0.385	0.9	-	1.95	2.25
KOCAELİTEKİRDAĞ01	0.447	1.8	-	7.2	8
KOCAELİTEKİRDAĞ02	0.376	1.4	-	3.9	4
LANDERS	0.097	0.25	-	-	0.425
LOMAPRIETA	0.42	1.05	-	2.4	2.5
NORTHRIDGE	0.08	0.4	-	0.7	0.8
SANFERNANDO	0.37	1.25	-	2.2	3.35
DÜZCE	0.375	1.1	-	-	1.275
IMPERIALVALLEY	0.16	1.3	-	2.1	3

Çizelge Ek-B.7 Bölüm1.1.1(Erberik ve Elnashai,2004)'e göre

G.K.Ö sonuçlarının ortalaması

	GÖRELİ KAT ÖTELEMESİ SINIRLARI (%)				
	HEMEN KULLANIM	CAN GÜVENLİĞİ	AĞIR HASAR	GÖÇMENİN ÖNLENMESİ	GÖÇME
İLK HAL	0.2	1.5	-	2.7	5.4
MANTO İLE GÜÇLENDİRME	0.33	1.8	3.7	6.6	7.1
PERDE İLE GÜÇLENDİRME	0.2	0.9	-	3.3	5.5

Çizelge B.8 Bölüm1.1.2(Rosetta ve Elnashai,2003)'e göre Sae sonuçları (Mevcut Bina)

İLK HAL	KESİNTİSİZ KULLANIM	HEMEN KULLANIM	CAN GÜVENLİĞİ	AĞIR HASAR	GÖÇMENİN ÖNLENMESİ	GÖÇME
COALINGA01	0.0216	0.0316	0.141	0.185	0.4	0.65
COALINGA02	0.0462	0.0658	0.16	0.381	0.907	1.1
FRUITALY01	0.0212	0.031	0.097	0.187	0.401	0.65
FRUITALY02	0.0355	0.0513	0.133	0.295	0.822	0.95
KOCAELİEREĞLİ01	0.0215	0.0315	0.09	0.199	0.436	0.5
KOCAELİEREĞLİ02	0.0258	0.0378	0.11	0.188	0.388	0.65
KOCAELİTEKİRDAĞ01	0.0291	0.0416	0.93	0.189	0.376	0.5
KOCAELİTEKİRDAĞ02	0.0178	0.026	0.064	0.1448	0.193	0.4
LANDERS	0.004	0.006	0.015	0.022	0.038	0.05
LOMAPRIETA	0.0296	0.0438	0.128	0.246	0.695	0.8
NORTHRIDGE	0.001	0.001	0.002	0.006	0.012	0.019
SANFERNANDO	0.0236	0.0344	0.089	0.182	0.421	1
DÜZCE	0.036	0.0517	0.141	0.305	0.452	0.5
IMPERIALVALLEY	0.0262	0.0379	0.097	0.168	0.239	0.5

Çizelge B.9 Bölüm1.1.2(Rosetta ve Elnashai,2003)'e göre

Sae sonuçları (Mantolanan Bina)

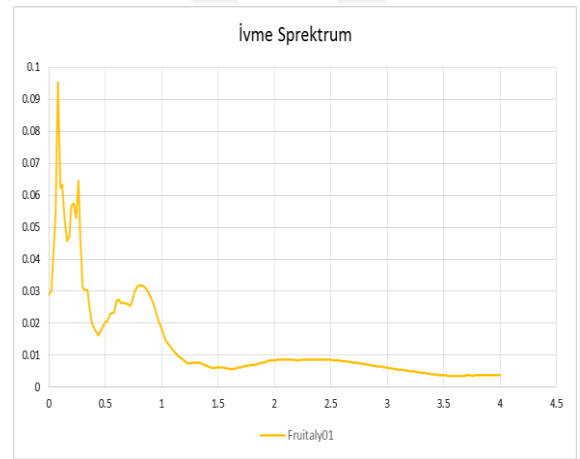
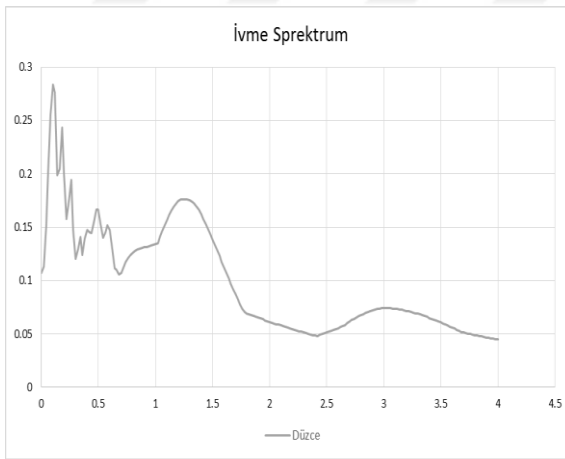
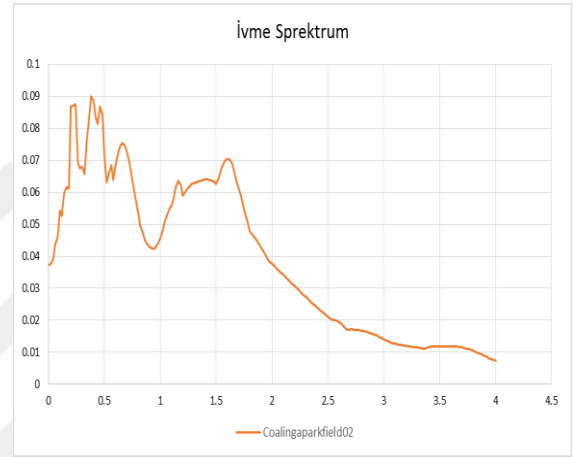
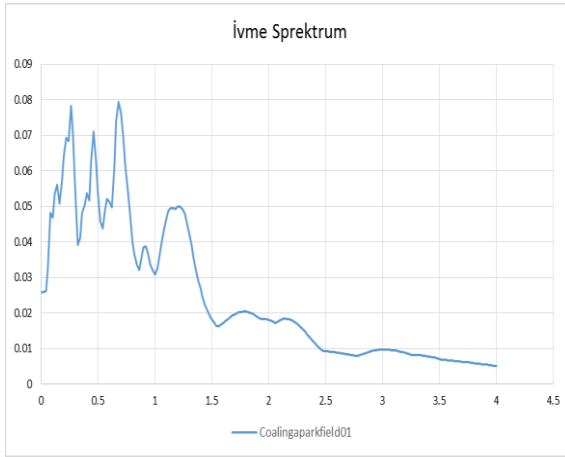
MANTO İLE GÜÇLENDİRME	KESİNTİSİZ KULLANIM	HEMEN KULLANIM	CAN GÜVENLİĞİ	AĞIR HASAR	GÖÇMENİN ÖNLENMESİ	GÖÇME
COALINGA01	0.436	0.508	1.119	2.28	3.95	9
COALINGA02	0.386	0.525	1.14	2.08	3.4	5
FRUITALY01	0.335	0.455	1.135	2.61	4.49	6
FRUITALY02	0.369	0.547	1.773	3.97	6.5	8
KOCAELİEREĞLİ01	0.365	0.488	1.223	3.78	5.63	9
KOCAELİEREĞLİ02	0.417	0.548	1.218	2.52	4.85	7
KOCAELİTEKİRDAĞ01	0.476	0.637	1.535	3.99	6.43	7
KOCAELİTEKİRDAĞ02	0.424	0.574	1.565	3.77	7.18	8
LANDERS	0.103	0.156	0.427	0.93	1.59	2.5
LOMAPRIETA	0.33	0.445	1.035	2.3	4.06	6
NORTHRIDGE	0.047	0.063	0.157	0.43	0.8	1.3
SANFERNANDO	0.218	0.37	0.804	2.36	4.58	7
DÜZCE	0.497	0.665	1.577	2.17	4.2	5
IMPERIALVALLEY	0.072	0.087	0.195	0.67	1.23	8

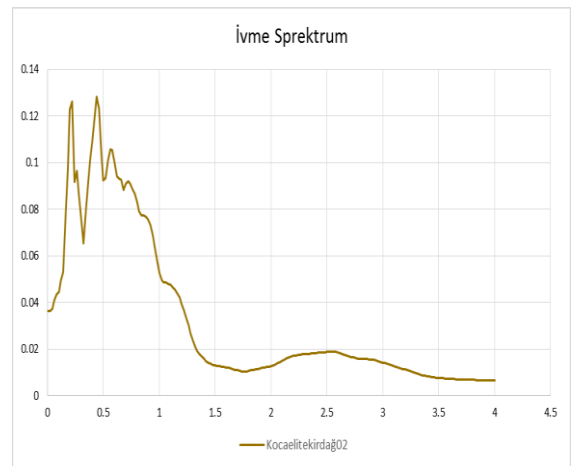
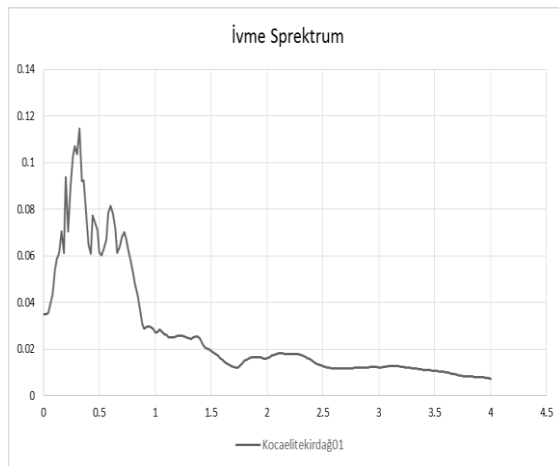
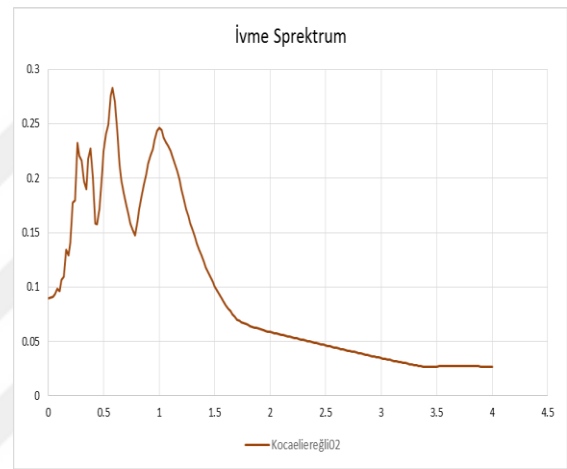
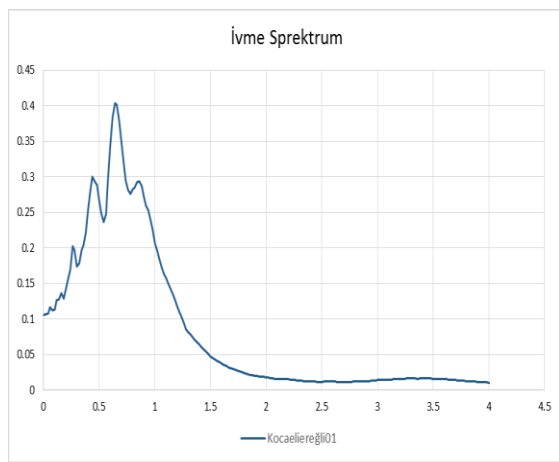
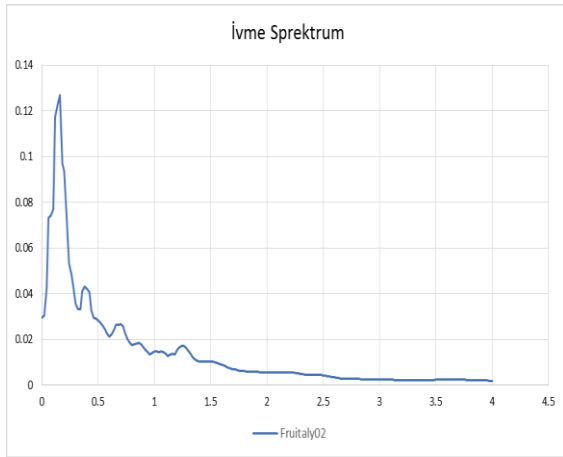
Çizelge B.10 Bölüm1.1.2(Rosetta ve Elnashai,2003)'e göre

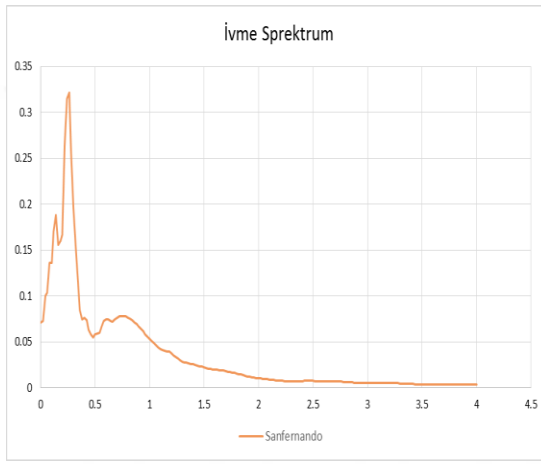
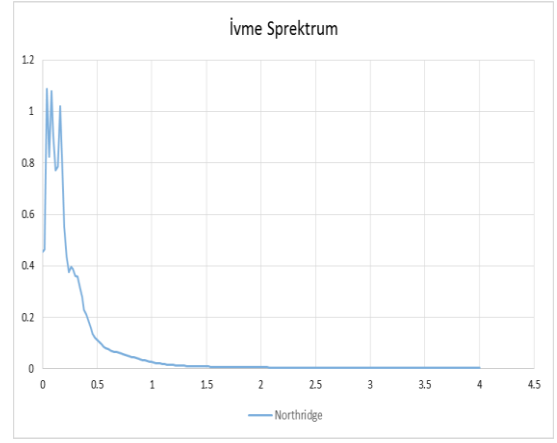
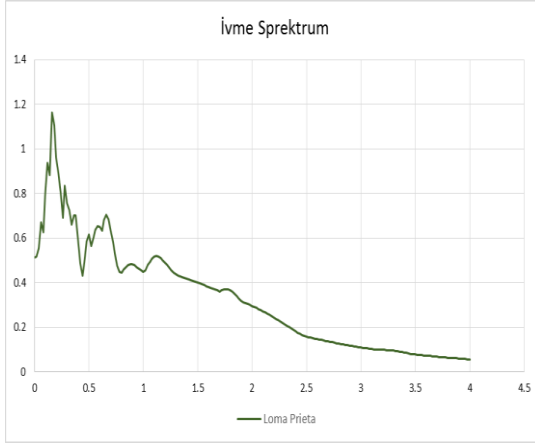
Sae sonuçları (Perde ile Güç. Bina)

PERDE İLE GÜÇLENDİRME	KESİNTİSİZ KULLANIM	HEMEN KULLANIM	CAN GÜVENLİĞİ	AĞIR HASAR	GÖÇMENİN ÖNLENMESİ	GÖÇME
COALINGA01	0.208	0.315	0.53	1.47	2.5	2.5
COALINGA02	0.389	0.496	0.805	1.66	1.83	2
FRUITALY01	0.205	0.232	0.57	2.01	2.05	2.25
FRUITALY02	0.183	0.193	1.35	3.82	4.63	5
KOCAELİEREĞLİ01	0.123	0.19	0.65	2.18	3.9	4
KOCAELİEREĞLİ02	0.302	0.373	0.72	1.6	1.92	2.25
KOCAELİTEKİRDAĞ01	0.329	0.433	1.26	3.94	7.26	8
KOCAELİTEKİRDAĞ02	0.209	0.356	0.88	3.02	3.79	4
LANDERS	0.05	0.098	0.215	0.42	0.425	0.425
LOMAPRIETA	0.345	0.407	0.78	1.65	2.37	2.5
NORTHRIDGE	0.067	0.079	0.125	0.53	0.58	0.8
SANFERNANDO	0.318	0.362	0.685	1.88	2.18	3.35
DÜZCE	0.32	0.366	0.735	1.14	1.2	1.27
IMPERIALVALLEY	0.14	0.258	1.1	1.96	2.06	3

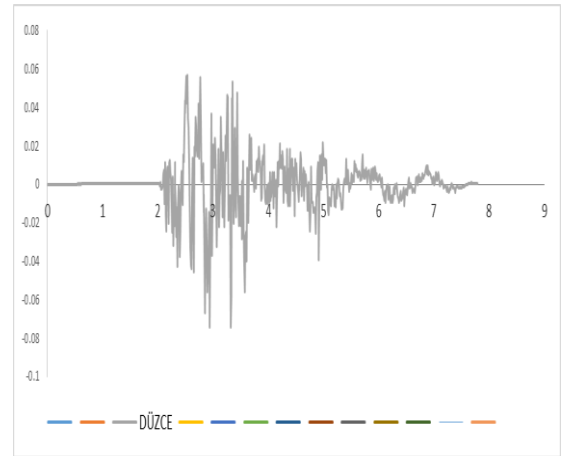
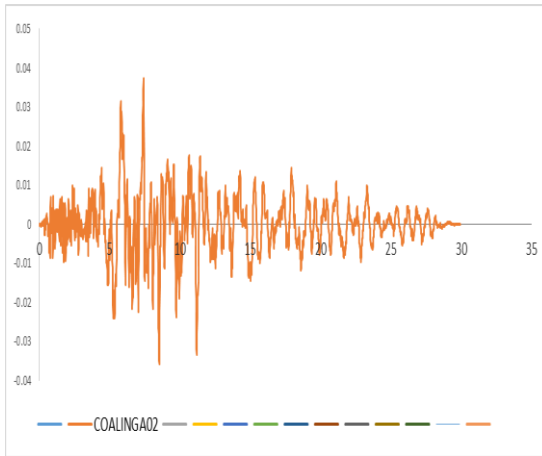
YER HAREKETLERİ

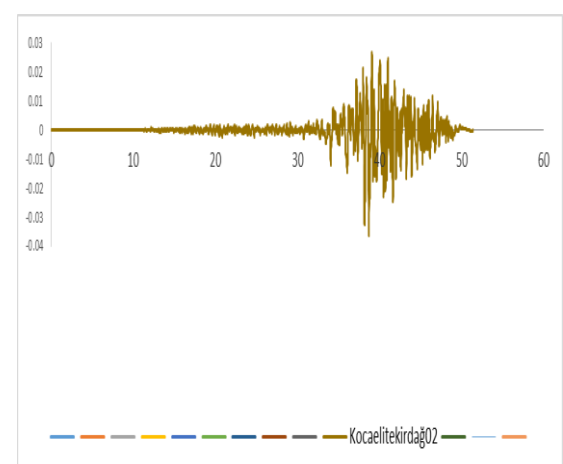
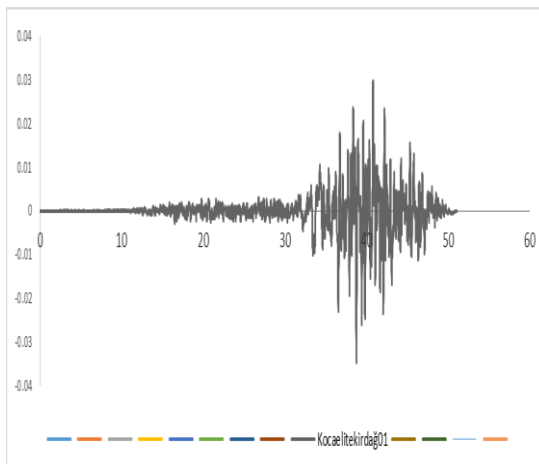
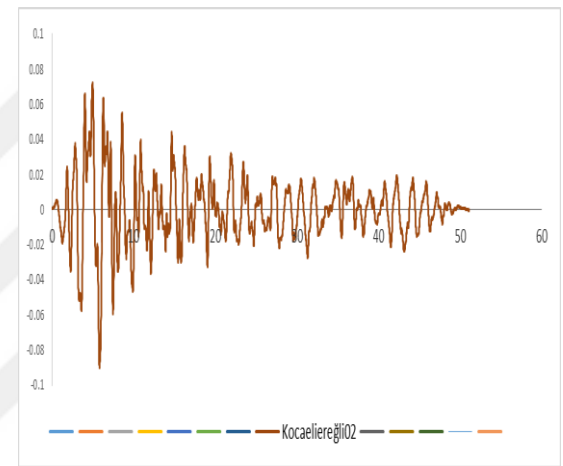
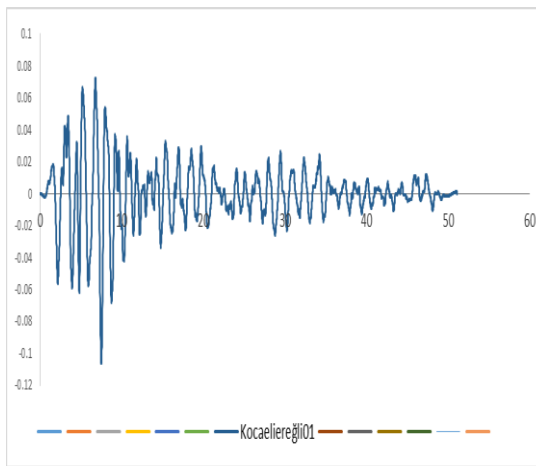
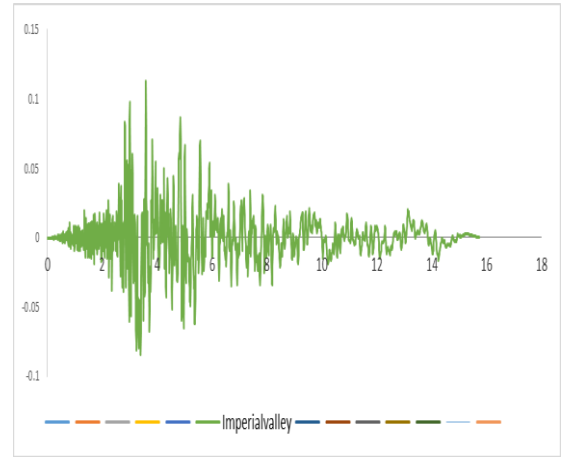
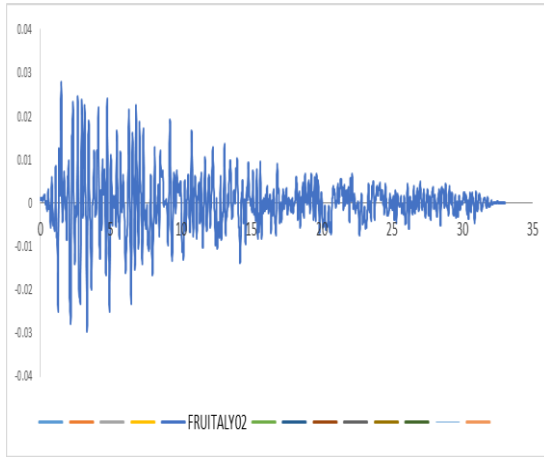


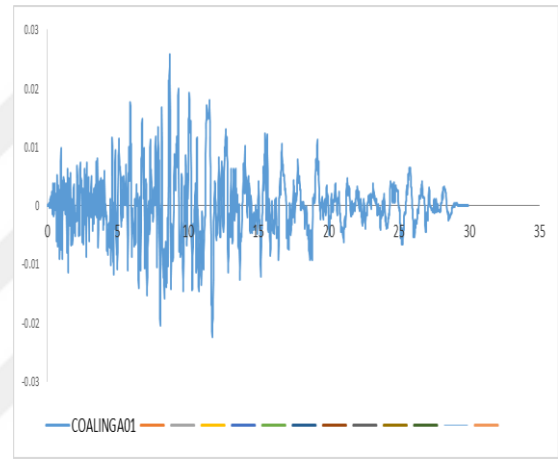
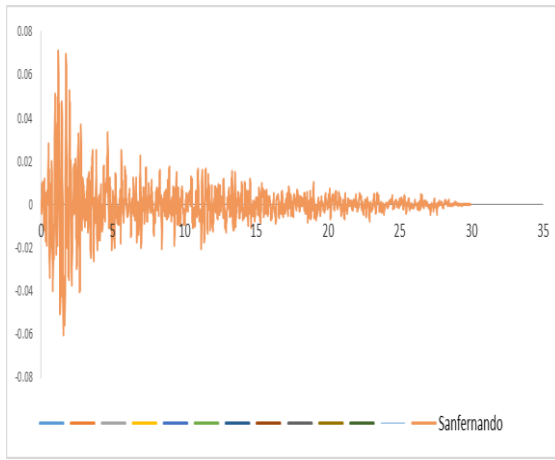
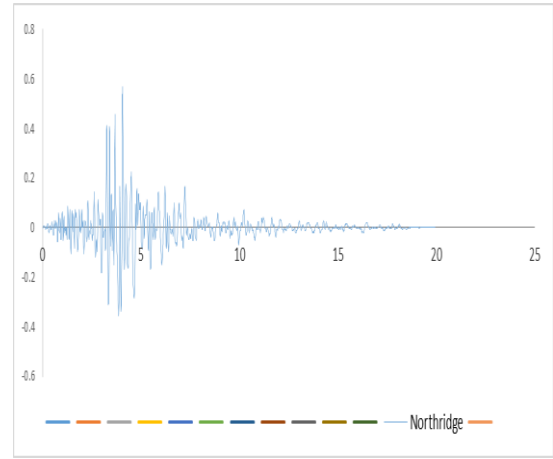
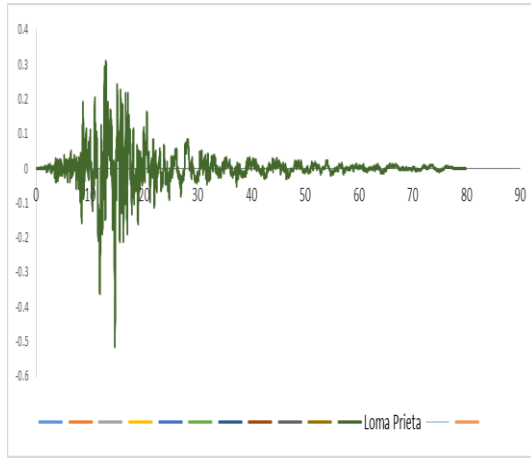




Şekil C.1 14 adet spektral ivme-zaman grafikleri

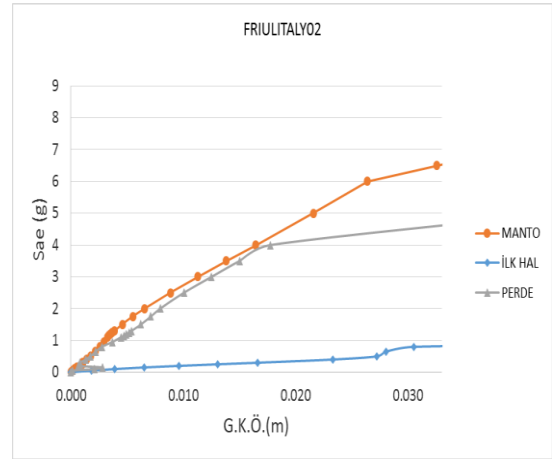
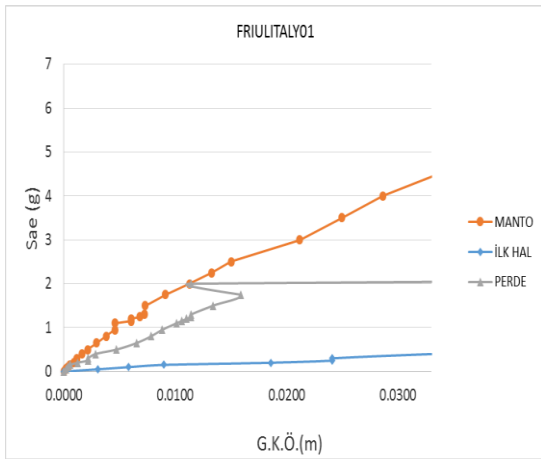
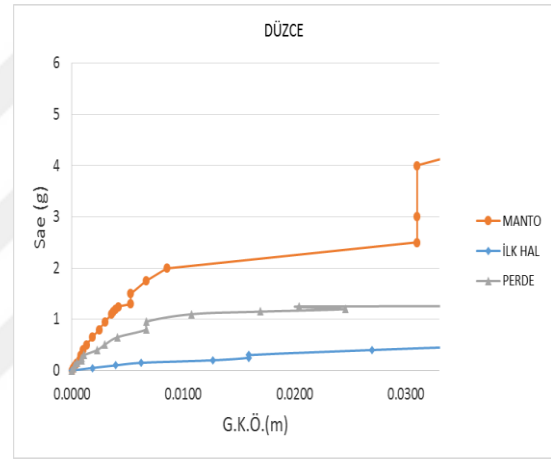
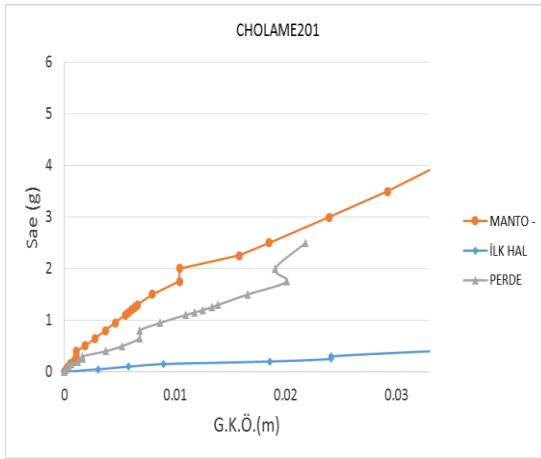


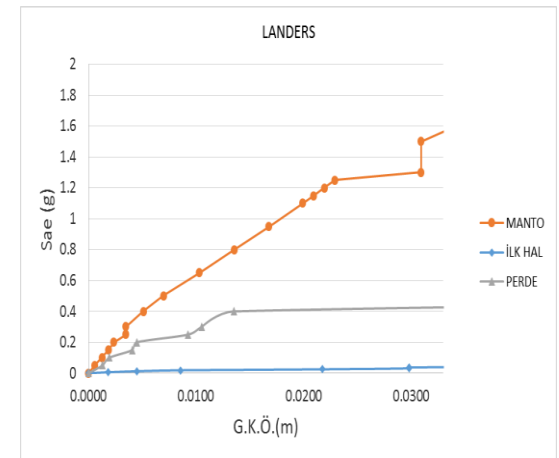
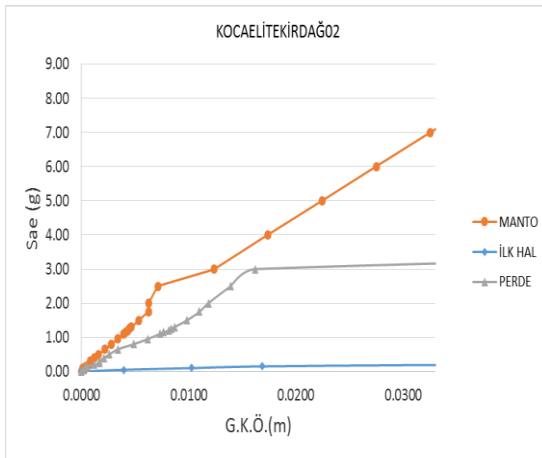
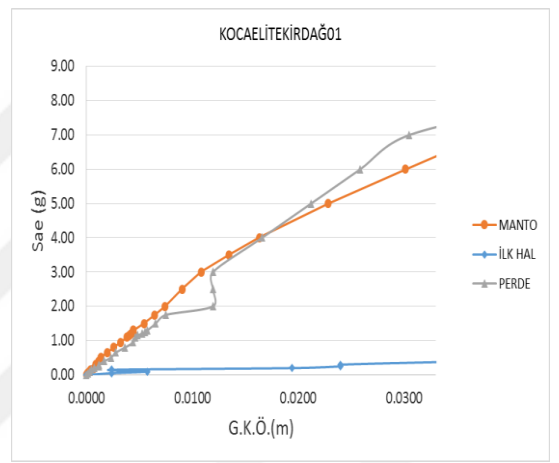
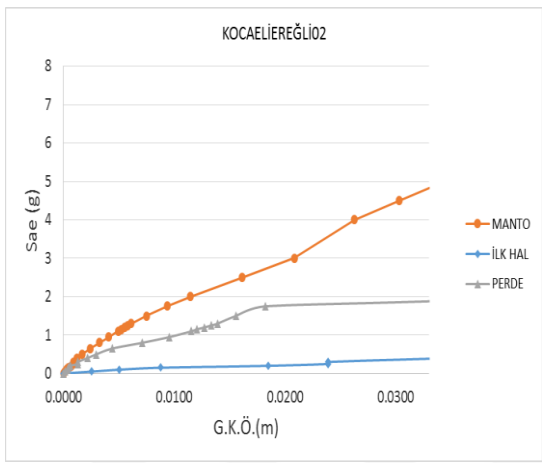
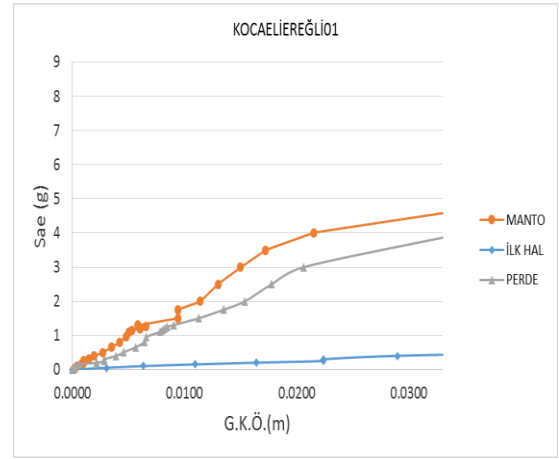
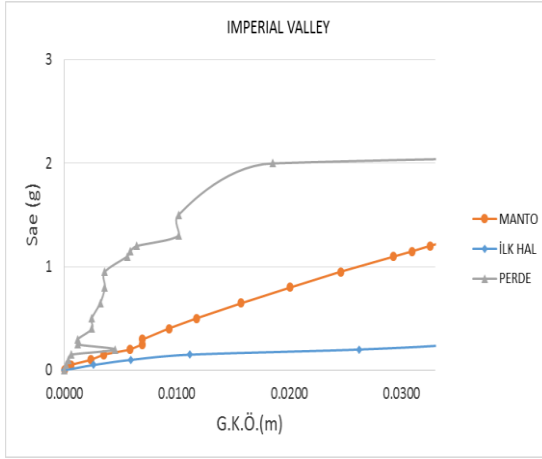


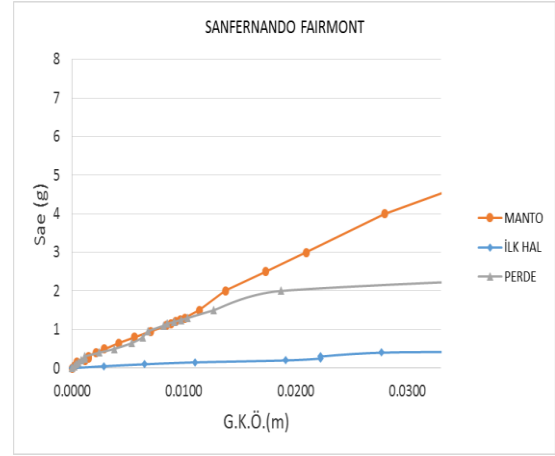
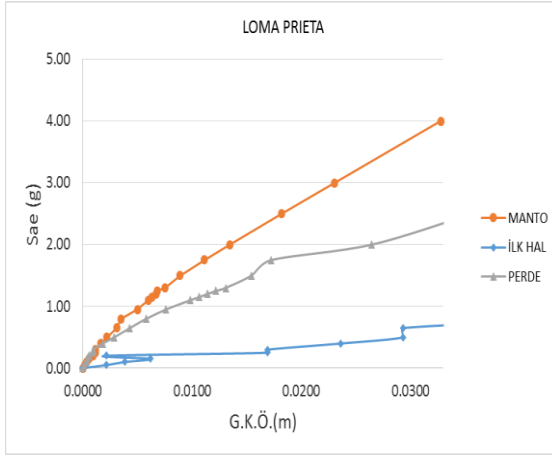


Şekil C.2 14 Adet ivme-zaman grafikleri

IDA EĞRİLERİ (TÜM BİNA TİPLERİ)

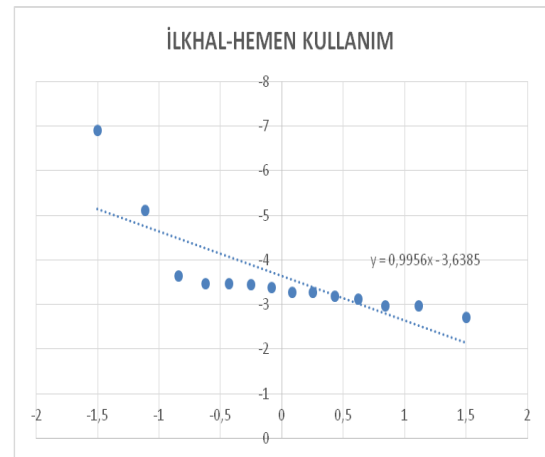
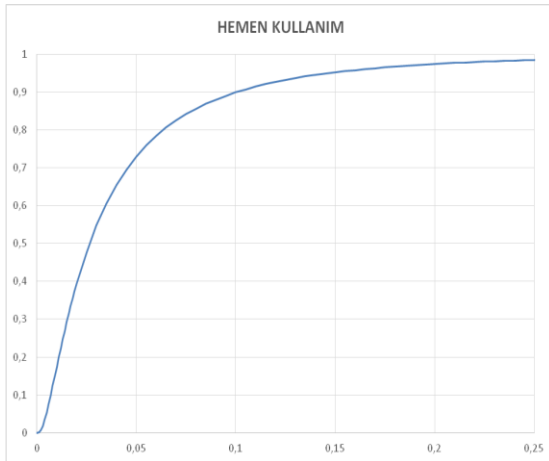
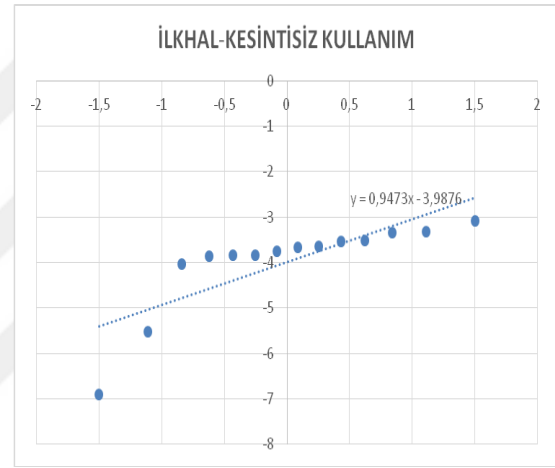
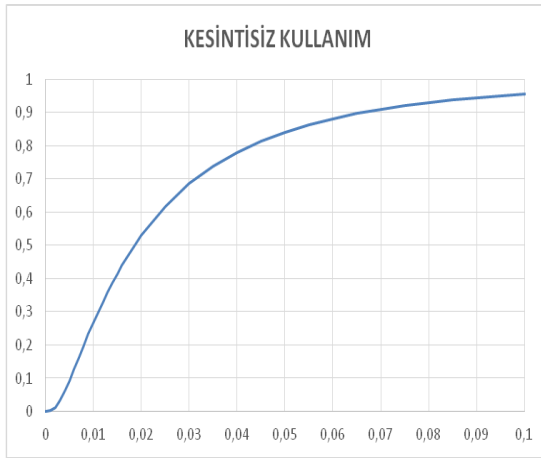


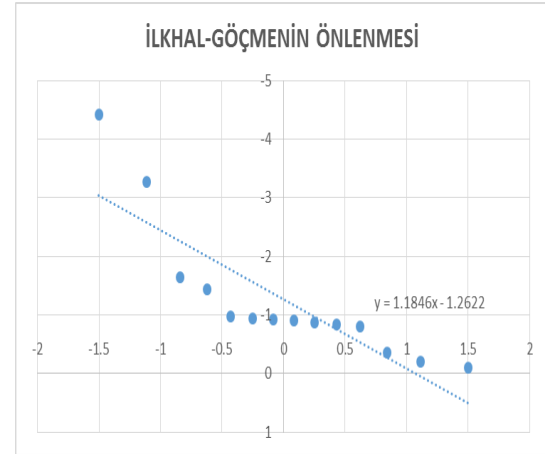
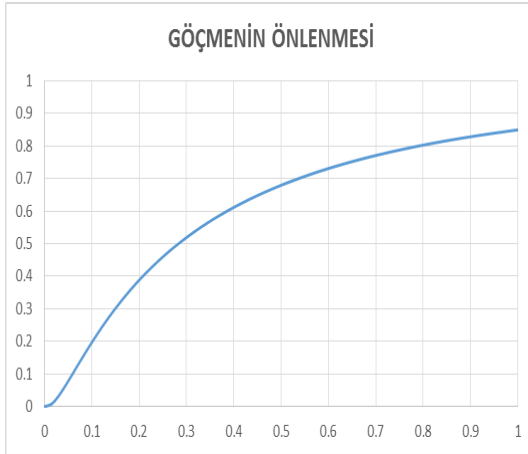
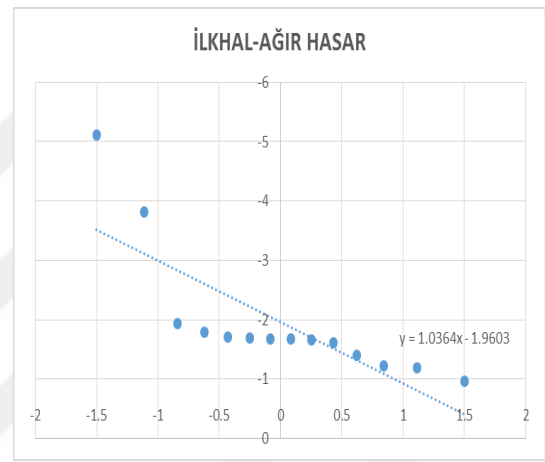
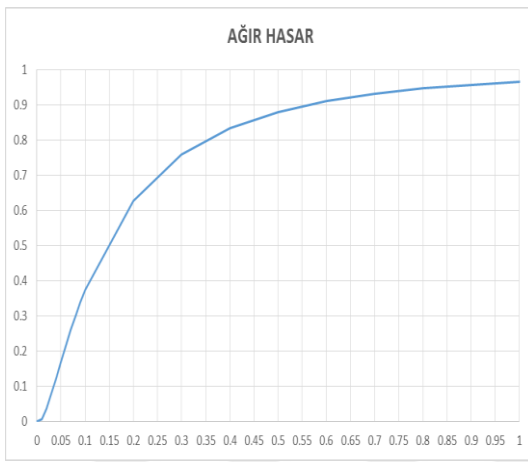
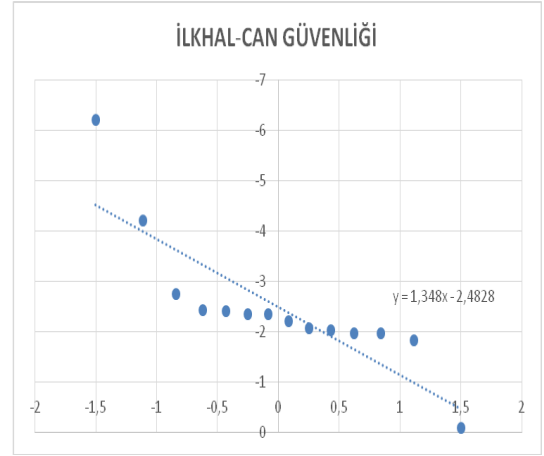
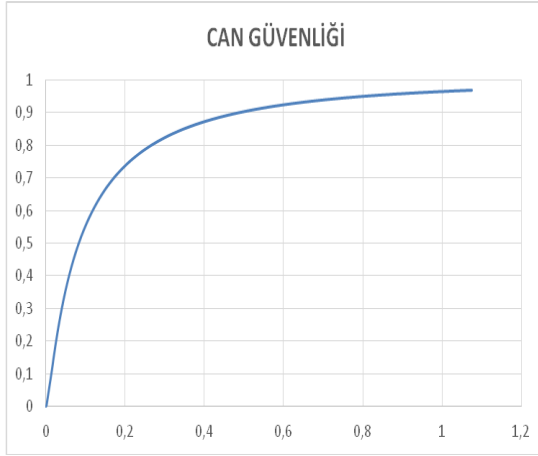


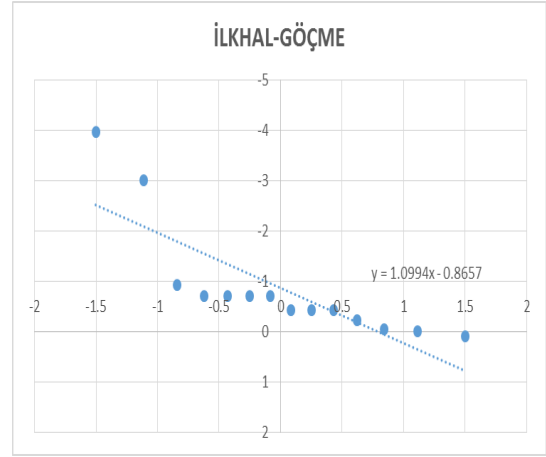
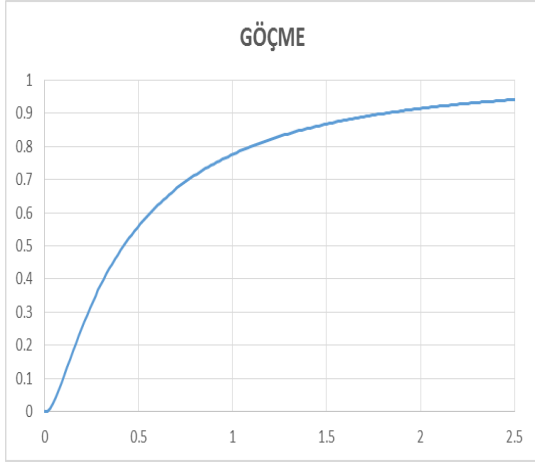


Şekil D.1 14 Adet IDA eğrisi

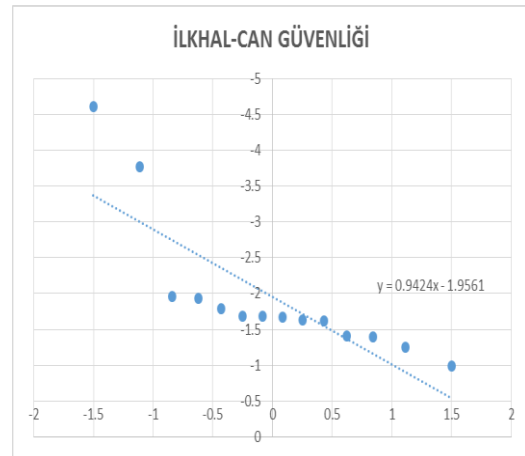
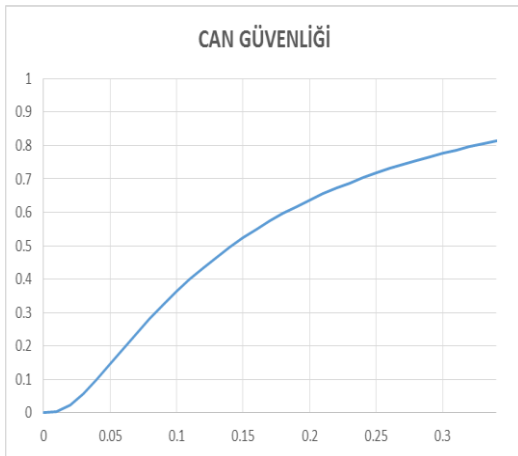
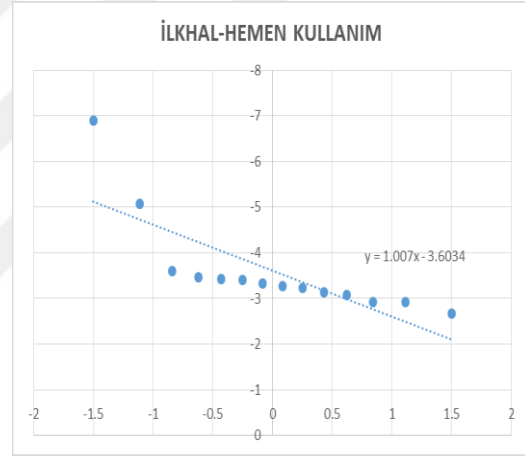
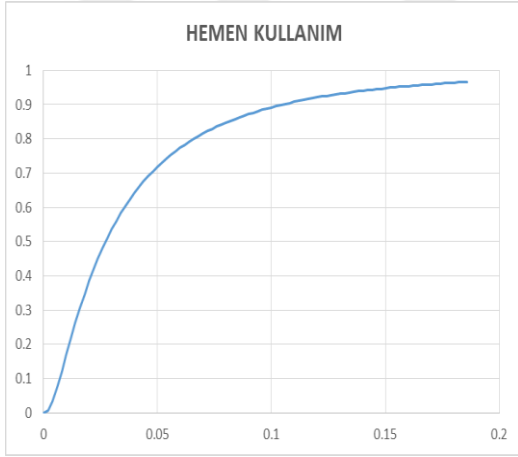
HASAR OLASILIK EĞRİLERİ VE LOGNORMAL OLASILIK KÂĞITLARI

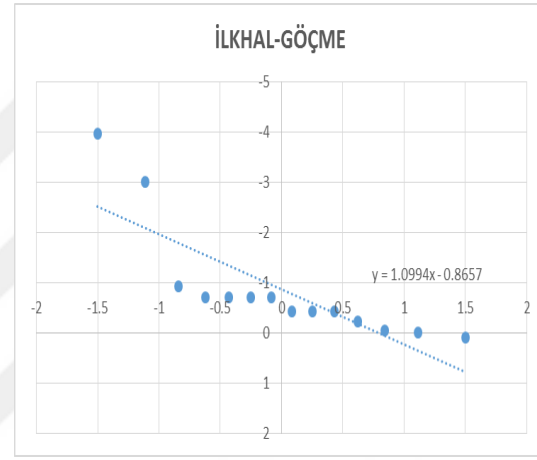
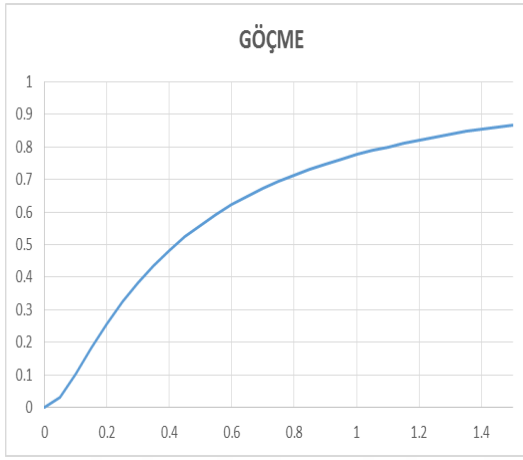
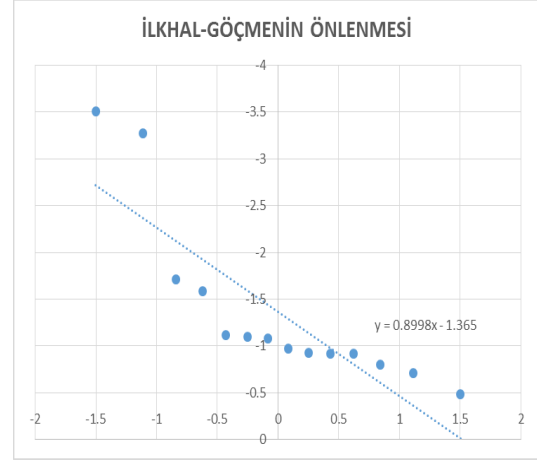
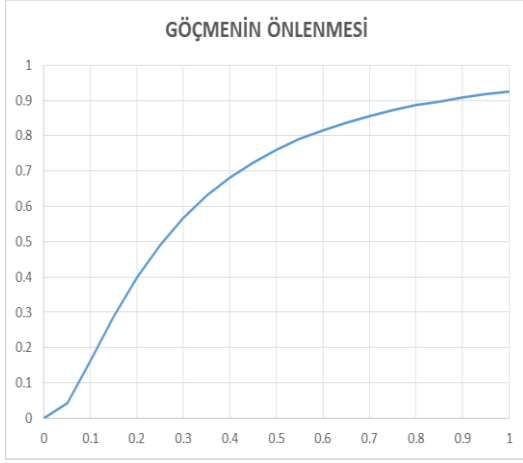




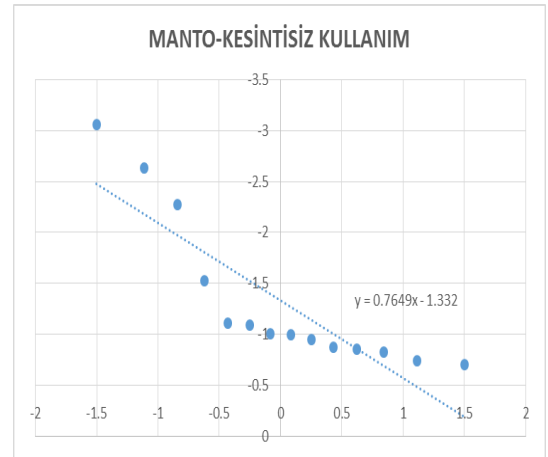
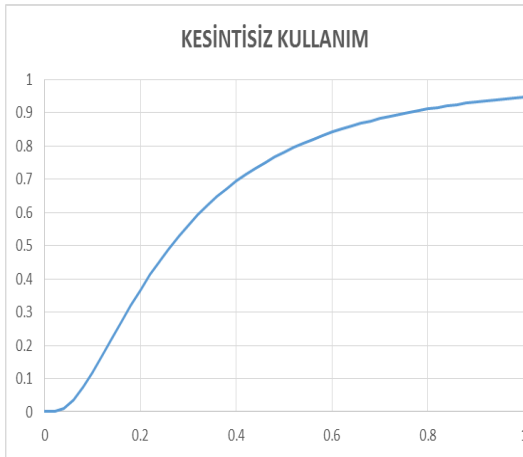


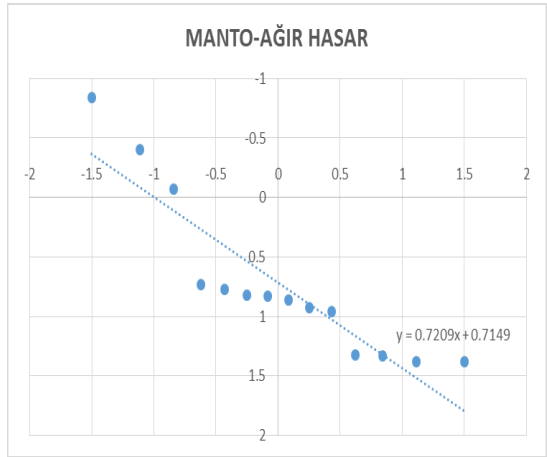
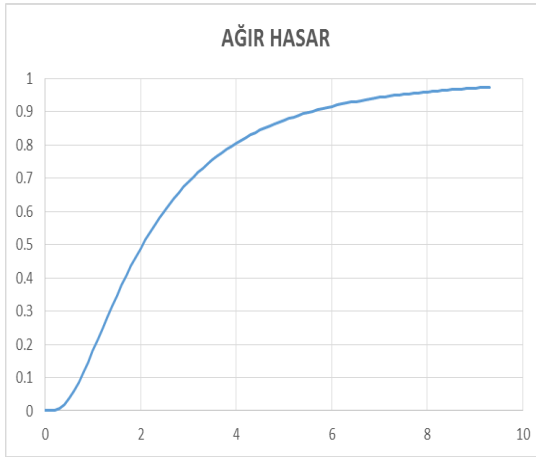
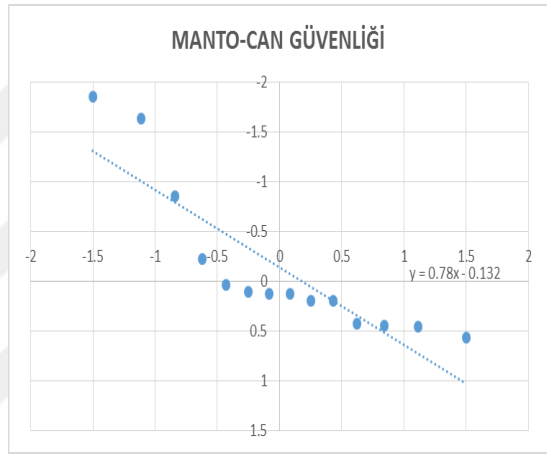
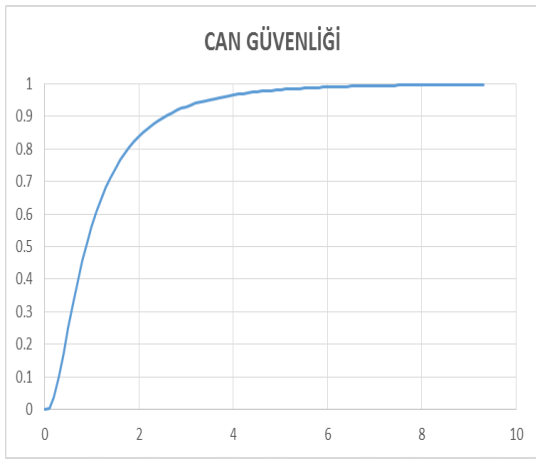
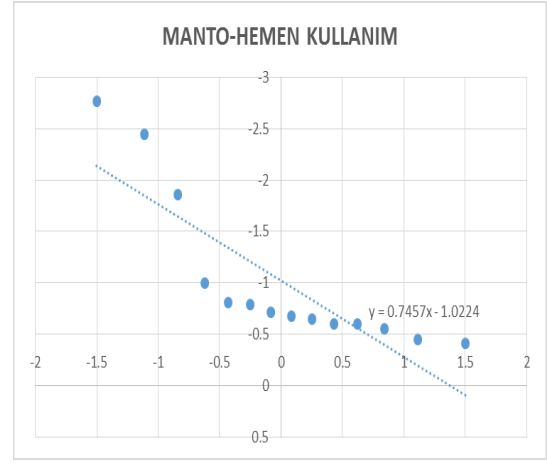
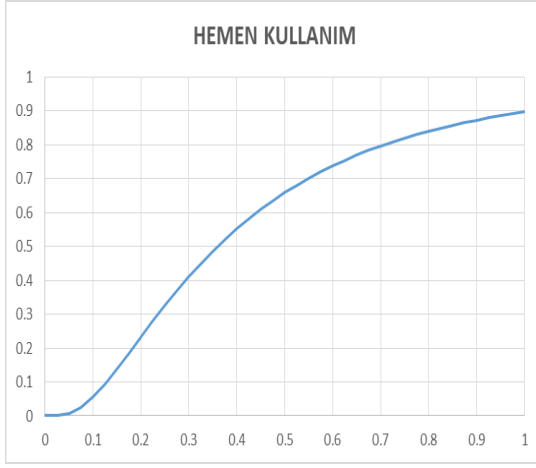
Şekil E.1 Bölüm1.1.2(Rosetta ve Elnashai,2003) Mevcut Bina Hasar Olasılık Eğrisi ve Lognormal dağılım Kağıtları (Kesintisiz Kullanım – Hemen Kullanım – Can Güvenliği – Ağır Hasar – Göçmenin Önlenmesi – Göçme)

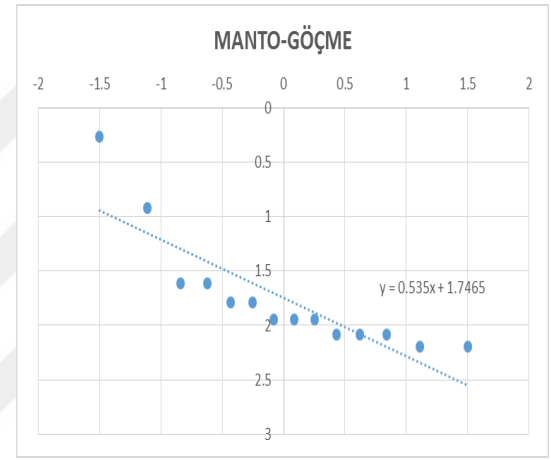
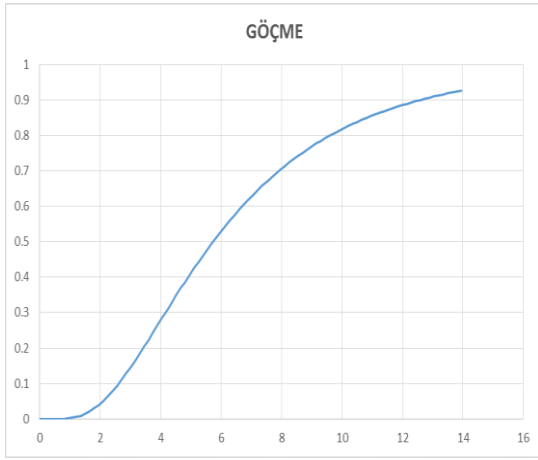
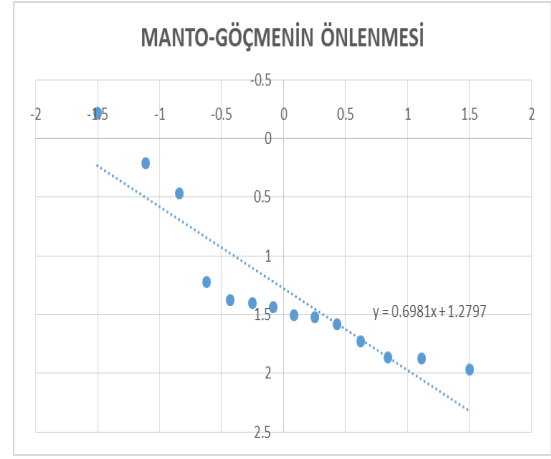
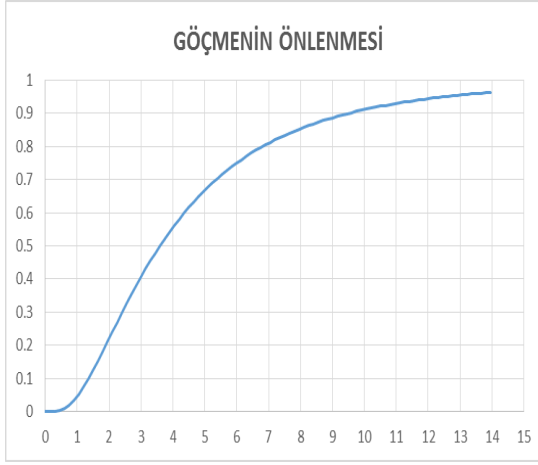




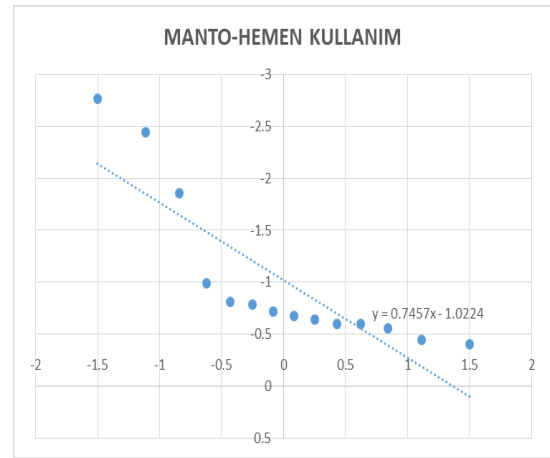
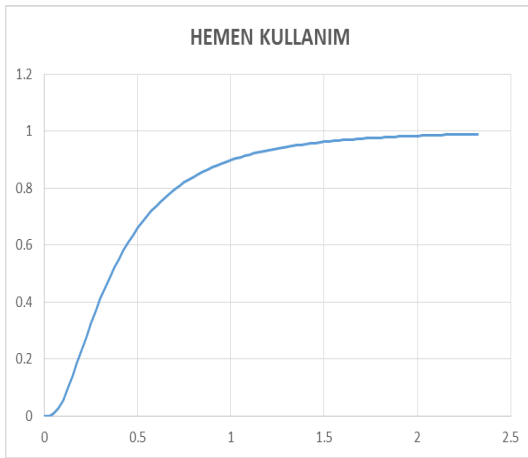
Şekil E.2 Bölüm1.1.1(Erberik ve Elnashai,2004) Mevcut Bina Hasar Olasılık Eğrisi ve Lognormal dağılım Kağıtları (Hemen Kullanım – Can Güvenliği – Göçmenin Önlenmesi – Göçme)

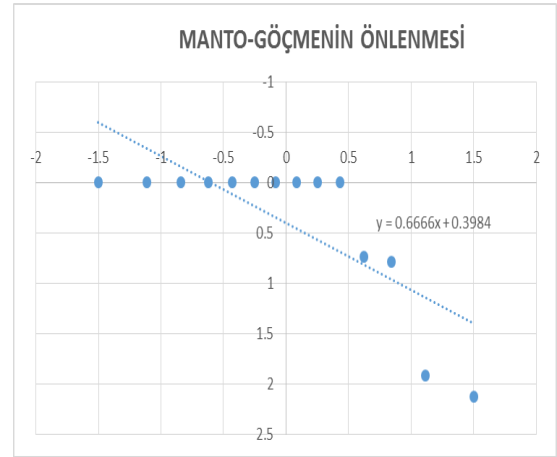
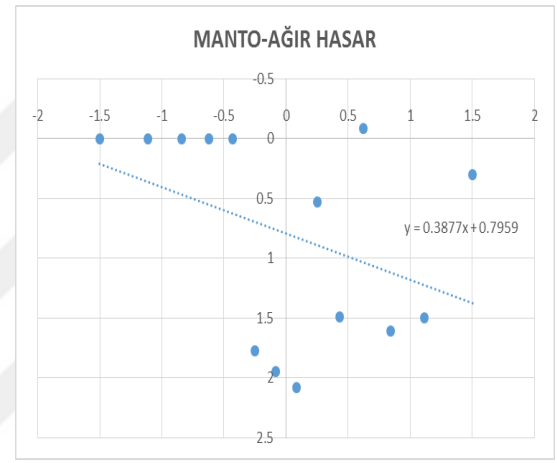
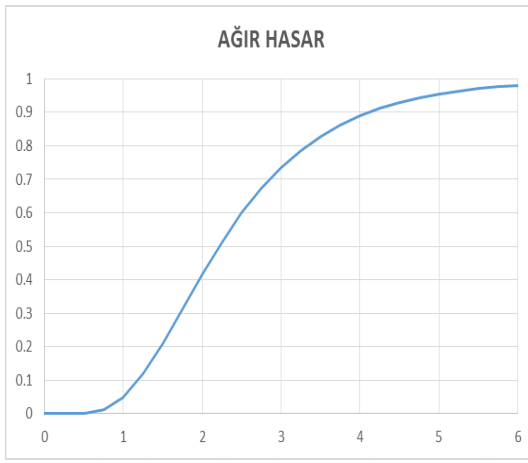
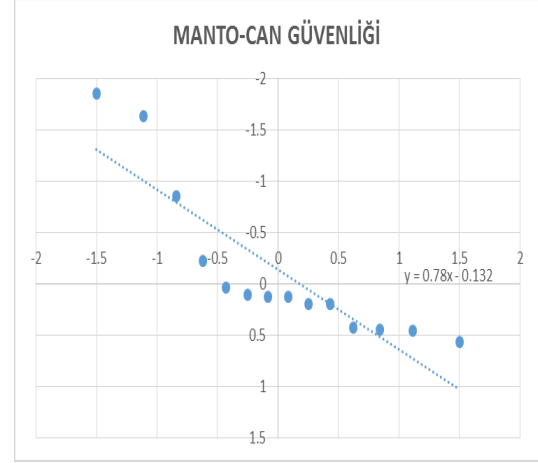
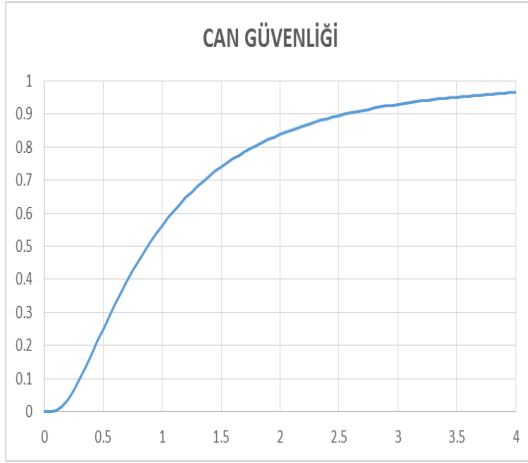


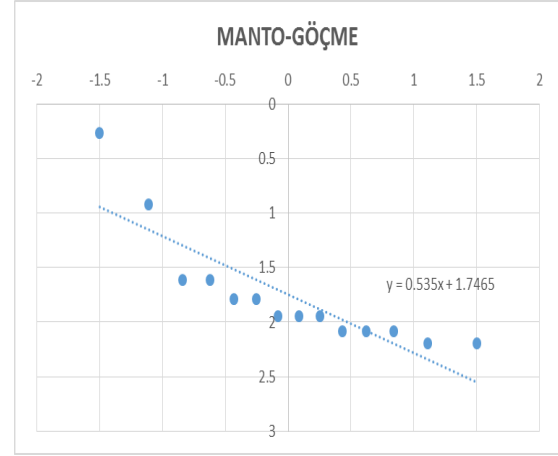
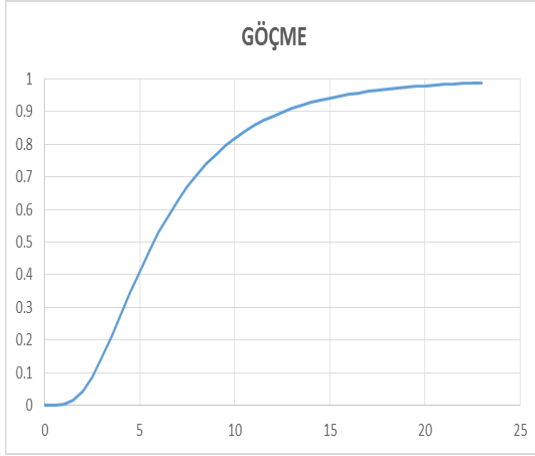




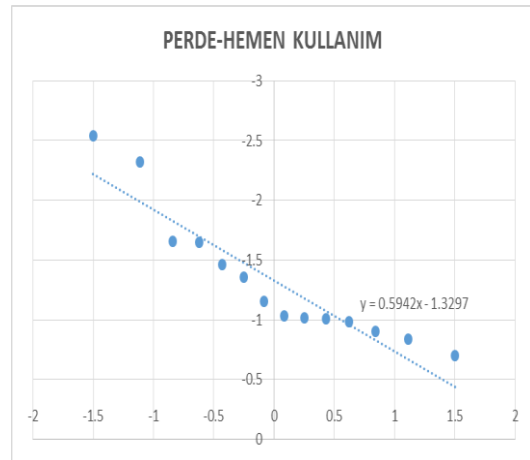
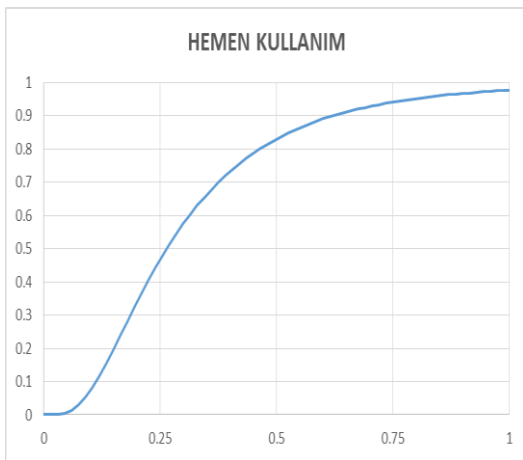
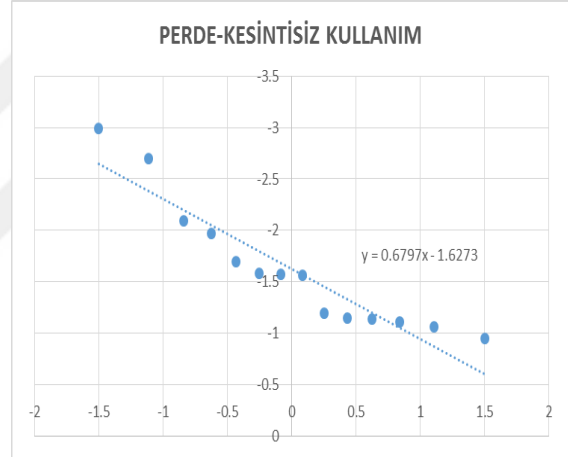
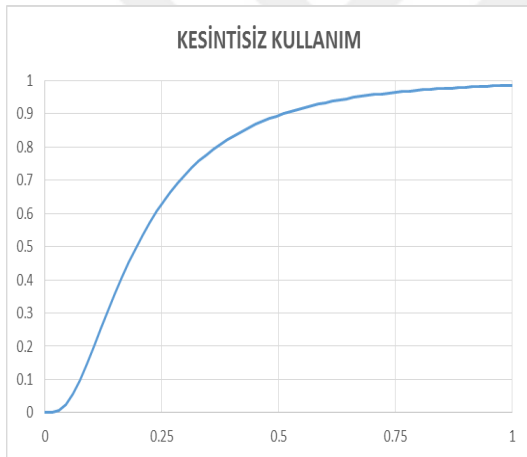
Şekil E.3 Bölüm1.1.2(Rosetta ve Elnashai,2003) Mantolanan Bina Hasar Olasılık Eğrisi ve Lognormal dağılım Kağıtları (Kesintisiz Kullanım – Hemen Kullanım – Can Güvenliği – Ağır Hasar – Göçmenin Önlenmesi – Göçme)

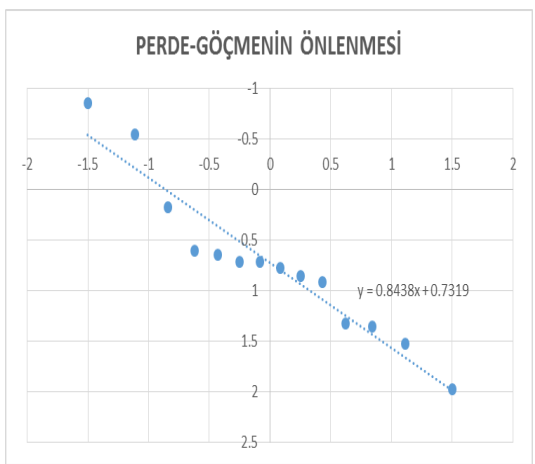
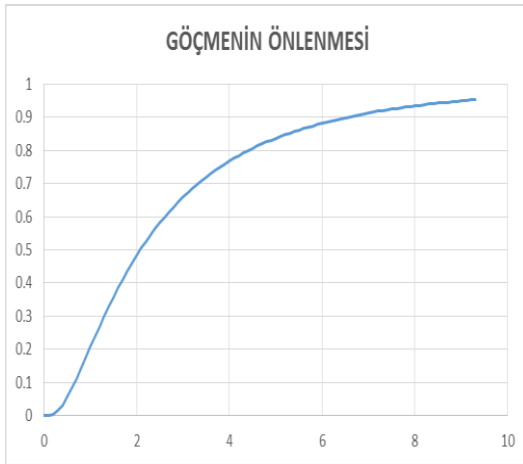
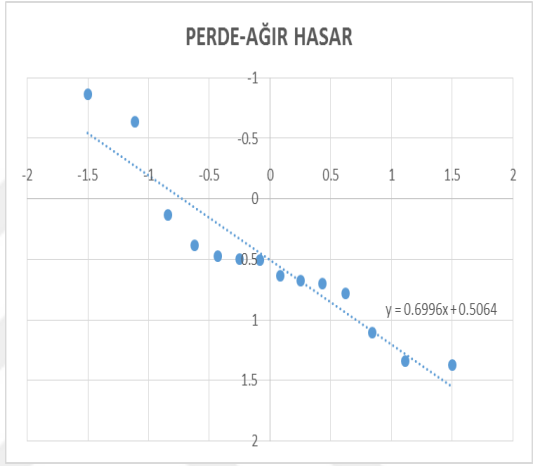
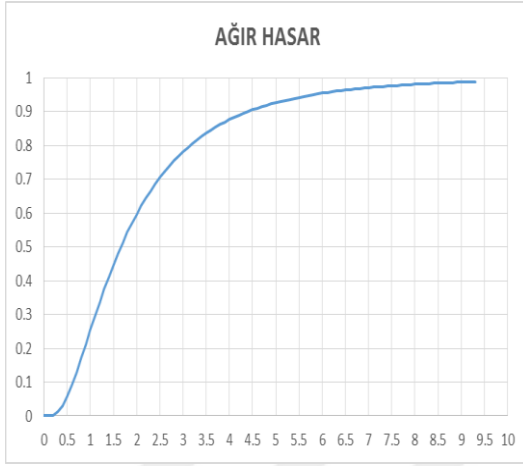
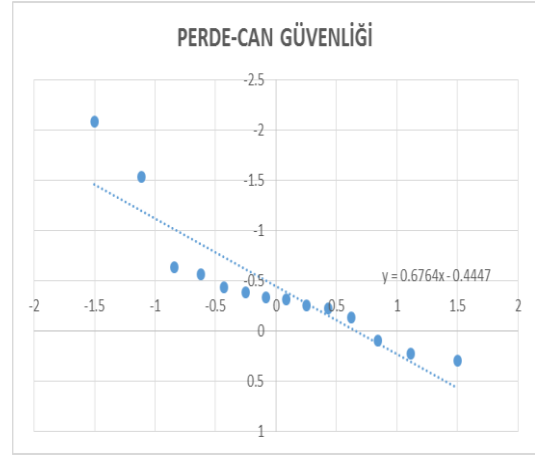
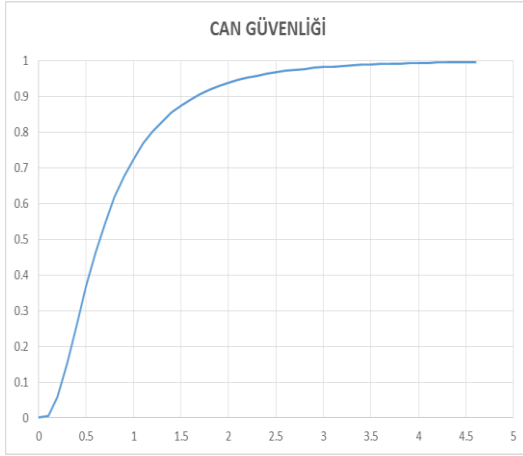


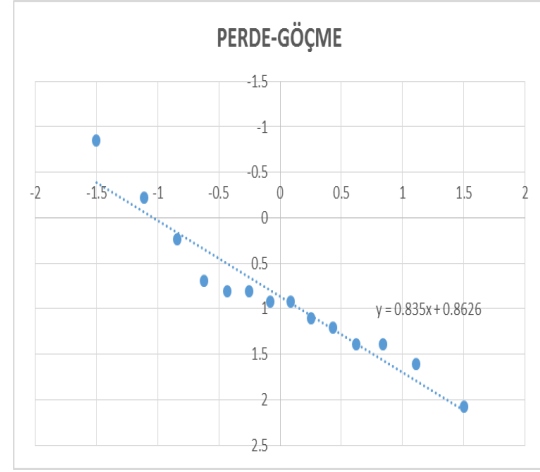
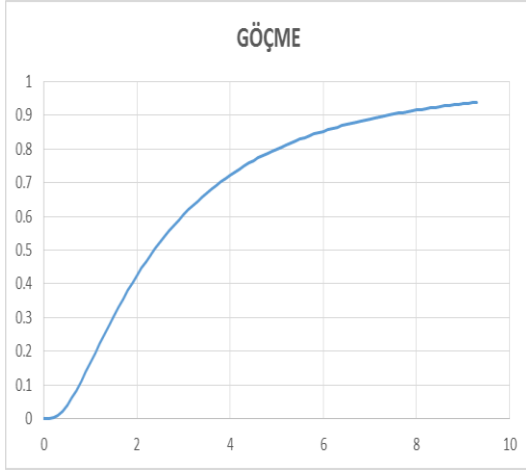




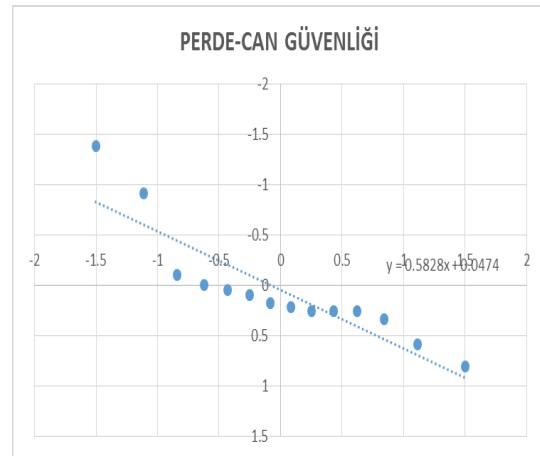
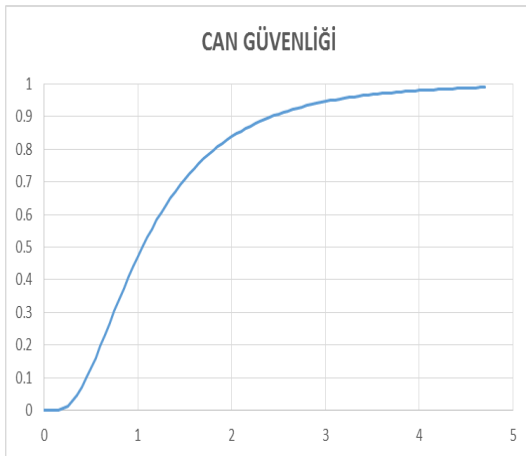
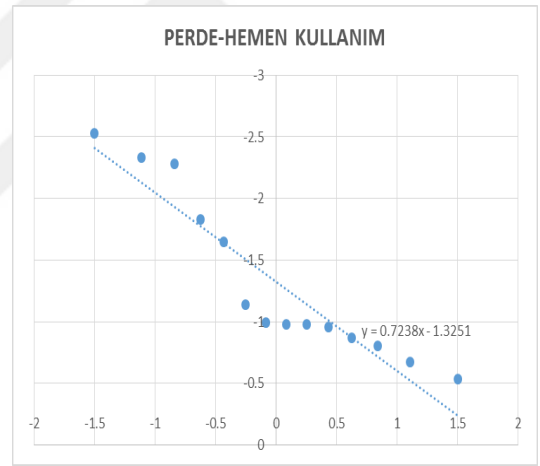
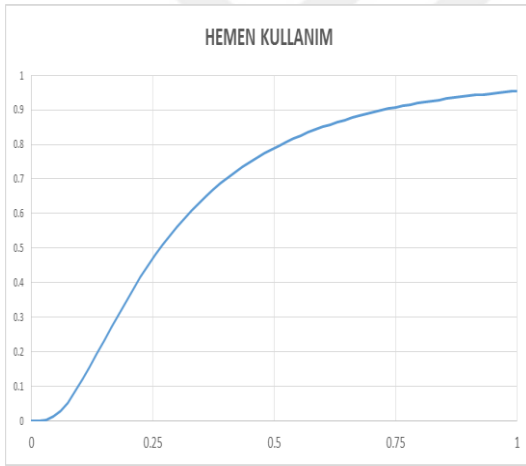
Şekil E.4 Bölüm1.1.1(Erberik ve Elnashai,2004) Mantolanan Bina Hasar Olasılık Eğrisi ve Lognormal dağılım Kağıtları (Hemen Kullanım – Can Güvenliği – Ağır Hasar – Göçmenin Önlenmesi – Göçme)

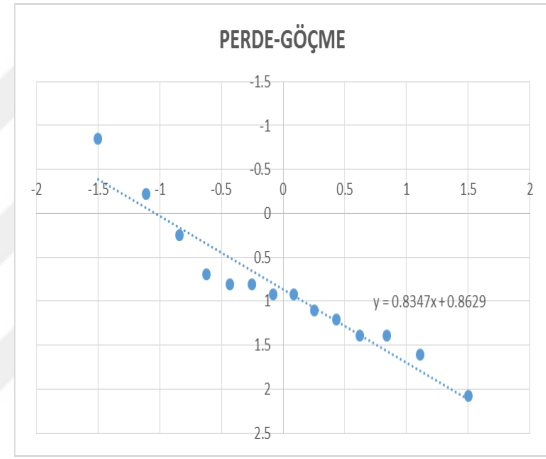
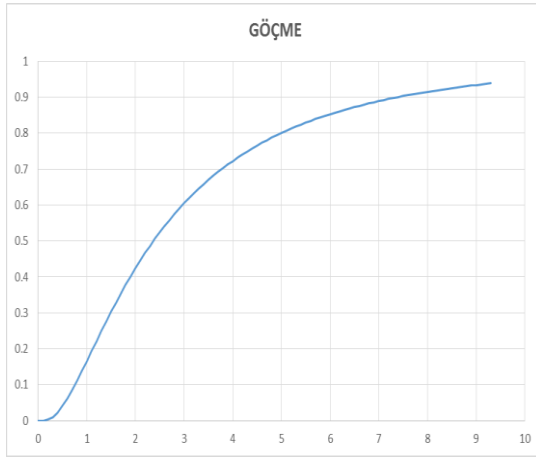
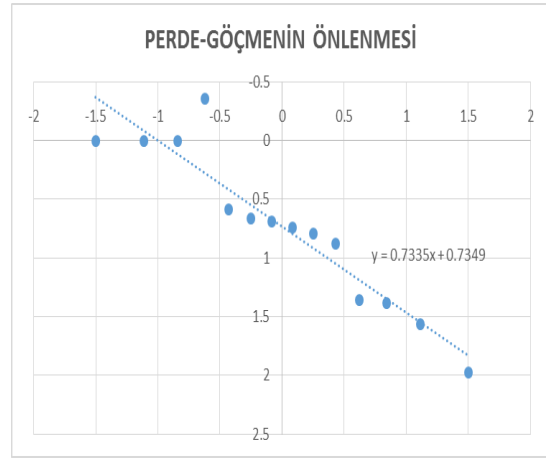
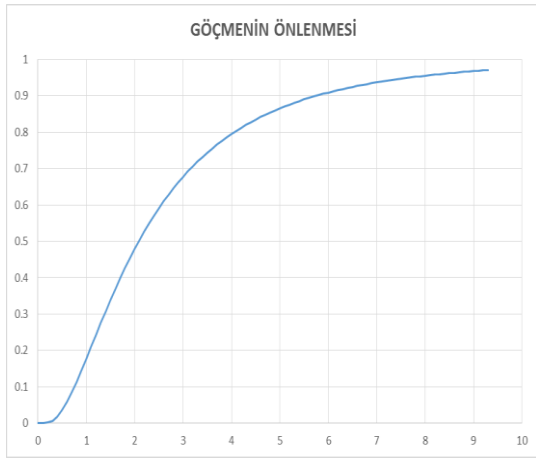




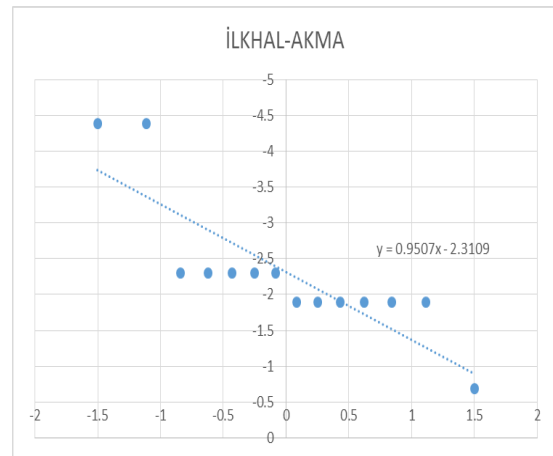
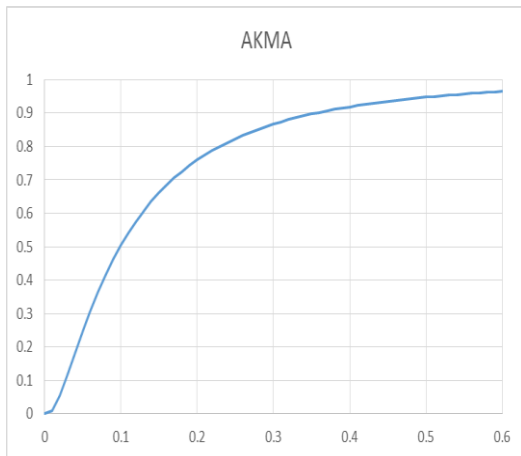


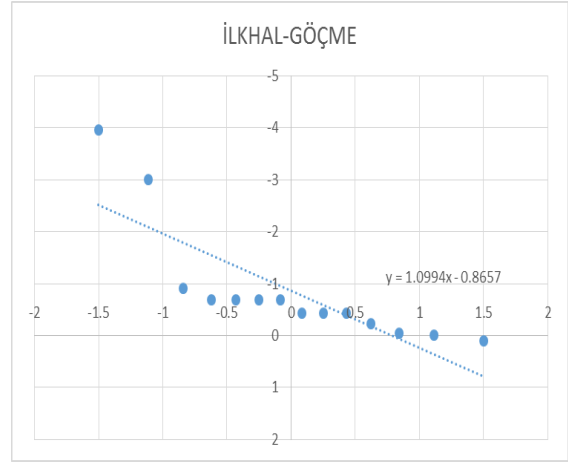
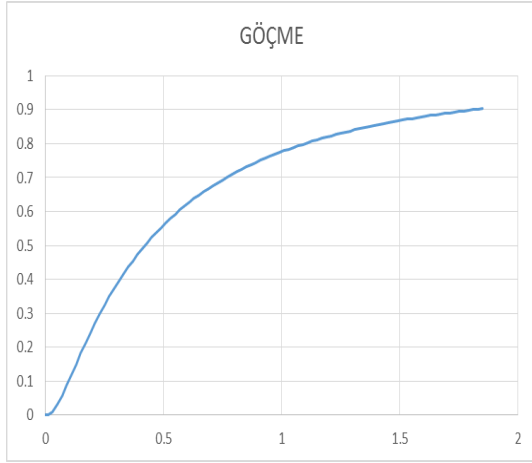
Şekil E.5 Bölüm1.1.2(Rosetta ve Elnashai,2003) Perde ile Güç. Bina Hasar Olasılık Eğrisi ve Lognormal dağılım Kağıtları (Kesintisiz Kullanım – Hemen Kullanım – Can Güvenliği – Ağır Hasar – Göçmenin Önlenmesi – Göçme)



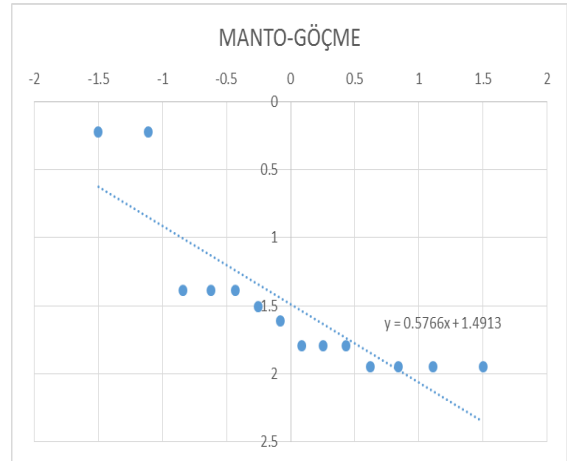
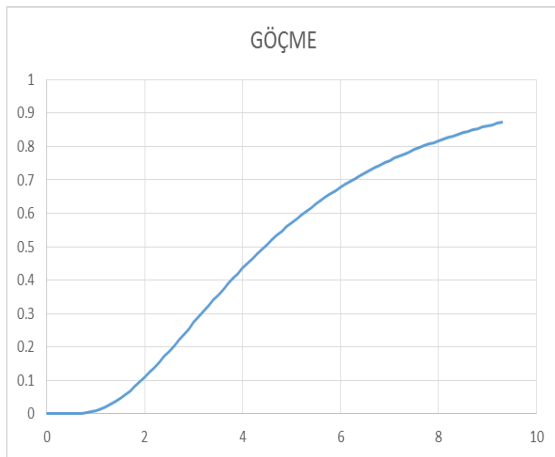
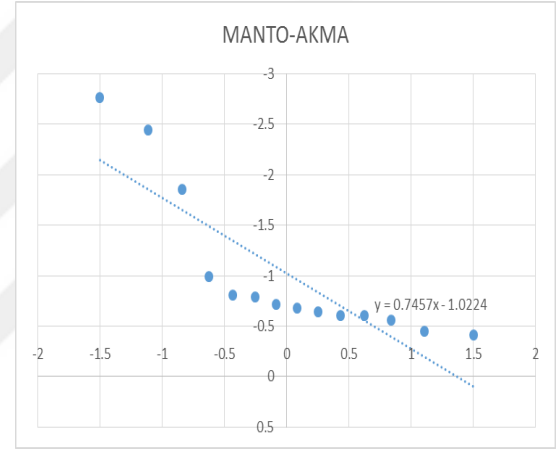
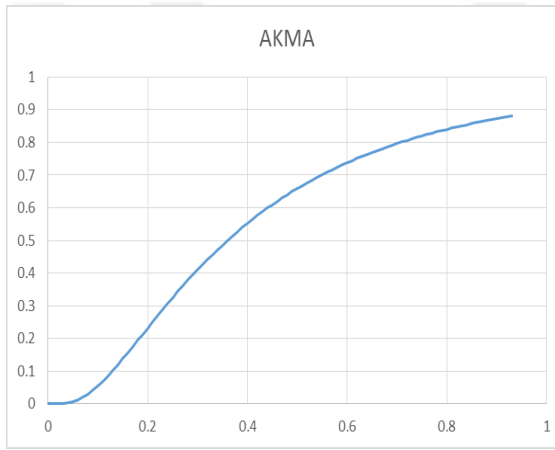


Şekil E.6 Bölüm1.1.1(Erberik ve Elnashai,2004) Mantolanan Bina Hasar Olasılık Eğrisi ve Lognormal dağılım Kağıtları (Hemen Kullanım – Can Güvenliği – Göçmenin Önlenmesi – Göçme)

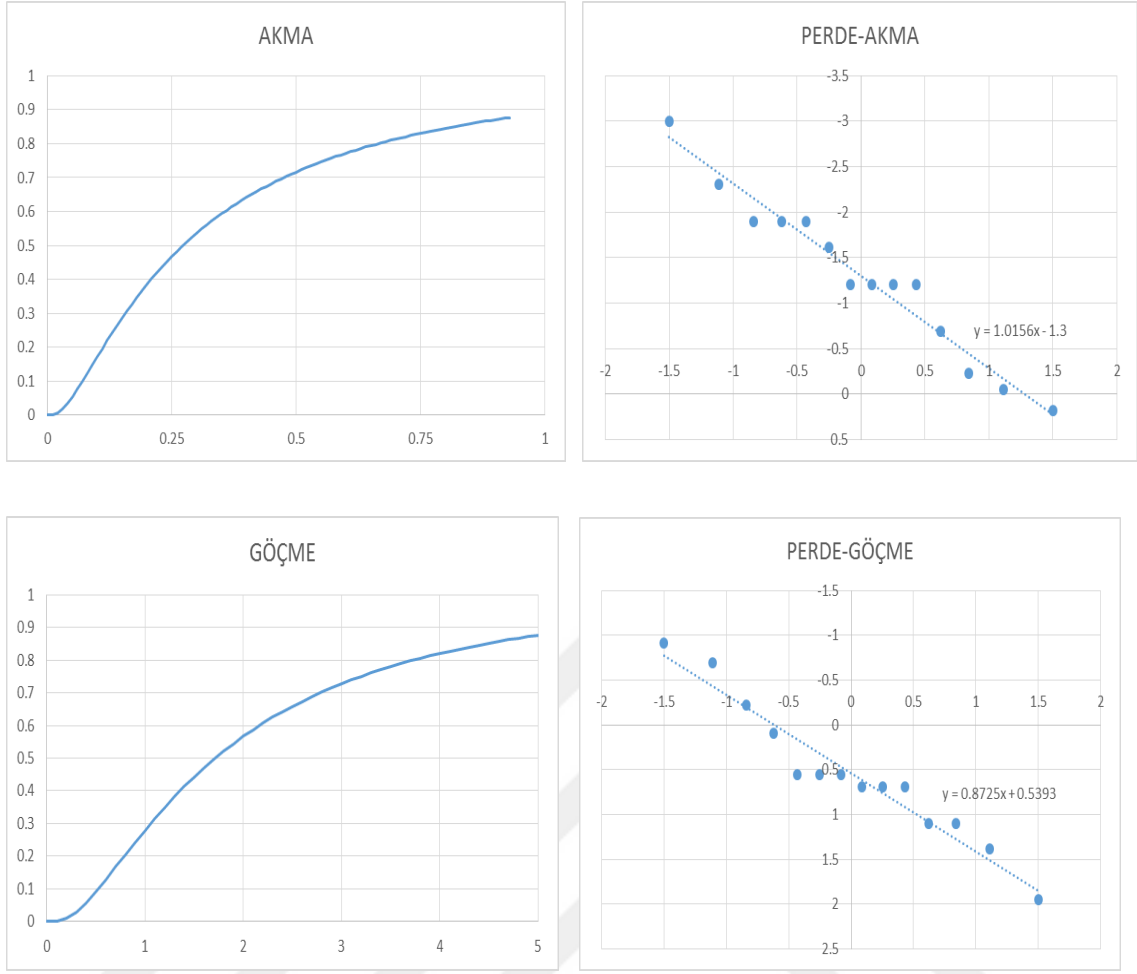




Şekil E.7 Bölüm1.1.10(Cornell vd,2001)Mevcut Bina Hasar Olasılık Eğrisi ve Lognormal dağılım Kağıtları (Akma – Göçme)



Şekil E.8 Bölüm1.1.10(Cornell vd,2001)Mantolanan Bina Hasar Olasılık Eğrisi ve Lognormal dağılım Kağıtları (Akma – Göçme)



Şekil E.9 Bölüm1.1.10(Cornell vd,2001)Perde ile Güç. Bina Hasar Olasılık Eğrisi ve Lognormal dağılım Kağıtları (Akma – Göçme)

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Erdem Çağlar KOCABEY
Doğum Tarihi ve Yeri : 15.11.1984 - Ataşehir
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : erdemckocabey@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Y. Lisans	İnşaat Mühendisliği	Yıldız Teknik Üniversitesi	2017
Lisans	İnşaat Mühendisliği	Kocaeli Üniversitesi	2007
Lise	Sayısal	Fenerbahçe Süper Lisesi	2002

İŞ TECRÜBESİ

Yıl	Firma/Kurum	Görevi
2012- Devam Ediyor	İl Özel İdaresi-Kadıköy Belediyesi	İnşaat Mühendisi
2007-2012	Özel Sektör	İnşaat Mühendisi