

T.C.
BEYKENT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
DEPREM RİSKLİ YAPILAR VE KENTSEL DÖNÜŞÜM PROGRAMI

**TİPİK BİR BETONARME ÇERÇEVE SİSTEMİN
DEPREM DAVRANIŞININ KIRILGANLIK EĞRİLERİ
KAPSAMINDA İNCELENMESİ**

Yüksek Lisans Tezi

Tezi Hazırlayan: **Bayram Metehan AĞCA**

İstanbul, 2017

T.C.
BEYKENT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
DEPREM RİSKLİ YAPILAR VE KENTSEL DÖNÜŞÜM PROGRAMI

**TİPİK BİR BETONARME ÇERÇEVE SİSTEMİN
DEPREM DAVRANIŞININ KIRILGANLIK EĞRİLERİ
KAPSAMINDA İNCELENMESİ**

Yüksek Lisans Tezi

Tezi Hazırlayan:

Bayram Metehan AĞCA

Öğrenci No:

140868001

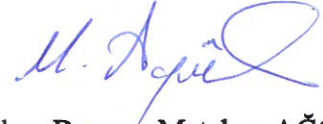
Danışman:

Yrd. Doç. Dr. Hasan ÖZKAYNAK

İstanbul, 2017

YEMİN METNİ

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum “TİPİK BİR BETONARME ÇERÇEVE SİSTEMİN DEPREM DAVRANIŞININ KIRILGANLIK EĞRİLERİ KAPSAMINDA İNCELENMESİ” Başlıklı bu çalışmanın, bilimsel ahlak ve geleneklere uygun şekilde tarafımdan yazıldığını, yararlandığım eserlerin tamamının kaynaklarda gösterildiğini ve çalışmanın içinde kullanıldıkları her yerde bunlara atıf yapıldığını belirtir ve bunu onurumla doğrularım. 19/04/2017



Aday: **Bayram Metehan AĞCA**

T.C.
BEYKENT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZ SAVUNMA SINAVI SONUÇ TUTANAĞI

Beykent Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü'ne,

Aşağıda tez adı belirtilen yüksek lisans öğrencisi 140868001 no'lu Bayram Metehan AĞCA'nın 19/04/2017 tarihinde yapılan tez savunma sınavı¹ sonucunda 45 dakika süreyle sunduğu ve savunduğu tezi hakkında² oybirliğiyle, KABUL kararı verilmiştir.

Bilgilerinize saygılarımızla arz ederiz.

Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
Programı : DEPREM RİSKLİ YAPILAR VE KENTSEL DÖNÜŞÜM PROGRAMI
Tez Başlığı³ : TİPİK BİR BETONARME ÇERÇEVE SİSTEMİN DEPREM DAVRANIŞININ KIRILGANLIK EĞRİLERİ KAPSAMINDA İNCELENMESİ.

Tez Sınav Jürisi

Öğretim Üyesi

İmza

Danışman : Yrd.Doç.Dr. Hasan ÖZKAYNAK
Üye : Yrd.Doç.Dr. Ayşe Elif ÖZSOY ÖZBAY
Üye : Yrd.Doç.Dr. Ahmet Anıl DİNDAR



¹ Jüri üyeleri söz konusu tezin kendilerine teslim edildiği tarihten itibaren en geç bir ay içinde toplanarak öğrenciyi tez savunma sınavına alır. Belirlenen günde yapılamayan jüri toplantısı, katılanların hazırladığı bir tutanakla enstitü yönetimine bildirilir. Bu durumda jüri en geç onbeş gün içinde toplanarak adayı tez savunma sınavına alır. Tez savunma sınav süresi en az 45 dakikadır. Yüksek lisans tez savunma sınavı, tez çalışmasının sunulması ve bunu izleyen soru-yanıt bölümlerinden oluşur ve dinleyiciye açıktır. (Beykent Lisansüstü eğitim ve Öğretim Yönetmeliği-Madde30-3)

² Tez sınavının tamamlanmasından sonra jüri, tez hakkında "kabul", "düzeltme" veya "red" kararı verir. Jüri başkanı, jüri üyelerince imzalanmış sınav tutanağını, tez sınavını izleyen üç gün içinde ilgili enstitü yönetimine teslim eder. Tezi başarısız bulunan öğrencinin Enstitü ile ilişkisi kesilir. Tezi hakkında düzeltme kararı verilen öğrenci en geç üç ay içinde gerekli düzeltmeleri yaparak ve yönetmelikte belirtilen usullere uygun olarak tezini aynı jüri önünde yeniden savunur. Bu savunma sınavında da tezi kabul edilmeyen öğrencinin enstitü ile ilişkisi kesilir. (Beykent Lisansüstü eğitim ve Öğretim Yönetmeliği-Madde30-4)

³ İleride doğabilecek aksaklıkların engellenmesi için tezin başlığının yazılması gerekmektedir.

ÖNSÖZ

Bu tezde mevcut az katlı betonarme tipi binalar için pratik ve etkili bir deprem güçlendirme tekniği incelenmiştir. 2007 deprem yönetmeliği koşullarına göre incelenen yapı analizlerinde doğrusal olmayan hesap yöntemi kullanılmıştır.

Tez çalışmam sırasında yardımını, desteğini ve bilgisini esirgemeyen tez danışmanım Yrd.Doç.Dr. Hasan ÖZKAYNAK'a en içten teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmam sırasındaki yardımlarından dolayı İnş.Müh. Burak ADAK'a teşekkür ederim.

Manevi desteğini benden hiçbir zaman esirgemeyip tez çalışmam boyunca bana moral veren sevgili eşim İnş.Müh. Nesrin AĞCA'ya da teşekkürlerimi sunarım.

İSTANBUL,2017

Bayram Metehan AĞCA

TİPİK BİR BETONARME ÇERÇEVE SİSTEMİN DEPREM DAVRANIŞININ KIRILGANLIK EĞRİLERİ KAPSAMINDA İNCELENMESİ

Tezi Hazırlayan: Bayram Metehan AĞCA

Özet

Dünyanın iç yapısını oluşturan magma üzerinde devamlı olarak hareket halinde yüzen yer kabuğu parçalarının birbirlerine sürtünmeleri sonucu meydana gelen enerjinin birikerek birden boşalması sonucu meydana gelen şok dalgalarının yer yüzünde ortaya çıkardığı sarsıntılara deprem denir. Bu sırada yeryüzünde, bazen gözle görülebilen, kilometrelerce uzanabilen ve fay adı verilen arazi kırıkları oluşabilir.

Ülkemiz, deprem açısından aktif önemli fay hatları üzerinde bulunduğu için yapıların depreme karşı dayanıklı hale getirilmesi büyük önem arz etmektedir. 1999 depremi sonrasında meydana gelen büyük çapta can ve mal kayıpları, bu konuda önlem almasını zorunlu hale getirmiştir. Mevcut yapıların yeni yönetmelik şartlarını sağlayıp sağlamadığı kontrol edilerek sağlamayan yapıların yenilenmesi veya güçlendirilmesi gerekmektedir. Bunu sağlamak için kentsel dönüşümü teşvik edici kanunlar çıkarılmıştır.

Tezin ilk bölümünde konu ile ilgili genel bilgiler verilmiş, çalışmada adı geçen terimler hakkında gerekli açıklamalar yapılmıştır.

İkinci bölümde; çalışmada kullanılan tipik yapının özellikleri, hesap modeli, yüklemeler, ve modellemede kullanılan program hakkında bilgi verilmiştir.

Üçüncü bölümde; lineer olmayan analizler sonucunda mevcut yapı ile ilgili veriler toplanmıştır. Güçlendirmiş sistemin analitik sonuçları incelenerek güçlendirilmemiş yalın duruma karşı gelen yer değiştirmeler, kat ötelemeleri ve kat kesme kuvvetleri karşılaştırılmıştır. Yalın çerçeve ve güçlendirilmiş çerçeve durumları için kırılma eğrileri oluşturulmuştur. Ortaya çıkan kırılma eğrileri birbiriyle mukayese edilmiştir.

Son bölümde; çalışmanın sonuçlarına yer verilmiştir.

Anahtar kelimeler: Metal Sönümleyici, Deprem Performansı, Kırılma Eğrileri

EARTHQUAKE BEHAVIOUR OF A TYPICAL RC FRAMES BY MEANS OF FRAGILITY CURVES

Presented by: Bayram Metehan AĞCA

Abstract

The earthquake is caused by shock waves originated from the earth the energy isimpated due to the fiction od of the earth's crust parts against each other constantly accumulated on the magma which constitutes the inner structure of the earth. During this event, land fractures, which can sometimes be seen for miles.

Since our country is located on highly active seismic fault lines in terms of earthquakes, it is of great importance to design and constructs earthquake resistant structures. After the 1999 earthquake, large-scale loss of life and property made it necessary to take precautions for earthquake effects. It is proposed that the existing structures should be reconstructed or strengthened to ensure that they do meet the requirements of the new seismic codes. Laws encouraging urban transformation have been introduced to ensure this issue.

In the first part of the thesis, general information was given about the subject and necessary explanations about the terms used in the content study.

In the second chapter; some important informations were given about the frame analytical model typical RC structure used in the study, the loads, and the software.

In the third chapter; nonlinear time history analysis results were derived for the current structure. Determination of the analytical results of the reinforced system, relative storey drifts, floor displacements and storey shear forces were compared. Fragility curves were created for the bare frames and braced frame cases. The resulting fragility curves have compared with each other.

In the last section; Comments were made according to the results obtained from this study.

Keywords: Metal Dampener, Earthquake Performance, Fragility Curves

İÇİNDEKİLER

Özet	iii
Abstract	v
TABLolar LİSTESİ	viii
ŞEKİLLER LİSTESİ	ix
KISALTMALAR	xi
1. GİRİŞ	1
1.1 Yerdeğiştirme	4
1.2 Görelİ Kat Ötelemesi	4
1.3 Kat Kesme Kuvveti	5
1.4 Kırılğanlık Eğrileri	5
1.4.1 Kırılğanlık Eğrilerinin Oluşturulma Yöntemleri	6
2. ÇALIşMADA KULLANILAN YAPININ İNCELENMESİ	8
2.1. Giriş	8
2.2. Yapı Genel Bilgileri	8
2.2.1. Betonarme çerçeve sistemi oluşturan elemanlar	10
2.2.2. Yapı sisteme etkiyen yükler	12
2.3 Güçlendirme Yöntemi için Önerilen Analitik Model	13
2.4 Çerçeve Sistemin Analitik Modeli	16
2.5. Kullanılan Deprem İvme Kayıtları	18
3. ANALİZ SONUÇLARI	21
3.1. Kat Yer değiştirmeleri	21
3.2 Görelİ Kat Ötelemeleri	23
3.3 Kat Kesme Kuvvetleri	26
3.4 1.Kat Kolon Kesme Kuvvetleri	29
3.5 Kırılğanlık Eğrileri	32
3.5.1 Kırılğanlık Fonksiyonlarının Oluşturulması	33
3.5.2 Mevcut Yapı Analiz Sonuçları ve Kırılğanlık Eğrileri	35
3.5.3 Analizler Sonucunda Oluşan Maksimum Görelİ Kat Ötelemesi Değerleri	36
3.5.4 Hasar Sınıflarına Göre Oluşturulmuş Kırılğanlık Eğrileri	39
4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	44
KAYNAKLAR	46
ÖZGEÇMİş	49

TABLULAR LİSTESİ

	Sayfa No.
Tablo 1.1: Türkiye’deki Can Kaybı Fazla Olan Depremler (1900-2011)	1
Tablo 1.2: TDY 2007 Performans Hasar Seviyeler.....	6
Tablo 2.1: Kolon En Kesit Boyutları ve Boyuna Donatıları.....	11
Tablo 2.2: Kiriş En kesit Boyutları ve Boyuna Donatıları.....	11
Tablo 2.3: Çelik Eleman için Önerilen Mekanik Özellikler.....	15
Tablo 3.1: Ortalama Yerdeğiştirme Değeri Sonuçları.....	23
Tablo 3.2: Ortalama Görelî Kat Ötelemesi Değeri.....	26
Tablo 3.3: 1.kat kolon kesme kuvveti azaltma oranları	32
Tablo 3.4: Yalın çerçevede oluşan maksimum görelî kat ötelemeleri değeri	36
Tablo 3.5: Güçlendirilmiş çerçevede oluşan maksimum görelî kat ötelemeleri değeri	37

ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa No.
Şekil 1.1: Yerdeğiştirme ve Görelî Kat Ötelemesi	4
Şekil 1.2: Kat Kesme Kuvveti	5
Şekil 2.1: Kullanılan Sistem Ölçüleri	9
Şekil 2.2: Kolon – kiriş boyutları	10
Şekil 2.3: Sisteme Etkiyen Tekil Yükler (kN)	12
Şekil 2.4: Sisteme Etkiyen Yayılı Yükler (kN)	12
Şekil 2.5: Çelik Eleman Uygulama Detayı (Özkaynak 2016)	14
Şekil 2.6: Analitik yay modeli (Özkaynak 2016).....	14
Şekil 2.7: Metal Sönümleyici (JRC Technical Reports,2016).....	15
Şekil 2.8: Metal sönümleyicinin Seismo Struct programına tanımlanması.....	16
Şekil 2.9: Analizlerde kullanılan çerçeve modelleri	17
Şekil 2.10: Deprem İvme Kayıtları	20
Şekil 3.1: Yalın çerçeve- Güçlendirilmiş Durum Yerdeğiştirme Değerleri	22
Şekil 3.2: Görelî Kat Ötelemesi Değerleri	25
Şekil 3.3: Kat Kesme Kuvveti Değerleri	28
Şekil 3.4: Yapı ortalama kat kesme kuvvetleri	29
Şekil 3.5: 1.kat kolon Kesme Kuvvetleri	31
Şekil 3.6: Kırılgnlık eğrilerinin oluşturulmasında için temsili hesap yöntemi	35

Şekil 3.7: Deprem Büyüklüklerine Göre Yalın Çerçeve Oluşan Maksimum Göreli Kat Öteleme Değerleri	37
Şekil 3.8: Deprem Büyüklüklerine Göre Güçlendirilmiş Çerçeve Oluşan Maksimum Göreli Kat Öteleme Değerleri	38
Şekil 3.9: HK performans seviyesinde kırılma eğrisi oluşturmak için olasılık tablosu- Yalın Çerçeve	39
Şekil 3.10: HK performans seviyesinde kırılma eğrisi oluşturmak için olasılık tablosu- Güçlendirilmiş Çerçeve	39
Şekil 3.11: HK performans seviyesindeki kırılma eğrileri	40
Şekil 3.12: CG performans seviyesinde kırılma eğrisi oluşturmak için olasılık tablosu- Yalın Çerçeve	41
Şekil 3.13: CG performans seviyesinde kırılma eğrisi oluşturmak için olasılık tablosu- Güçlendirilmiş Çerçeve	41
Şekil 3.14: CG performans seviyesindeki kırılma eğrileri	42
Şekil 3.15: GÖ performans seviyesinde kırılma eğrisi oluşturmak için olasılık tablosu- Yalın Çerçeve	42
Şekil 3.16: GÖ performans seviyesinde kırılma eğrisi oluşturmak için olasılık tablosu- Güçlendirilmiş Çerçeve	43
Şekil 3.17: GÖ performans seviyesindeki kırılma eğrileri	43

KISALTMALAR

TDY 2007	: Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkındaki Yönetmelik 2007
FEMA	: Federal Emergency Management Agency
G	: Sabit Yükler
Q	: Hareketli Yükler
PGA	: Peak Ground Acceleration
HK	: Hemen Kullanım
CG	: Can Güvenliği
GÖ	: Göçmenin Önlenmesi
BRB	: Buckling-restrained brace

1.GİRİŞ

Deprem meydana geldikten sonra yeryüzüne çıkan enerjinin büyüklüğünü, yeryüzüne olan etkisini tanımlamak için iki parametre kullanılmaktadır. Bunlardan biri *magnitüd* diğeri ise *şiddettir*. *Magnitüd*, standart bir sismografla kaydedilen deprem hareketinin maksimum genlik ve periyot değeri ve alet kalibrasyon fonksiyonlarının kullanılması ile yapılan hesaplamalar sonucunda elde edilmektedir. *Şiddet* ise matematiksel fonksiyonlara dayalı olmayıp sadece gözlemler neticesinde yapılar, doğa ve insanlar üzerinde oluşan etki sonucu tespit edilen bir büyüklüktür.

Son yüzyıl içinde Türkiye’de meydana gelen depremlerden can kaybı oranı en yüksek olanlar Tablo 1.1’de verilmiştir. [1]

Tablo 1.1: Türkiye’deki Can Kaybı Fazla Olan Depremler (1900-2011)

TARİH	MEYDANA GELDİĞİ YER	CAN KAYBI
24.04.1903	MALAZGİRT	2626
04.10.1914	AFYON/BOLVADİN	400
22.10.1926	KARS	355
06.05.1930	HAKKARİ	2514
26.12.1939	ERZİNCAN	32962
20.12.1942	NİKSAR/ERBAA	3000
01.02.1944	BOLU/GEREDE	3959
31.05.1946	VARTO	839
19.08.1966	VARTO	2394
28.03.1970	GEDİZ	1086
06.09.1975	LİCE	2385
24.11.1976	ÇALDIRAN	3840
30.10.1983	ERZURUM	1155
17.08.1999	KOCAELİ	17127
12.11.1999	BOLU/DÜZCE	845
23.10.2011	VAN	601

Her deprem sonrasında görülen yapısal hasarlar yönetmeliklerin geliştirilmesini bir ihtiyaç haline getirmiştir. Erzincan depremi sonrası 1940 yılında “İtalyan Yapı Talimatnamesi” adı ile başlayan deprem yönetmelikleri, 1944 yılında “Zelzele Mıntıkaları Muvakkat Yapı Talimatnamesi”, 1949 yılında ise “Türkiye Yersarsıntısı Bölgeleri Yapı Yönetmeliği” olarak revizyona uğramıştır. 1953 yılında “Yersarsıntısı Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik” adı ile yayımlanan deprem

yönetmeliği sırasıyla 1962, 1968, 1975, 1997 yıllarında “*Afet Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik*” olarak revize edilmiştir. 2007 yılında yürürlükte olan “*Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik*” yayınlanmış olup, bunlara ek olarak taslak halinde olan ve 2017 yılında yayınlanması beklenen yeni deprem yönetmeliği de sayılabilir.

Depreme dayanıklı yapı tasarımı kapsamında ülkemizde mevcut olan yapıların güçlendirilmesi maliyet açısından değerlendirildiğinde yeniden yapım maliyeti ile karşılaştırıldığında oldukça yüksek maliyetler ortaya çıkmıştır. Bunun ötesinde binanın servise devam edebilmesi için önerilen güçlendirme yöntemleri literatürde sınırlı sayıdadır. Bu kapsamda yapılan deneysel ve analitik çalışmalardan bazıları şu şekilde sıralanmıştır:

- ***K. L. Shen and T. T. Soong, K. C. Chang,, M. L. Lai- 1995*** : Makalelerinde 1/3 ölçekli betonarme çerçeve sistem üzerine deneysel ve analitik çalışmalar yapmışlardır. Viskoelastik sönümleyiciler kullanarak yapıların analiz sonuçlarında %20'ye yakın enerji sönümledikleri görülmüştür. [2]
- ***F.M. Mazzolani-2007*** : Makalesinde betonarme çerçeve sistemler üzerine çelik çaprazlar ve alüminyum panellerle güçlendirilerek tam ölçekli deneysel çalışmalar yapmıştır. Deneyler sonunda elde edilen sayısal sonuçlar özetlenerek sismik iyileştirme tekniklerine kaynak oluşturulmuştur. [3]
- ***Ricky W.K. Chan, Faris Albermani- 2008*** : Yazılarında yapıların depreme karşı korunmasında kullanılmak üzere geliştirilmiş çelik enerji dağıtıcıdan bahsetmektedir. Yapı kesme kuvvetini sönümlemeye yönelik hazırlanan bu sönümleyici çeşitli testlere tabi tutulmuş ve uygulanabilirliği görülmüştür. [4]
- ***Chung-Che Chou, Yu-Jen Lai – 2009*** : Bu çalışmada kolon-kiriş moment birleşim bağlantılarına güçlendirme elemanı konarak deneysel ve analitik çalışmaları incelenmiştir. [5]
- ***J.M. Franco , X. Cahís , L. Gracia , F. López - 2010*** : Yazılarında deprem kuvvetinden doğan enerjiyi dağıtmaya yönelik düşük karbonlu çelik kullanılarak üretilen birkaç prototip test edilmiştir. Testlerde cihazı doğrulamak ve enerji tüketme kapasiteleri incelenmiştir. [6]
- ***Carlo A. Castiglioni , Alper Kanyılmaz , Luis Calado -2012*** : Bu makalede Politecnico di Milano'da Fuseis projesinin deneysel araştırma sonuçlarını

vermiştir. Kompozit çelik çerçevelerde sigorta diye tabir edilen bir sistem uygulanarak deprem etkilerinin azaltılması için çalışılmıştır. Yapıda meydana gelebilecek hasarların bu sigortalar tarafından karşılatılıp deprem sonrası değişmesi öngörülmektedir. [7]

- **Ali Habibi a, Ricky W.K. Chan b, Faris Albermani-2012** : Çalışmalarında çok modlu enerji tabanlı bir tasarıma yönelmişlerdir. Doğrusal olmayan hesap yöntemi kullanılarak iki tipte oluşturulan yapıların analizleri yapılmıştır. Enerji tüketimleri incelenerek bir öneri sunulmuştur. [8]
- **Fengming Ren , Yun Zhou, Jiebiao Zhang, Shaoming Lin- 2013** : Çalışmasında 1/4 ölçekli beton dolgulu çelik borulardan oluşan 3 modeli test etmiştir. 3 modelden 2 si BRB ile güçlendirilmiş olup yük taşıma kapasiteleri ve deformasyonları karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda BRB ile güçlendirilmiş sistemlerin deprem performansını geliştirdiği doğrulanmıştır. [9]
- **Marco Valente -2013** : Çalışmasında betonarme çerçevelerde deprem performansını iyileştirmek için çapraz X-tipi kesme panelleri geliştirerek dört katlı bir yapıya uygulamıştır. Yapmış olduğu dinamik analizlerle hasar görülebilirliğini azalttığını göstermiştir. [10]
- **Roohollah Ahmady Jazany , Iman Hajirasouliha , Hamidreza Farshchi- 2013** : Bu çalışmada dolgu duvarların merkezi çelik çerçeve sistemler üzerindeki deprem performansı etkisi deneysel ve analitik olarak gözlenmiştir. Elde edilen sonuçlarda dolgu duvarın sistemin taşıma gücü kapasitesini arttırdığı görülmüştür. Duvarların deprem tasarım hesaplarında göz ardı edilmesi çelik çaprazlarda deforme, kaynaklarda erken kırılma ve süneklikte önemli azalmalar meydana getirdiği tespit edilmiştir. [11]

Doğrusal elastik yöntemlerde; dış yük etkisinde taşıyıcı sistemi oluşturan yapı elemanlarında oluşan iç kuvvetlerin taşıyıcı elemanın yük taşıma kapasitesi karşılaştırılmaktadır. Yapı elemanı için şekil değiştirme kapasitesi ile ilgili bilgi elde edilemediği için hasar tipleri hakkında net sonuçlar elde edilemez. Zaman tanım alanında doğrusal olmayan olmayan hesap yönteminde ise, sonuçlar yerdeğiştirme bazlı olup yapının deprem esnasında şekil değiştirme ve yer değiştirme geçmişi elde edilir. Bu yöntemle gerçekleştirilen analizler yapı performansı hakkında daha

ayrıntılı inceleme yapılmasına olanak tanır. Bu amaçla çalışmada doğrusal elastik olmayan hesap yöntemi kullanılmıştır.

Deprem istemini karşılayamayan mevcut az katlı yapılar için yapı performansını iyileştirerek yapımı kolay, ekonomik ve hızlı bir güçlendirme yönteminin TDY 2007 kapsamında değerlendirilmesi bu çalışmanın ana amacıdır.

Çalışmada sonuçların değerlendirilmesi için kullanılan parametrelerin başlıcaları şunlardır:

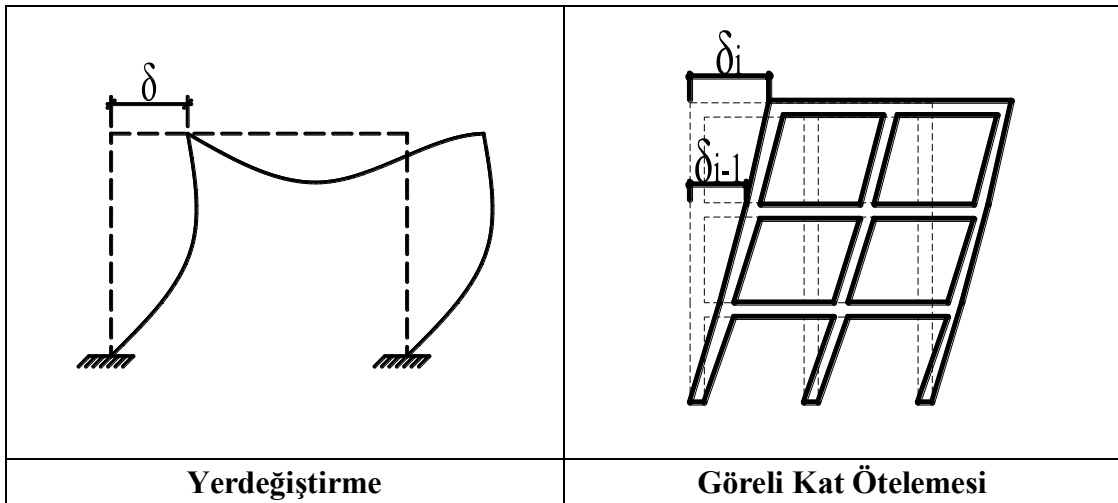
1.1 Yerdeğiştirme

Yapı sisteminin şekil değiştirmiş durumu ile şekil değiştirme yapmamış durumu arasında kat hizasında meydana gelen yer değiştirme miktarıdır. (δ), Şekil 1.1

1.2 Göreli Kat Ötelemesi

Birbirine komşu olan iki katın yer değiştirmelerinin farkının kat yüksekliğine oranına göreli kat ötelemesi denir. (Δ_i), Şekil 1.1

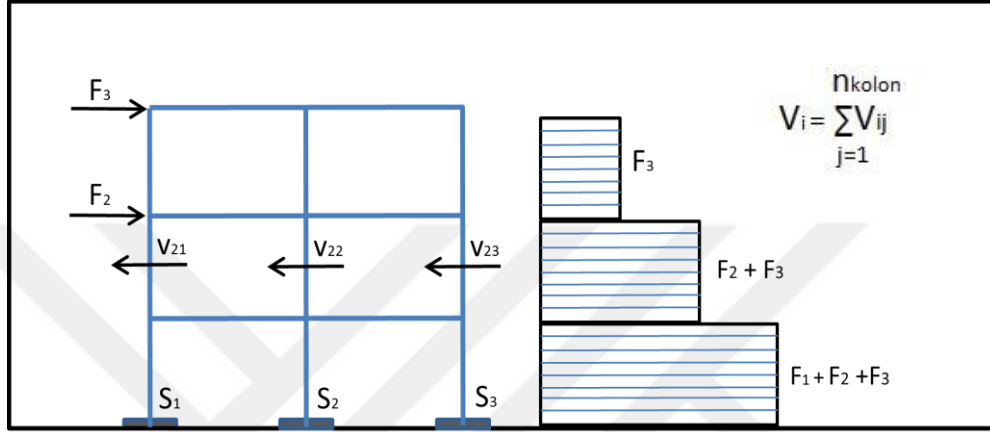
$$\Delta_i = \delta_i - \delta_{i-1}$$



Şekil 1.1: Yerdeğiştirme ve Göreli Kat Ötelemesi

1.3 Kat Kesme Kuvveti

Yapının kat hizasında tüm taşıyıcı elemanlar tarafından karşılanan toplam kesme kuvvetine kat kesme kuvveti denir. (Şekil 1.2)



Şekil 1.2: Kat Kesme Kuvveti

1.4 Kırılgnlık Eğrileri

Kırılgnlık eğrileri, artan şiddetlerdeki deprem etkilerinin yapı için önceden tanımlanmış hasar seviyelerinin aşılma olasılığını gösteren ve yapıların hasar alma riskinin belirlenmesini sağlayan önemli performans değerlendirme kriterleri arasında yer almaktadır. Kırılgnlık eğrileri mühendislik yapılarının olası depremler karşısında taşıdığı genel riskin tahmin edilmesi ve gelecekteki depremlerin ekonomik etkilerinin öngörülmesi açısından son derece önemlidir. Söz konusu eğriler, deprem sonrasında genel zararın azaltılması veya öngörülmesi noktasında sigorta şirketleri açısından da faydalı bilgiler üretmektedir. Yapısal güçlendirme konularında etkin olarak kullanılacak kırılgnlık eğrileri önemli bir argüman olarak değerlendirilmektedir. [12]

1.4.1 Kırılgnlık Eğrilerinin Oluşturulma Yöntemleri

Çalışma kapsamında mevcut yapı stokunu temsil eden 6 katlı betonarme çerçeve tipi yapının önerilen güçlendirme yöntemi uygulandıktan sonra ve uygulamadan önceki hasar riskinin belirlenmesi için oluşturulan kırılgnlık eğrileri kullanılmıştır.

Deprem risk değerlendirmesinde, ele alınan bir yapının performans seviyeleri için TDY2007’de görelî kat ötelemesini esas alan hasar seviyeleri tanımlanması yapılmıştır. Bu çalışmada esas alınan hasar seviyeleri yapının en fazla öteleme yaptığı 1.katın görelî kat ötelemesi seviyesine göre belirlenmiştir. Hasar seviyeleri birinci katın görelî kat ötelemeleri %1, %3 ve %4 olması durumlarında sırasıyla *hemen kullanım*, *can güvenliği* ve *göçmenin önlenmesi* olarak belirlenmiştir, Tablo 1.2.

Tablo 1.2: TDY 2007 Performans Hasar Seviyeleri

	Görelî Kat Ötelenmesi Oranı
Hemen Kullanım	%1
Can Güvenliği	%3
Göçmenin Önlenmesi	%4

Yer değiştirme istemleri limit durumlar yoluyla tanımlanan hasar seviyeleriyle ilişkilendirilebilir. Hasar durumlarının sayısı kullanılan hasar ölçeğine bağlıdır. En sıklıkla kullanılan hasar ölçeklerinden bazıları: HAZUS99 (FEMA, 1999), ATC-13 (ATC, 1985), Vision 2000 (SEAOC 1995) ve EMS98 (Grunthal, 1998). Bunlardan sonuncusu Avrupa’da yaygın olarak kullanılmaktadır. Rota ve ark. (2008) ve Gaspari (2009) tarafından yürütölen çalışmalarda da kullanılmıştır. Kırılgnlık eğrilerini belirlemek için çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Örneğin Dumova-Jovanoska (2000) hasarı beş kademedede sınıflandırmak için Park & Ang

Hasar İndeksi 'ni kullanmıştır: hasarsız, küçük, orta, şiddetli ve yıkıcı hasar. Rossetto & Elnashai (2005) hasarı yedi kademedeyi sınıflandırmak için maksimum görece kat öteleme değerlerini kullanmıştır: Hasarsız, küçük, hafif, orta, kapsamlı hasar, kısmi yıkılma ve yıkılma. Ayrıca akma ve yıkılma hasar durumları da analitik değerlendirme yöntemlerinde kullanılmıştır. [13]

Kırılabilirlik eğrilerinin üretilmesinde çeşitli hasar indeksleri kullanılabilir. Betonarme yapılar için; elaman uçlarındaki maksimum kiriş dönme talebi, maksimum kesme kuvveti talebi, bölgesel Park ve Ang Hasar İndeksi (1985), yığma yapılar için yığma yapının kesme dayanımı gibi parametreler hasar ölçüsü olarak kullanılabilir. Karma sistemler için hasar ölçüleri bileşenlerin doğası, önemi ve ayrıca istatistiksel bağıntıları / bağımsızlığı hesaba katılarak bileşenlerinin hasar ölçülerinden oluşturulabilir. Örneğin, Erduran ve Yakut [2007] bölme duvarlı betonarme çerçeve binalar için binanın yapısal elemanlarının maruz kaldığı hasarı esas alan bir yöntem sunmuştur. Bu tez çalışmasında hasarın ölçeklendirilmesi için TDY 2007 çalışmasında geçen ve hasar ölçüsü olarak maksimum görece kat ötelemesi değerleri limit durum olarak kullanılmıştır. Bu limit durumları analiz sonuçlarının değerlendirildiği 3. bölümde ayrıntılı olarak anlatılacaktır.

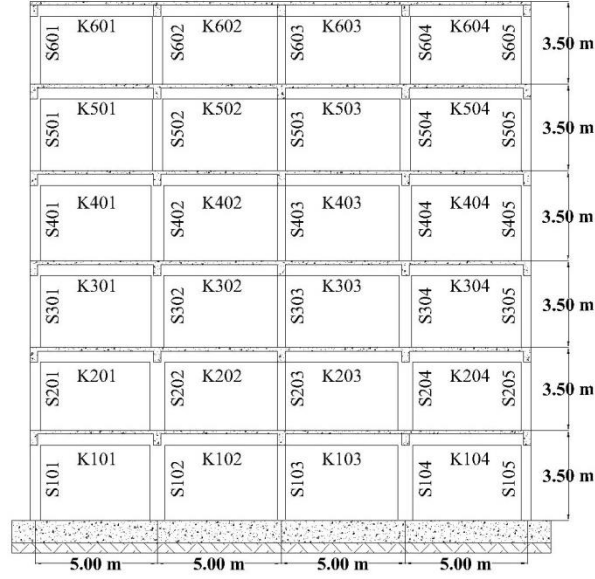
2. ÇALIŞMADA KULLANILAN YAPININ İNCELENMESİ

2.1. Giriş

Bu çalışmada 6 katlı 4 açıklıklı betonarme çerçeve sistemi için “*Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemi*” kullanılarak dinamik analizi gerçekleştirilmiştir. Seçilen 13 adet deprem kaydı yalın çerçeve modeline etki ettirilip daha sonra yapılan güçlendirme sonrasında elde edilen çerçeveye etki ettirilmiştir. Çıkan analiz sonuçları TDY 2007’deki performans koşullarına göre değerlendirilmiştir. TDY 2007’ye göre kullanım amacı bina türü yapılarda görelî kat ötelemesi hasar sınırları %1 Hemen Kullanım, %3 Can Güvenliği, %4 Göçmenin Önlenmesi olarak tanımlanmıştır. Yapılan değerlendirmeler bu kriterler göz önünde bulunarak yapılmıştır.

2.2. Yapı Genel Bilgileri

Türkiye’de bulunan yapıların geneline bakılarak modellenen yapı sistemi 6 kat ve 4 açıklıktan oluşan konut tipi yapıdır. Taşıyıcı sistemi betonarme kolon-kiriş çerçeveden oluşmakta olup malzeme olarak C20 beton ve S420 donatı çeliği seçilmiştir. Modele ait geometrik büyüklükler Şekil 2.1’de verilmiştir.



Şekil 2.1: Kullanılan Sistem Ölçüleri

Yapılan çalışmada sonuçların daha gerçekçi sonuçlarla yorumlanabilmesi için doğrusal olmayan analiz yöntemi seçilmiştir. Bu hesap yönteminin uygulanmasını sağlayan Seismo Struct 7.0.0 programı modellemede ve sonuçların alınmasında kullanılmıştır.

Seismo Struct, yapıların statik ve dinamik yükler altında geometri ve malzeme açısından lineer olmama durumunu hesaba katarak yerdeğiştirme davranışını modelleyebilen sonlu eleman esasına dayalı olarak çalışan yapısal analiz programıdır.

Yazılımın üç ana modülü vardır; İşlemci: analizin çalıştırıldığı alan, modülün kontrolü tamamen görsel ara yüz dosya ayarlama, programlama komut dizisi hazırlama, vb. diğer zaman alıcı ve karmaşık metin düzenleme işlemleri yapmayı gerektirmemektedir. Diğer taraftan, İşlemci yerdeğiştirme eğrilerinin ve yapının deforme şeklinin çizimlerini eş zamanlı olarak gösterilmesi, analizin durdurulup/devam ettirilmesi özelliklerine; Art işlemciye elde edilen tüm çizimlerin özelleştirilmesi gibi kullanıcıların verimliliğini artıran ileri art işlemci özelliklerine sahiptir.

Yapı Özellikleri:

- Kat Sayısı: 6

- Kat Yükseklikleri: 3,5 m
- Kullanım Amacı: Bina
- Taşıyıcı Sistem: Betonarme Çerçeve Sistem

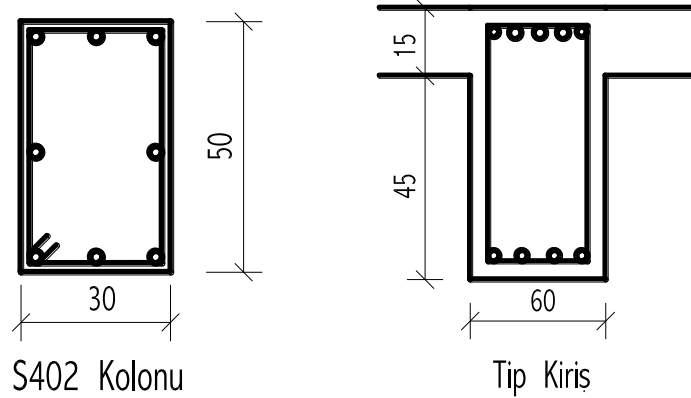
Malzeme Özellikleri:

- Beton Sınıfı: C20
- Donatı Sınıfı: S420

2.2.1. Betonarme çerçeve sistemi oluşturan elemanlar

Çalışma için modellenen sistem betonarme kolon- kiriş elemanlardan oluşan çerçeve sistemdir. Kolon boyutları üst katlara doğru küçültülmüş ancak kiriş ebatları sabit tutulmuştur.

Çerçeve sistemi oluşturan kolon ve kiriş en kesitlerine ait boyutlar Şekil 2.2’de verilmiştir.



Şekil 2.2: Kolon – kiriş boyutları

Kolon kesitleri taşıyacağı yüklerle orantılı olarak üst katlara gidildikçe küçültülmüştür. Kullanılan kolon donatı bilgileri ile kolon kesit bilgileri Tablo 2.1’de verilmiştir. Kirişler tüm katlarda aynı en kesit boyutlarına sahiptir ve donatı bilgileri Tablo 2.2’de verilmiştir.

Tablo 2.1: Kolon En Kesit Boyutları ve Boyuna Donatıları

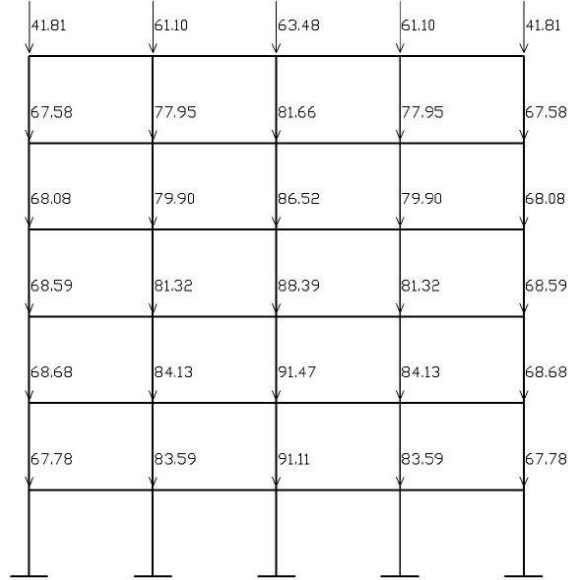
Kat	Kolon	b/h (cm)	Donatı	Kat	Kolon	b/h (cm)	Donatı
6	S601	30/40	4Φ18 + 4Φ16	3	S301	30/40	4Φ18 + 4Φ16
	S602	30/40	8Φ16		S302	30/50	8Φ20
	S603	40/30	4Φ16 + 4Φ14		S303	50/30	8Φ20
	S604	30/40	8Φ16		S304	30/50	8Φ20
	S605	30/40	4Φ18 + 4Φ16		S305	30/40	4Φ18 + 4Φ16
5	S501	30/40	4Φ18 + 4Φ16	2	S201	30/40	4Φ18 + 4Φ16
	S502	30/40	8Φ16		S202	30/60	4Φ22 + 4Φ20
	S503	40/30	4Φ16 + 4Φ14		S203	60/30	8Φ20
	S504	30/40	8Φ16		S204	30/60	4Φ22 + 4Φ20
	S505	30/40	4Φ18 + 4Φ16		S205	30/40	4Φ18 + 4Φ16
4	S401	30/40	4Φ18 + 4Φ16	1	S101	30/40	4Φ18 + 4Φ16
	S402	30/50	8Φ20		S102	30/60	4Φ22 + 4Φ20
	S403	50/30	8Φ20		S103	60/30	8Φ20
	S404	30/50	8Φ20		S104	30/60	4Φ22 + 4Φ20
	S405	30/40	4Φ18 + 4Φ16		S105	30/40	4Φ18 + 4Φ16

Tablo 2.2: Kiriş En kesit Boyutları ve Boyuna Donatıları

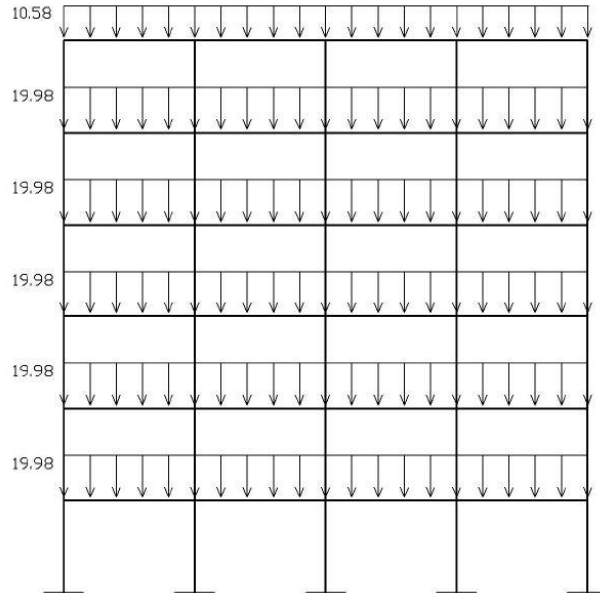
Kat	Kiriş	b/h (cm)	Alt Donatı	Üst Donatı	Sol Mesnet Üst Ek Donatısı	Sağ Mesnet Üst Ek Donatısı
6	K601	30/60	3Φ16	2Φ12	2Φ18	2Φ18
	K602	30/60	3Φ16	2Φ12	2Φ18	2Φ14
	K603	30/60	3Φ16	2Φ12	2Φ14	2Φ18
	K604	30/60	3Φ16	2Φ12	2Φ18	2Φ18
5	K501	30/60	3Φ16	2Φ12	2Φ18	2Φ18
	K502	30/60	3Φ16	2Φ12	2Φ18	2Φ14
	K503	30/60	3Φ16	2Φ12	2Φ14	2Φ18
	K504	30/60	3Φ16	2Φ12	2Φ18	2Φ18
4	K401	30/60	4Φ16	2Φ14	3Φ20	3Φ20
	K402	30/60	4Φ16	2Φ14	3Φ20	2Φ20
	K403	30/60	4Φ16	2Φ14	2Φ20	3Φ20
	K404	30/60	4Φ16	2Φ14	3Φ20	3Φ20
3	K301	30/60	4Φ16	2Φ14	3Φ20	3Φ20
	K302	30/60	4Φ16	2Φ14	3Φ20	2Φ20
	K303	30/60	4Φ16	2Φ14	2Φ20	3Φ20
	K304	30/60	4Φ16	2Φ14	3Φ20	3Φ20
2	K201	30/60	4Φ16	3Φ14	2Φ22	3Φ22
	K202	30/60	4Φ16	3Φ14	3Φ22	1Φ22
	K203	30/60	4Φ16	3Φ14	1Φ22	3Φ22
	K204	30/60	4Φ16	3Φ14	3Φ22	2Φ22
1	K101	30/60	4Φ16	3Φ14	2Φ22	3Φ22
	K102	30/60	4Φ16	3Φ14	3Φ22	1Φ22
	K103	30/60	4Φ16	3Φ14	1Φ22	3Φ22
	K104	30/60	4Φ16	3Φ14	3Φ22	2Φ22

2.2.2.Yapı sisteme etkiyen yükler

Yapı sistemine etkiyen düşey tekil ve yayılı yükler (G+0.3Q) Sekil 2.3 ve Sekil 2.4'te gösterilmiştir. [14]



Şekil 2.3: Sisteme Etkiyen Tekil Yükler (kN) (Yıldız D.H.-2008)



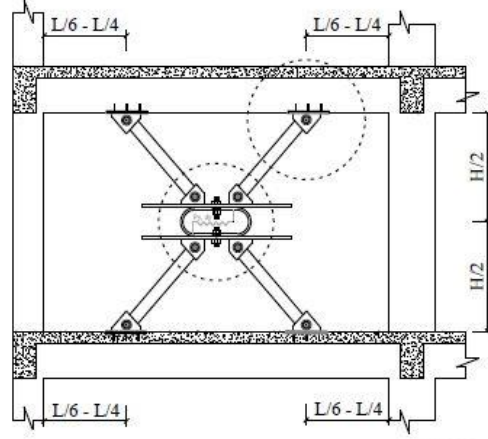
Şekil 2.4: Sisteme Etkiyen Yayılı Yükler (kN) (Yıldız D.H.-2008)

2.3 Güçlendirme Yöntemi için Önerilen Analitik Model

Yapılarda güçlendirme tekniklerine bakıldığı zaman betonarme yapılar için genel olarak kolon ve kiriş mantolanması, dolgu duvarların perdelerle güçlendirilmesi ya da karbon lifli polimer malzeme kullanılarak sargılama şeklinde uygulama yapıldığı görülmektedir. Yer değiştirme azaltılan bu uygulama teknikleri yapıların rijitliğini arttırarak üzerine gelecek deprem yüklerini de büyütmektedir.

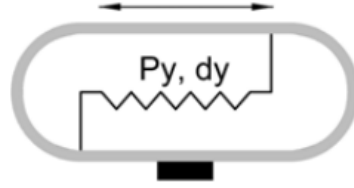
Günümüzde yapıların güçlendirilmesi için daha çok yapının deprem istemine fazla müdahale etmeden bir takım teknolojik cihazların kullanılması tercih edilmektedir. Bu cihazlar yapıların temel seviyesinde kullanılan *sismik izolatör* veya üst yapının çerçeve gözlerine yerleştirilen *sismik sönümleyiciler* olarak sınıflandırılabilir. Söz konusu cihazlar maliyet açısından oldukça yüksek olup ülkemizin az veya orta katlı yapı stokuna uygun düşmemektedir. Benzer kapsamda sismik sönümleyiciler yer değiştirme istemlerinin fazla olduğu yüksek katlı çelik yapılarda daha etkin çalışması söz konusudur.

Yukarıda belirtilen hususlar dikkate alındığında ülkemizin yapı stokuna uygun nitelikte ucuz ve betonarme tipi yapılara uygulanabilen yerel koşullarda imal edilebilen sönümleyici elemanlar ön plana çıkmaktadır. Özkaynak (2016) [15] betonarme çerçevelerde kullanılmak üzere SAFECLADDING isimli bir Avrupa Birliği projesi kapsamında İstanbul Teknik Üniversitesi Yapı ve Deprem Mühendisliği Laboratuvarında geliştirilen çelik yastık tipindeki elemanların betonarme çerçevelerde kullanılmak üzere önermiştir.[16] Betonarme çerçeveler de çelik yastık kullanılmak suretiyle deprem enerjisi önemli ölçüde sönmülenebilmektedir. Kalınlığı 18 mm olan çelik yastık minimum hasar sınırında toplam enerjinin %75'ini sönmüleyebilmektedir. Metal eleman için önerilen uygulama detayı Şekil 2.5'te görülmektedir.



Şekil 2.5: Çelik Eleman Uygulama Detayı (Özkaynak 2016)

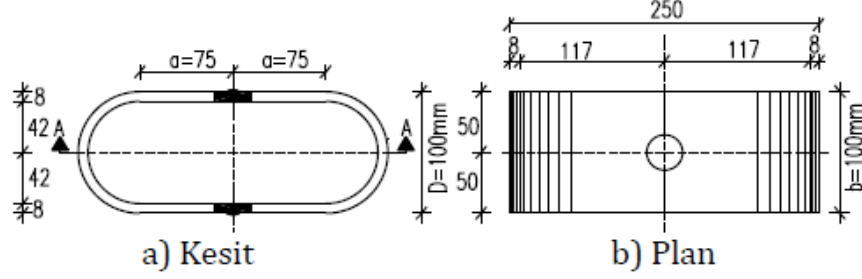
Bu çalışmada mevcut az katlı yapıları temsil edebilecek nitelikte seçilen 6 katlı betonarme yapının deprem performansına çelik eleman uygulamasının etkisi analitik ortamda incelenmiştir. Çelik yastıklar, akma parametreleri (P_y , d_y) olan bağlantı elemanı olarak modellenmiştir, Şekil 2.6. Çelik yastıklar, betonarme çerçeveye rijit boru elemanlar ile uçları mafsallı olarak bağlanmıştır. Boru elemanların rijit olmasının en önemli sebebi, tüm plastik şekil değiştirmelerin çelik yastık elemanda toplanmasının sağlanmasıdır. Boru elemanlar betonarme çerçevenin düşey yükler etkisindeki yaklaşık moment sıfır noktalarına mafsallı olarak bağlanmıştır.



Şekil 2.6: Analitik yay modeli (Özkaynak 2016)

Özkaynak 2017, çelik eleman için önerilen bir analitik model için bir bağlantı elemanı önermiş olup söz konusu analitik model elemanın çevrimsel davranışını yeterli yaklaşımla tahmin edebilmektedir. Analitik modelin oluşturulabilmesi için çelik elemanın akma dayanımı (P_y) ve akma yer değiştirmesi (d_y) gibi birtakım parametrelerin hesaplanması gerekmektedir. Burada gerçekleştirilen çalışma

kapsamında betonarme yapının güçlendirilmesi için 8, 18 ve 25 mm kalınlıklarında çelik eleman kullanımı tercih edilmiştir. Çelik eleman için geometrik büyüklükler Şekil 2.6’da görülmektedir.



Şekil 2.7: Metal Sönümleyici (JRC Technical Reports,2016)

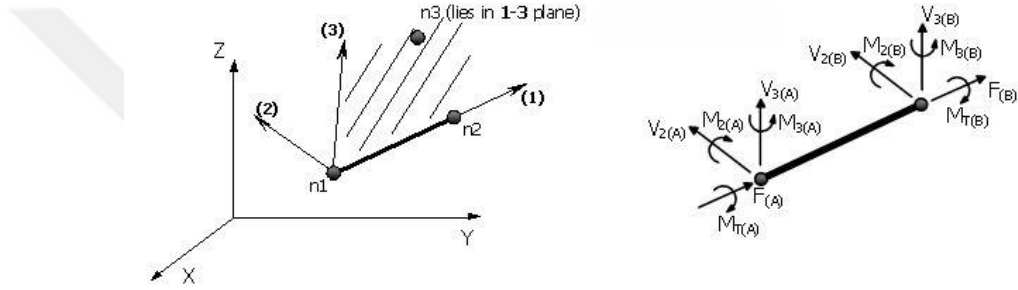
Önerilen analitik model için geçerli olan karakteristik mekanik özellikler (P_y , d_y) Tablo 2.3’te görülmektedir.

Tablo 2.3: Çelik Eleman için Önerilen Mekanik Özellikler

t(mm)	F_{yd} (N/mm ²)	b (mm)	E (N/mm ²)	P_y (N)	d_y (mm)
8	350	100	200000	24348	2,91
18	350	100	200000	138293	1,45
25	350	100	200000	291667	1,14

Bağlantı elemanı çok katlı betonarme yapılarda kullanılmak üzere çelik elemanları temsil etmek amacıyla bu çalışma kapsamında kullanılmıştır. Kullanılan bağlantı elemanı diğer güçlendirme sistemleri ile karşılaştırıldığında daha basit uygulamaya imkân verdiği, ekonomik oluşu, uygulama esnasında yapıdaki faaliyetlerin sürdürülebilirliğinin devamı, uygulama süresinin kısıtlılığı gibi özellikleri tercih sebebi olmuştur. Güçlendirme sisteminde deforme olabilen bir çelik elemanın kullanılmasının amacı yapıya yatay olarak etkiyen kuvvetlerin sonucunda oluşan yer değiştirmeleri kısıtlayarak yapıda oluşan enerjiyi absorbe etmesidir. Bu sayede yapı üzerinde kuvvetlerin etkimesi sonrasında oluşabilecek hasarın minimize

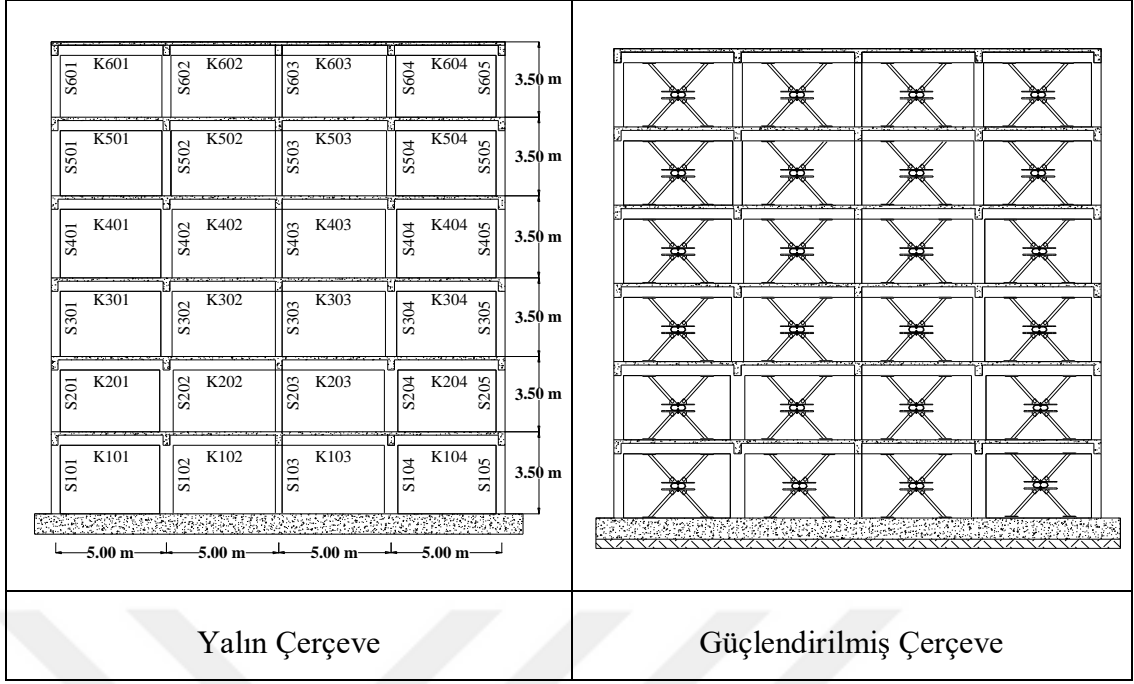
edilmesini sağlamaktadır. Sistemin güçlendirilmesi için uygulanan yastıkların kalınlıkları 8mm, 18 mm ve 25 mm olarak seçilmiştir. Bu kalınlıklara ait yastıkların yük-yer değiştirme ($P_y - d_y$) parametreleri tabloda verilmiştir. Link elemanının bir çeşit sönümleyici olarak tanımlanmasına imkân veren Seimo Struct; bu elemana ait çeşitli parametrelerin girilmesi ile birlikte daha kolay analiz yapmaya olanak sağlamıştır, Şekil 2.7. Çelik elemanlara ait deneyler, 3,5 ve 8 mm kalınlığındaki levhalar kullanılarak yapılmış olup, farklı kalınlıktaki çelik elemanların akma parametreleri Güllü ve diğ. [17] çalışmasından elde edilmiştir.



Şekil 2.8: Metal sönümleyicinin Seimo Struct programına tanımlanması

2.4 Çerçeve Sistemin Analitik Modeli

Çalışmaya esas olarak kullanılan çerçeve modelleri Şekil 2.8’te gösterilmiştir. Güçlendirilmiş yapı yalın haldeki çerçeve sistemin açıklıklarına konulan çelik yastık elemanlarla oluşturulmuştur.



Şekil 2.9: Analizlerde kullanılan çerçeve modelleri

Çalışmada kullanılan çerçeve sistemler lineer olmayan dinamik analizleri yapabilen Seismo Struct isimli program kullanılarak modellenmiştir. (SeismoStruct-2017). Bu program yapı elemanlarının analizinde lif esasına dayalı olarak ve sonlu eleman metodunu kullanarak yapmaktadır. Kolon ve kiriş gibi yapı elemanlarının kesit analizleri programın kendi bünyesinde otomatik olarak oluşturulmakta olup bu işlem için ayrıca farklı bir yazılım kullanılmamıştır. Yapı elemanları lineer olmayan davranış için yerdeğiştirmeye dayalı plastik mafsal elemanı (*infrmDBPH*) olarak seçilmesiyle modellenmiştir.

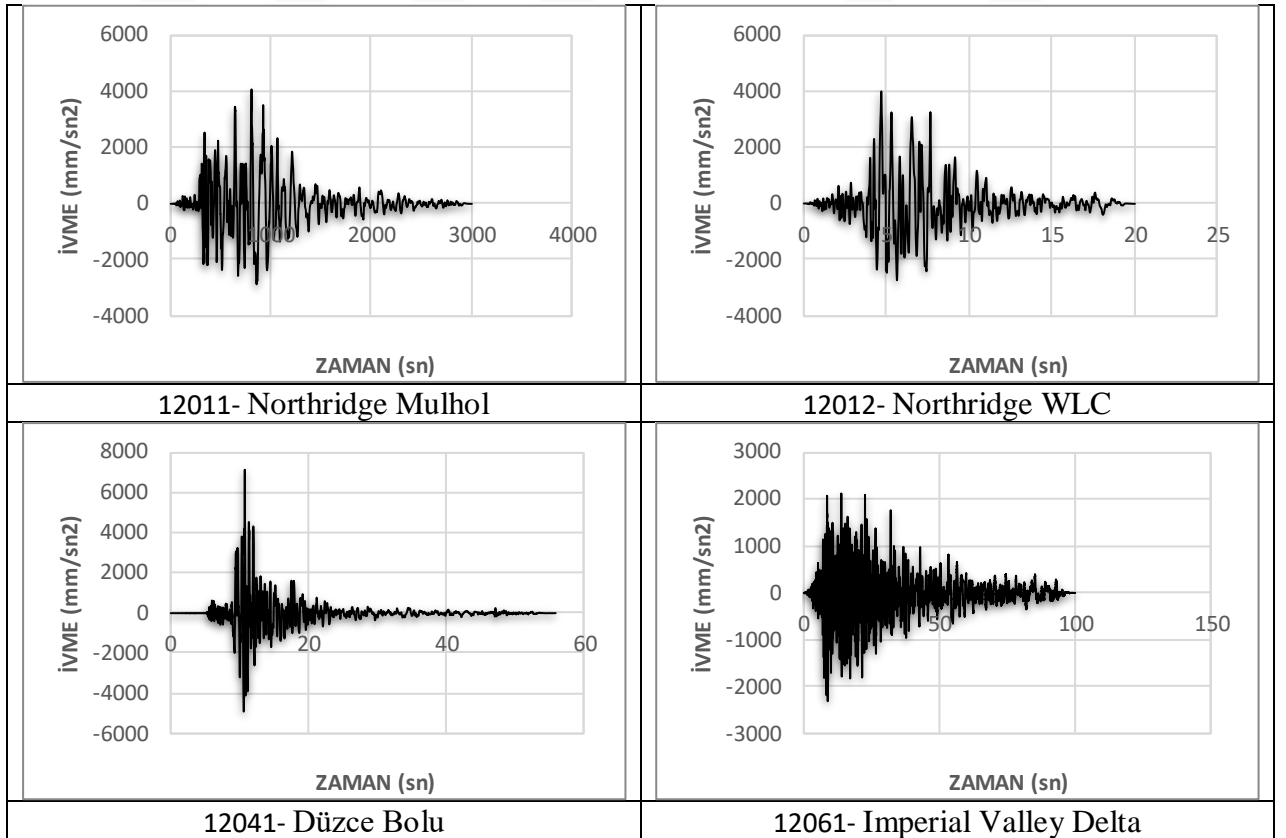
Seçilen bu eleman yerdeğiştirmeye dayalı üç boyutlu kolon-kiriş elemandır. Eleman tek bileşenli Giberson modeline [Giberson, 1967] sahip olup, bir elastik kiriş ve eleman uçlarında 2 ve 3 yerel eksenlerine bağlı birer (toplamda 4) tane dönel yay içerir. Tüm doğrusal olmayan şekil deformasyonlar dönel yaylarda yığılı haldeyken, elemanın geri kalanı elastik davranır. Eleman uçlarındaki iki eksen doğrultusunda oluşan moment-dönme ilişkileri birbirinden bağımsızdır. DBPH formülasyonu geometrik nonlineeriteleri modelleme kapasitesine sahiptir; plastik mafsallardaki malzeme inelastisitesi çekme ve basınçta farklı akma kapasitelerine sahip asimetrik Takeda-tipi bir eğriyle hesaba katılır. Monotonik eğri, betonun çatlamasını ve

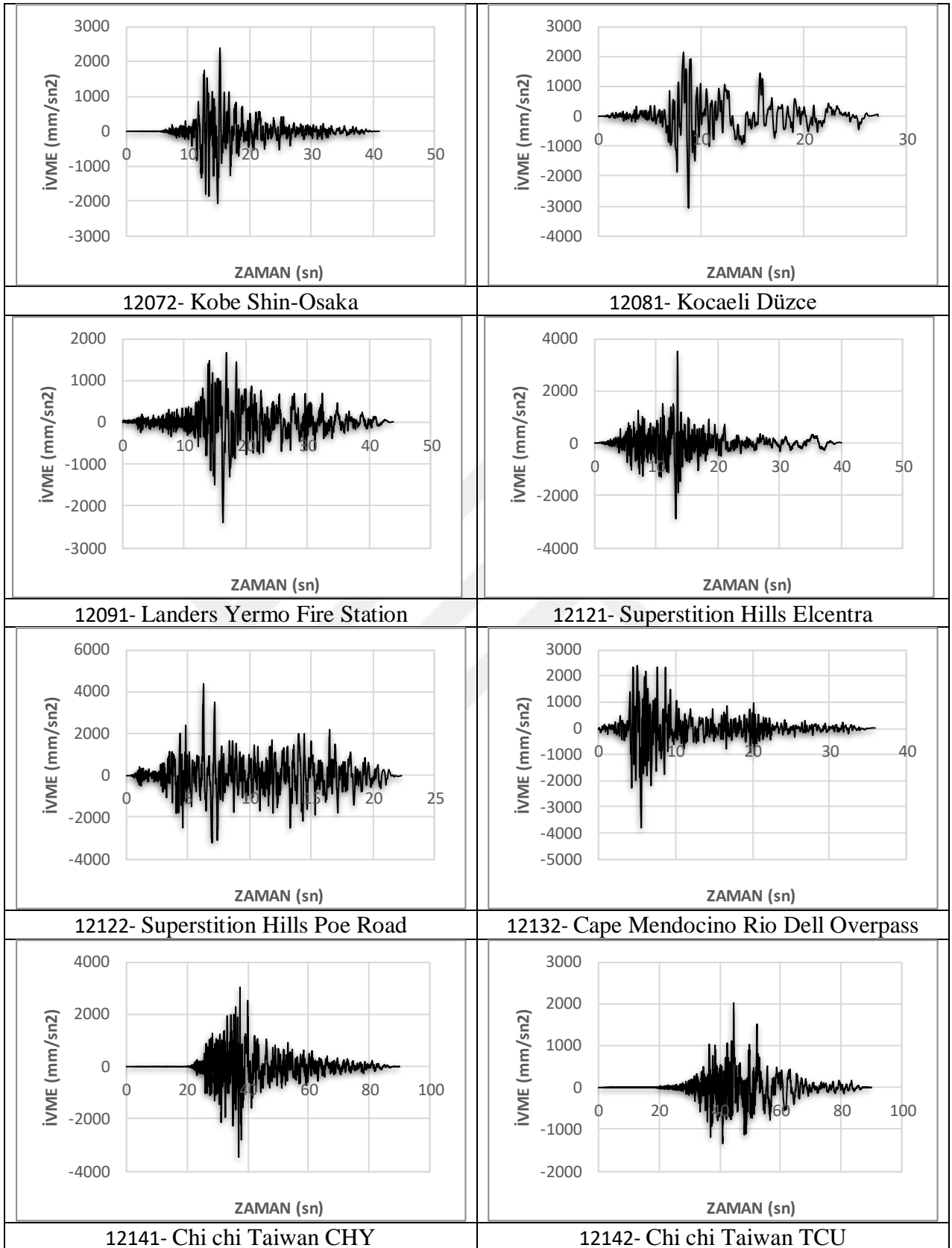
donatının akmasını dikkate alan üç doğrulu bir iskelet eğrisiyle tanımlanır. Histeretik (tekrarlı) eğri değişkenlerinin program tarafından otomatik olarak hesaplar.[18]

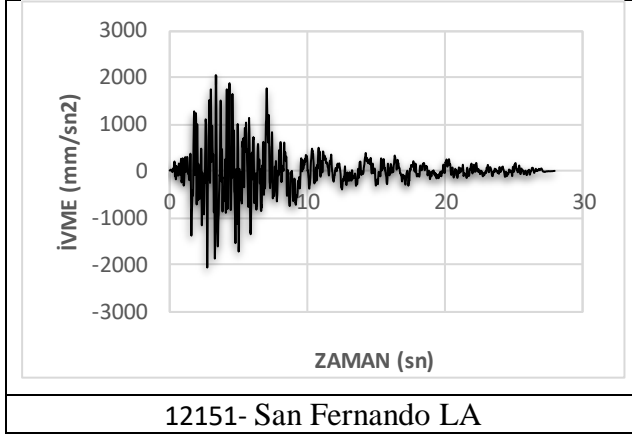
Çerçeve sistemlerin lineer olmayan dinamik analizleri farklı deprem kayıtları etkisinde gerçekleştirilmiştir. Yalın ve güçlendirilmiş çerçevelerin deprem performanslarının irdelenmesinde yerdeğiştirme, 1.kat kolon ve kat kesme kuvvetleri ve kırılma eğrileri kullanılmıştır.

2.5. Kullanılan Deprem İvme Kayıtları

Analizlerde kullanılan deprem kayıtları FEMA'nın P695 metoduna göre içerisinde Türkiye'de gerçekleşmiş olan depremlerinde bulunduğu 22 depremden oluşan bir paket seçilmiştir. Bu kayıtlardan TDY tasarım deprem spektrumuna en yakın olan 13 deprem kaydı ile çalışmaya devam edilmiştir Şekil 2.9.





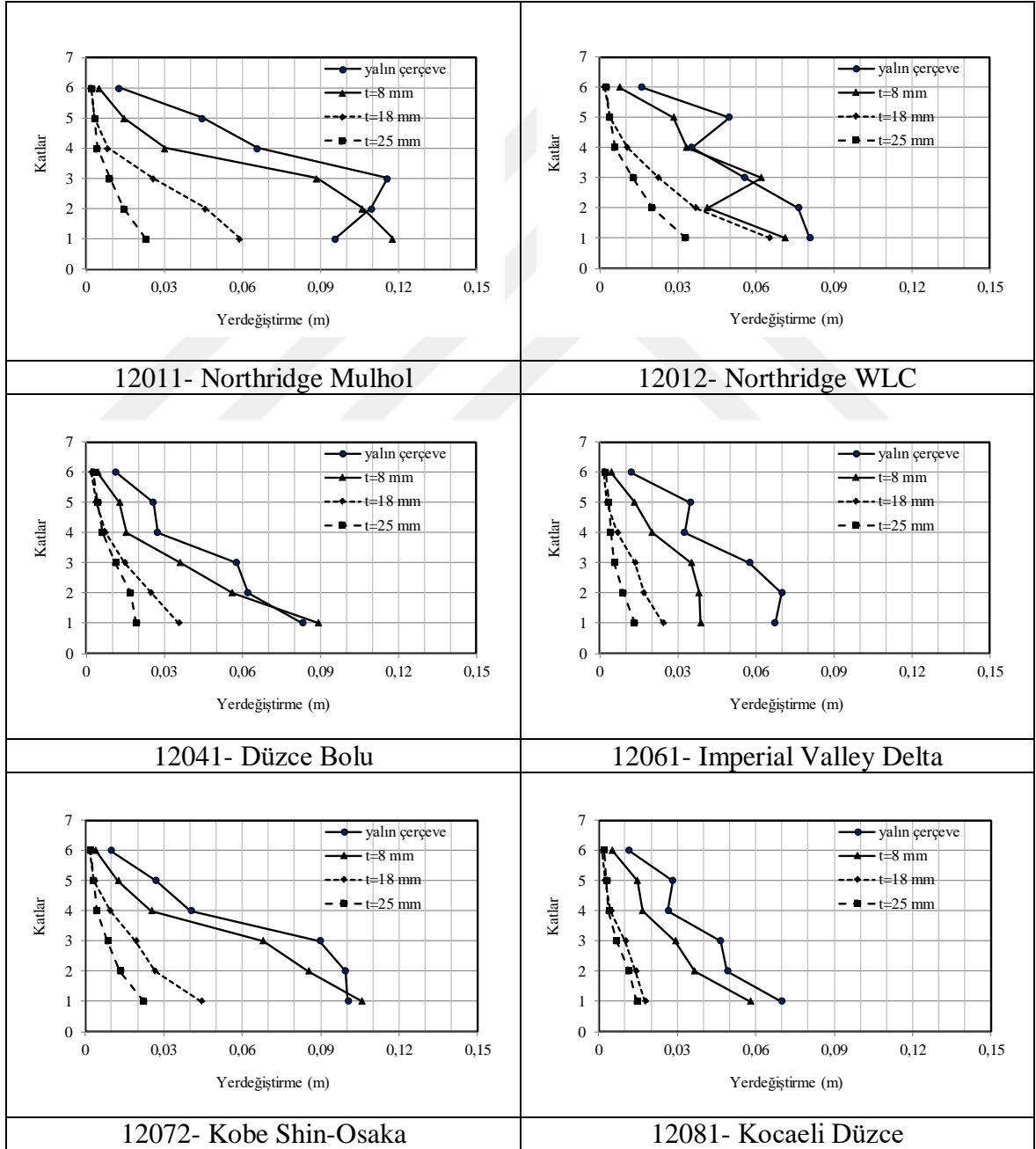


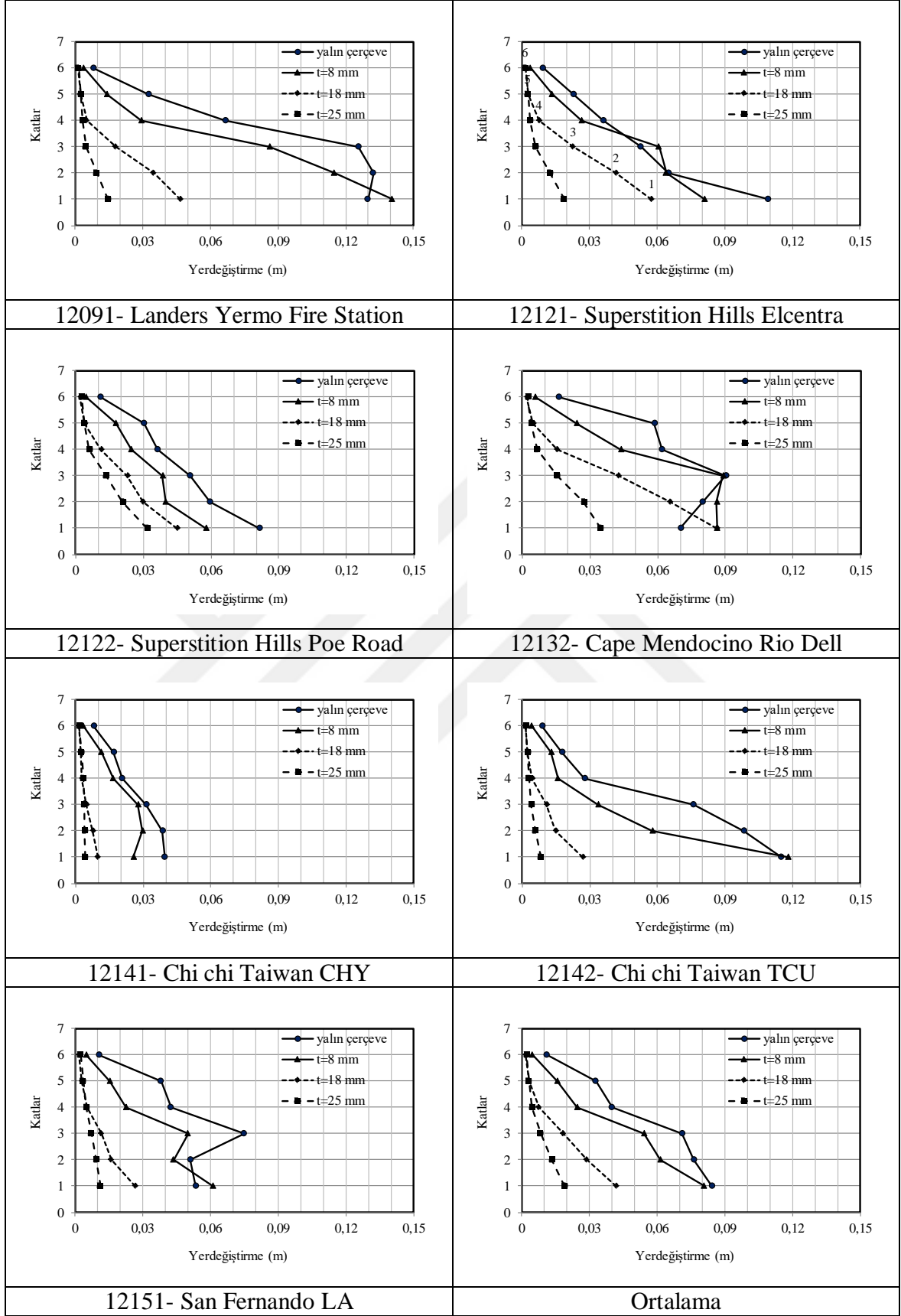
Şekil 2.10: Deprem İvme Kayıtları

3. ANALİZ SONUÇLARI

3.1. Kat Yer değiştirmeleri

Yalın çerçeve durumunda analiz sonuçlarından elde edilen kat yer değiştirmeleri ile 8, 18, 25 mm ile kalınlıklarında kullanılan çelik elemanlarla güçlendirilmiş durumlar için yer değiştirme değerlerinin karşılaştırılması Şekil 3.1' de görölmektedir.





Şekil 3.1: Yalın çerçeve- Güçlendirilmiş Durum Yerdeğiştirme Değerleri

Güçlendirilmiş durumda birçok deprem kaydı için kat yer değiştirme değerlerinde önemli ölçüde azalmalar görülmüştür. Deprem kayıtlarından 12121-Superstition Hills Elcentra kaydı göz önüne alındığında, kalınlığı 25 mm olan çelik yastık ile yapının ilk katında 0,02m yer değiştirme gözlenirken aynı kat hizasında kalınlığı 8 mm olan çelik elemanın kullanıldığı durumda 0,08m yer değiştirme sağlanmıştır. Bu durumda çelik eleman yer değiştirme istemini %75 azaltmıştır. Benzer şekilde 12142- Chi chi Taiwan TCU kaydı incelendiğinde ilk katta yalın çerçeve 0,11m yerdeğiştirme yaparken bu değer 18mm kalınlığında çelik yastık ile güçlendirilmiş sistemde 0,03m seviyesine gerilemiştir.

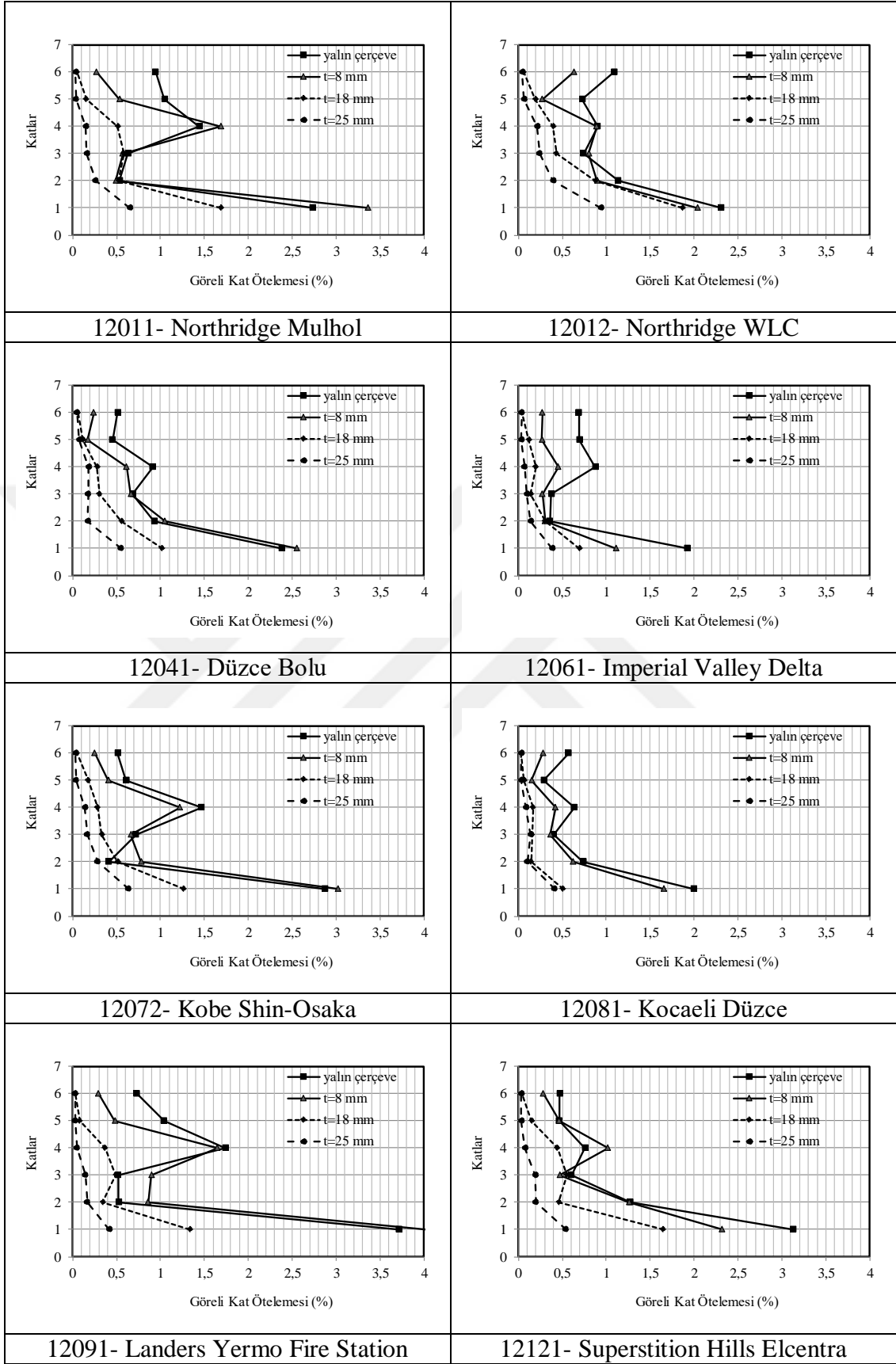
Kullanılan tüm depremlerin ortalama yerdeğiştirme değerleri Tablo 3.1’de gösterilmiştir. Buna göre yalın çerçevenin birinci kattaki yerdeğiştirme değeri 0,084m iken 8 mm kalınlığında güçlendirme elemanlı sistemde bu değer 0,08m’ye, 25 mm kalınlıkta ise 0,02m’ye kadar azalmıştır. Aynı şekilde son katta yalın çerçeve ile 18 mm kalınlıkta elemanla güçlendirilmiş sistem yerdeğiştirmeleri mukayese edildiğinde %82’ye yakın azalma olduğu görülmüştür.

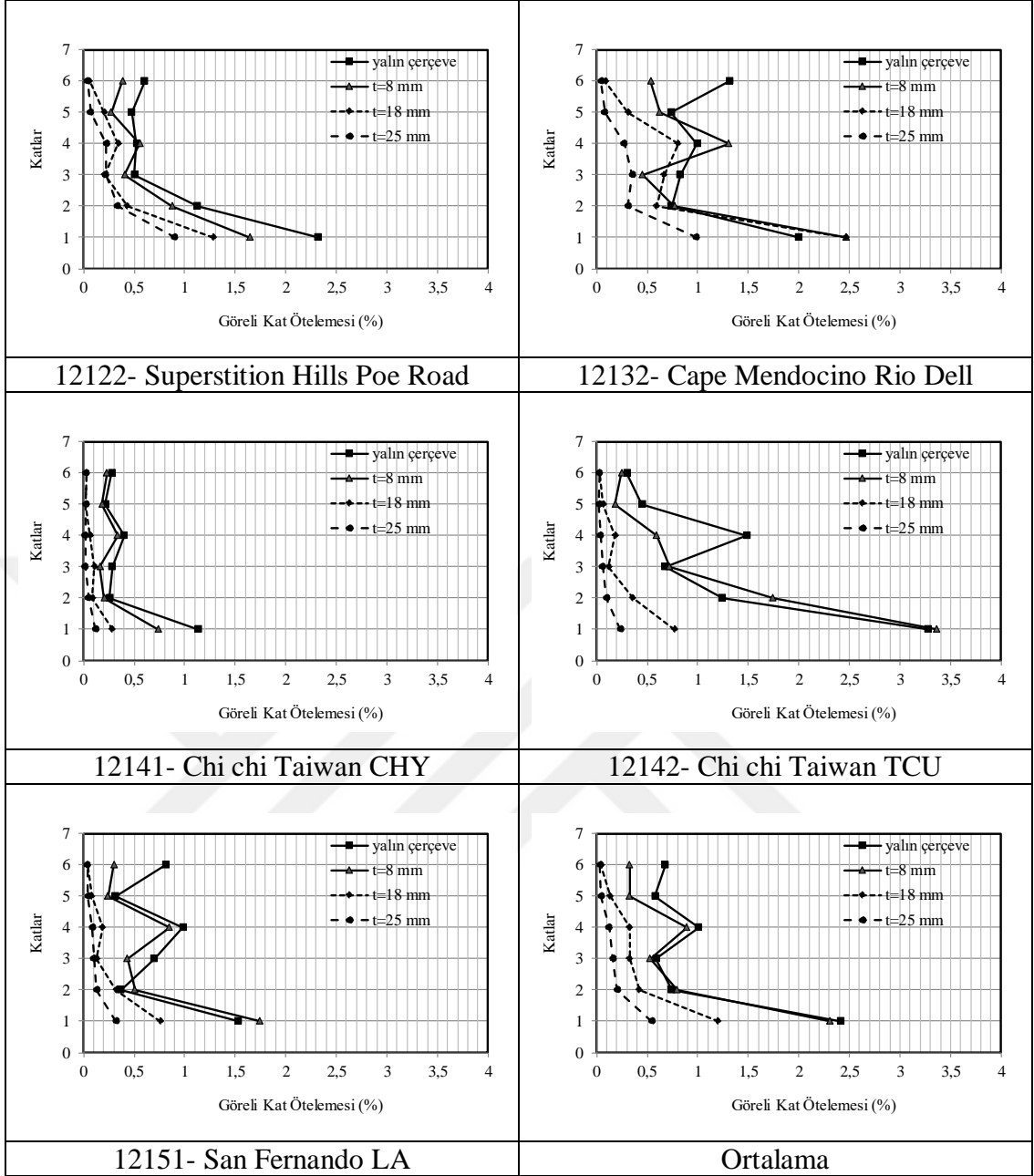
Tablo 3.1: Ortalama Yerdeğiştirme Değeri Sonuçları

ORTALAMA				
Katlar	Yalın Çerçeve	t:8 mm	t:18 mm	t:25 mm
1	0,084	0,081	0,042	0,019
2	0,076	0,062	0,029	0,013
3	0,071	0,054	0,018	0,008
4	0,040	0,025	0,008	0,005
5	0,033	0,016	0,003	0,003
6	0,011	0,005	0,002	0,002

3.2 Göreli Kat Ötelemeleri

Yerdeğiştirme değerlerine bağlı olarak hesaplanan göreli kat ötelemeleri yalın çerçeve ve güçlendirilmiş çerçeveler için hesaplanmış grafiksel olarak Şekil 3.2’de gösterilmiştir.





Şekil 3.2: Görelî Kat Ötelemesi Değerleri

Sonuçlar incelendiğinde yalın çerçeveye uygulanan çelik yastık elemanların görelî kat ötelemeleri oranlarına olumlu etkileri görülmektedir. 12011- Northridge Mulhol deprem kaydına bakıldığında birinci katta yalın çerçeve halinde %2,7 olan görelî kat ötelemesi oranı 18mm kalınlığında çelik yastık elemanlı şekilde %1,6 oranına gerilemiştir. Birinci katlar görelî kat ötelemesi oranlarının yapılarda en fazla olduğu katlar olduğundan bu katlara ait karşılaştırmalar önem arz etmektedir. Buna göre 12012- Northridge WLC deprem kaydı incelendiğinde birinci katta 8mm

kalınlık kullanılan sistem modelinin görelı kat ötelemesi oranı %2 iken bu oran 25mm kalınlıktaki sistemde %0,9'a düşmüştür.

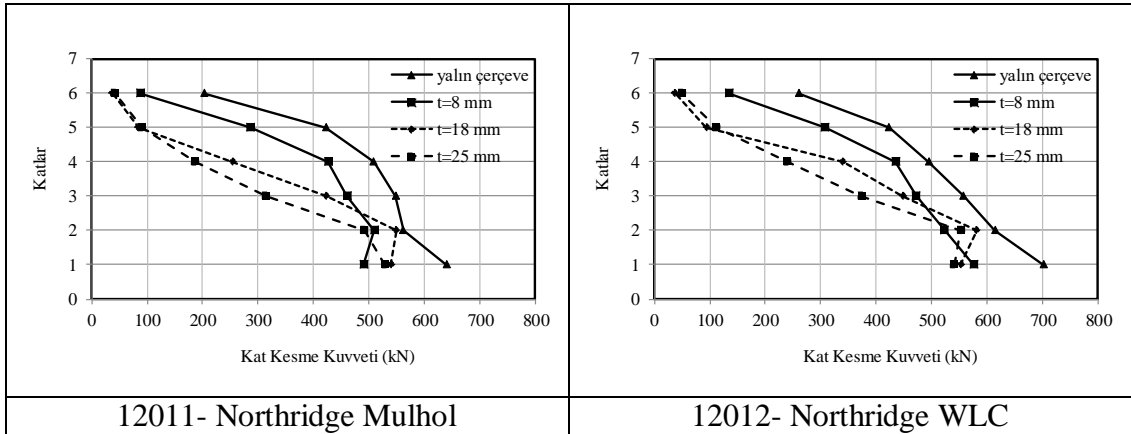
Bütün deprem kayıtlarının çalışmada kullanılan tiplerdeki çerçeve sistemlere etki ettirilmesi ile elde edilen ortalama görelı kat ötelemesi oranları Tablo 3.2'de verilmiştir. Buna göre katların geneline bakıldığında zaman yalın çerçevedeki öteleme oranlarının güçlendirmede kullanılan çelik yastık kalınlığı arttıkça azaldığı görülmüştür.

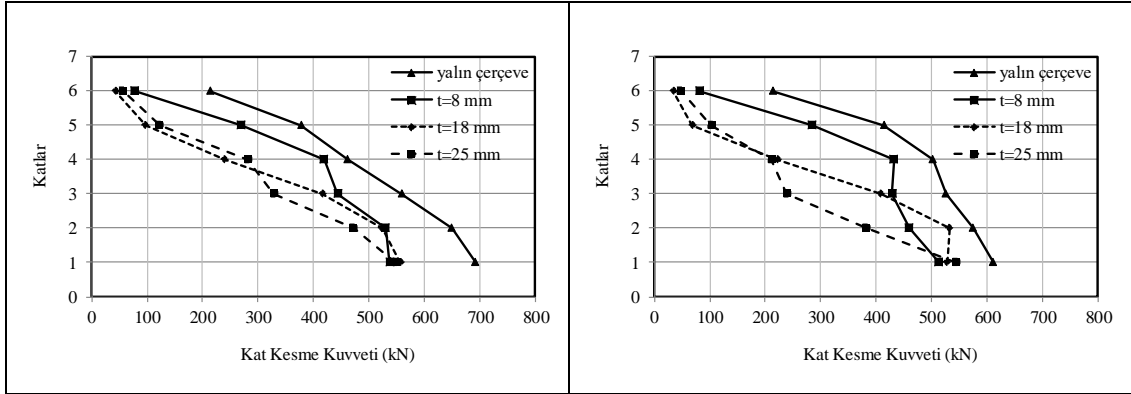
Tablo 3.2: Ortalama Görelı Kat Ötelemesi Değerleri

Ortalama				
Katlar	Yalın çerçeve	t=8 mm	t=18 mm	t=25 mm
1	2,41	2,31	1,20	0,55
2	0,74	0,80	0,42	0,20
3	0,59	0,53	0,32	0,16
4	1,01	0,89	0,33	0,12
5	0,58	0,33	0,13	0,04
6	0,68	0,32	0,04	0,04

3.3 Kat Kesme Kuvvetleri

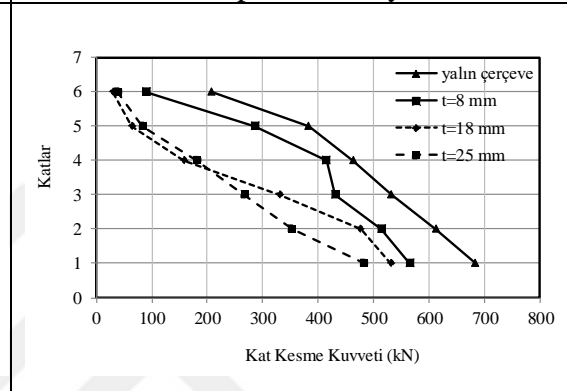
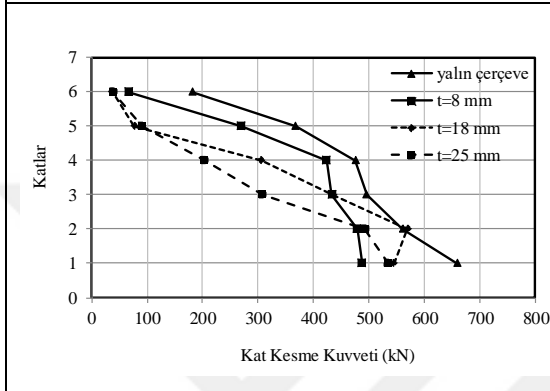
Kullanılan deprem kayıtlarına ait yalın ve güçlendirilmiş çerçevelerin kat kesme kuvveti değerleri hesaplanarak grafiksel olarak Şekil 3.3'te sunulmuştur.





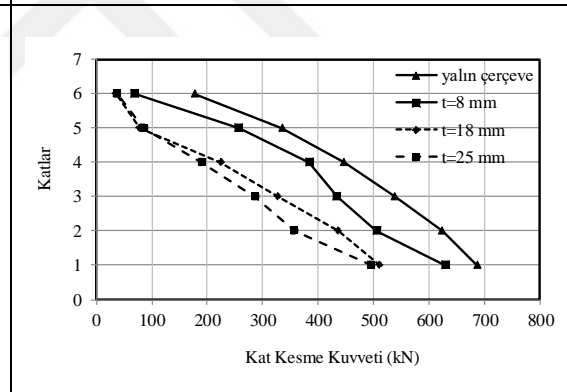
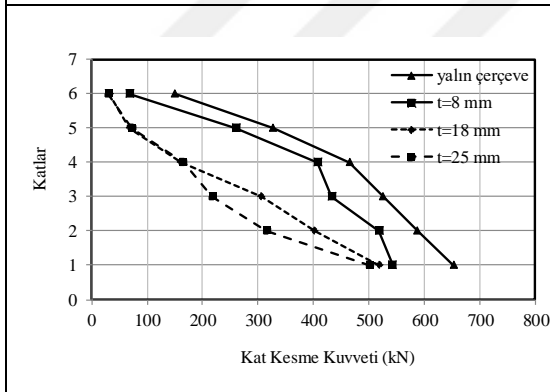
12041- Düzce Bolu

12061- Imperial Valley Delta



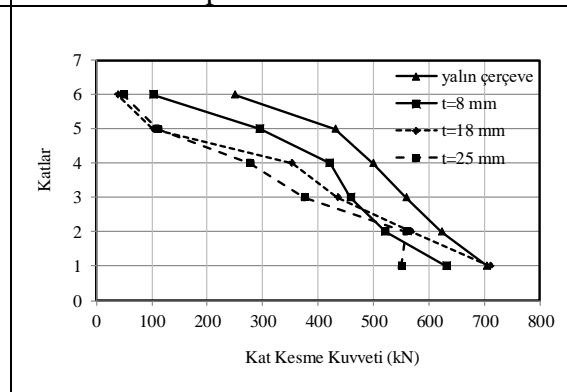
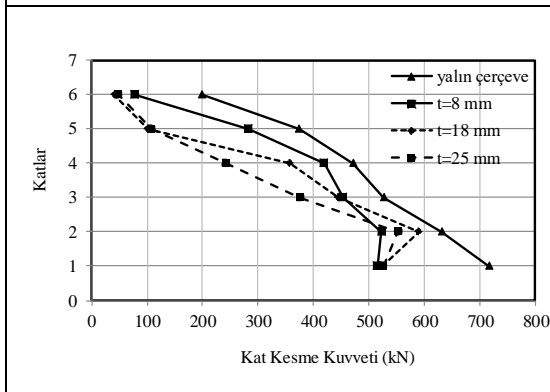
12072- Kobe Shin-Osaka

12081- Kocaeli Düzce



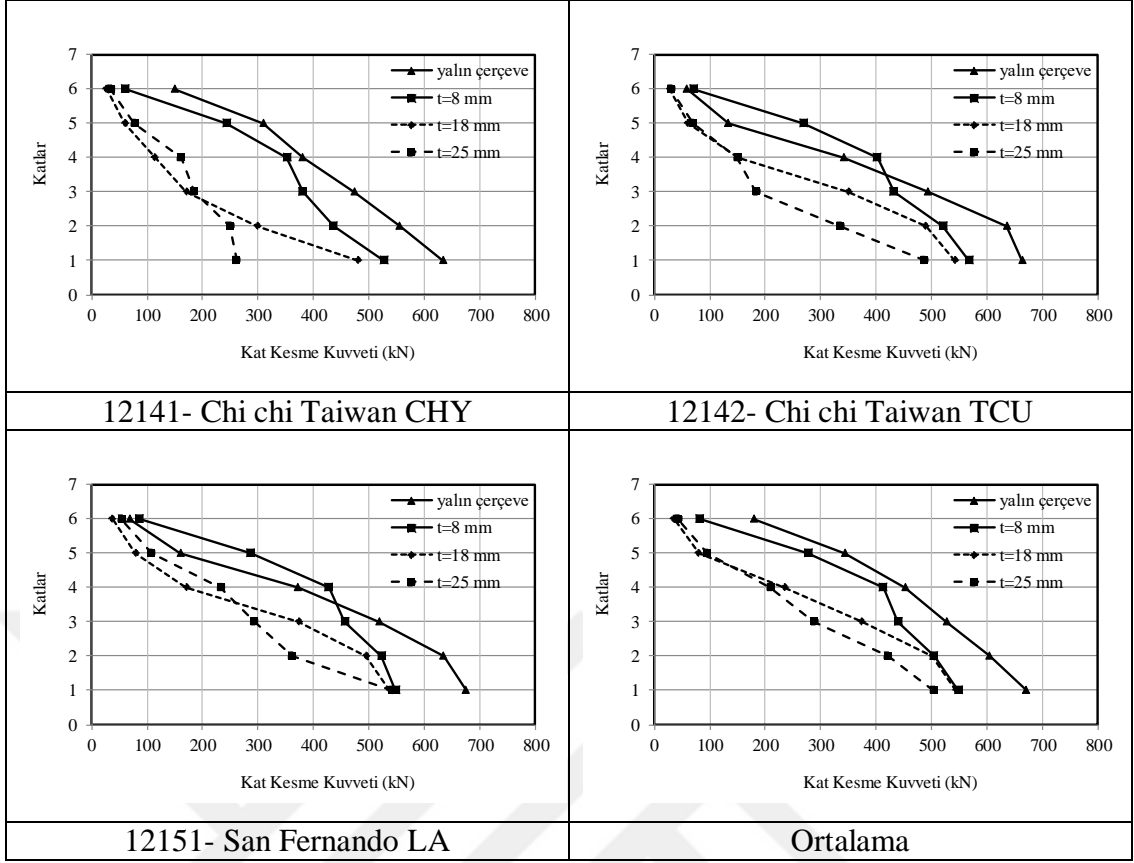
12091- Landers Yermo Fire Station

12121- Superstition Hills Elcentra



12122- Superstition Hills Poe Road

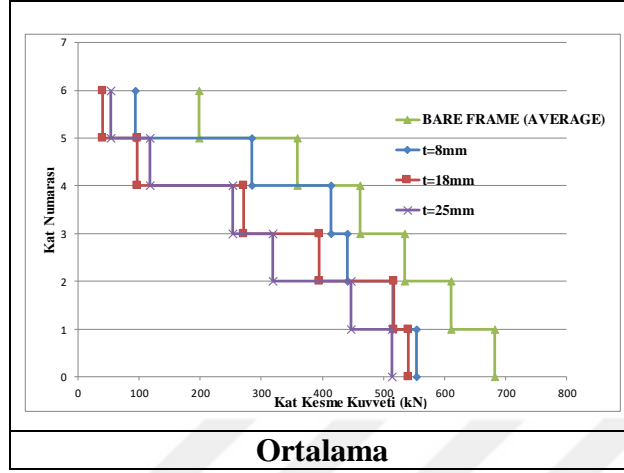
12132- Cape Mendocino Rio Dell



Şekil 3.3: Kat Kesme Kuvveti Değerleri

Analiz sonuçlarından elde edilen kat kesme kuvveti değerleri incelendiğinde 12091- Landers Yermo Fire Station deprem kaydında yalın çerçevenin birinci katında 653kN olan değer 25mm kalınlıktaki çelik yastık eleman kullanılan durumda 501kN'a gerilemiştir. Gene aynı deprem kaydındaki üçüncü katta 526kN olan yalın çerçeveye ait kat kesme kuvveti 25mm'lik sistemde 217kN'a kadar gerilemiştir. Çelik yastık elemanlarda birbiri ile karşılaştırıldığında kat kesme kuvvetlerini azaltma oranlarının katlara göre değişiklik gösterdiği görülmüştür. Örneğin 12141- Chi chi Taiwan CHY deprem kaydına göre kat kesme kuvvetlerine bakıldığında ikinci katta yalın çerçeveye göre 8mm kalınlık %21, 25mm kalınlık ise %55 oranında azalma sağlamıştır. Aynı deprem kaydındaki dördüncü katta ise 8mm kalınlığındaki çelik yastıklı sistem kat kesme kuvvetinde %5 azaltma meydana getirirken bu değer 25mm kalınlıktaki sistem için %44'tür.

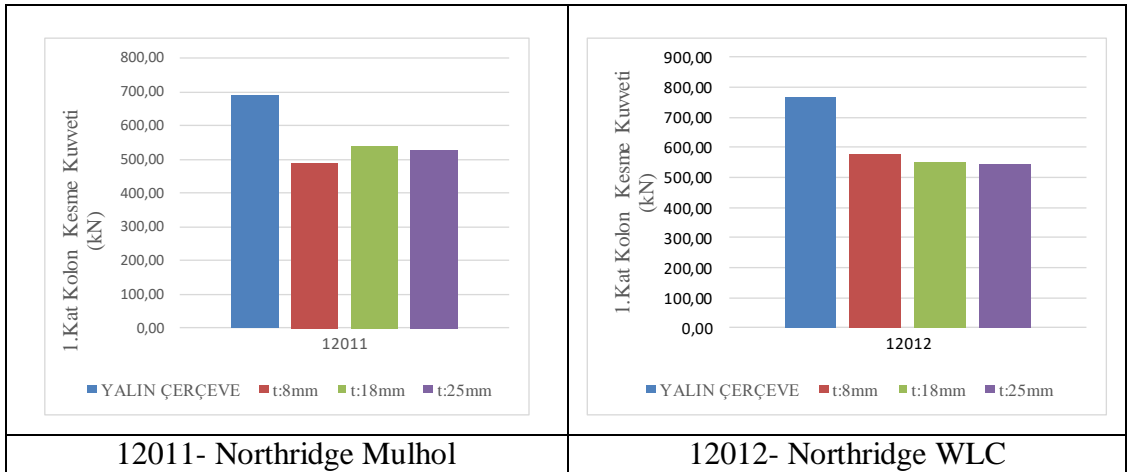
Ortalama olarak bakılırsa kat kesme kuvveti değerlerinin güçlendirilmiş sistemde yalın çerçeveye nazaran önemli ölçülerde azaltmalar meydana getirdiği Şekil 3.4'te yer alan grafikte görülmektedir.

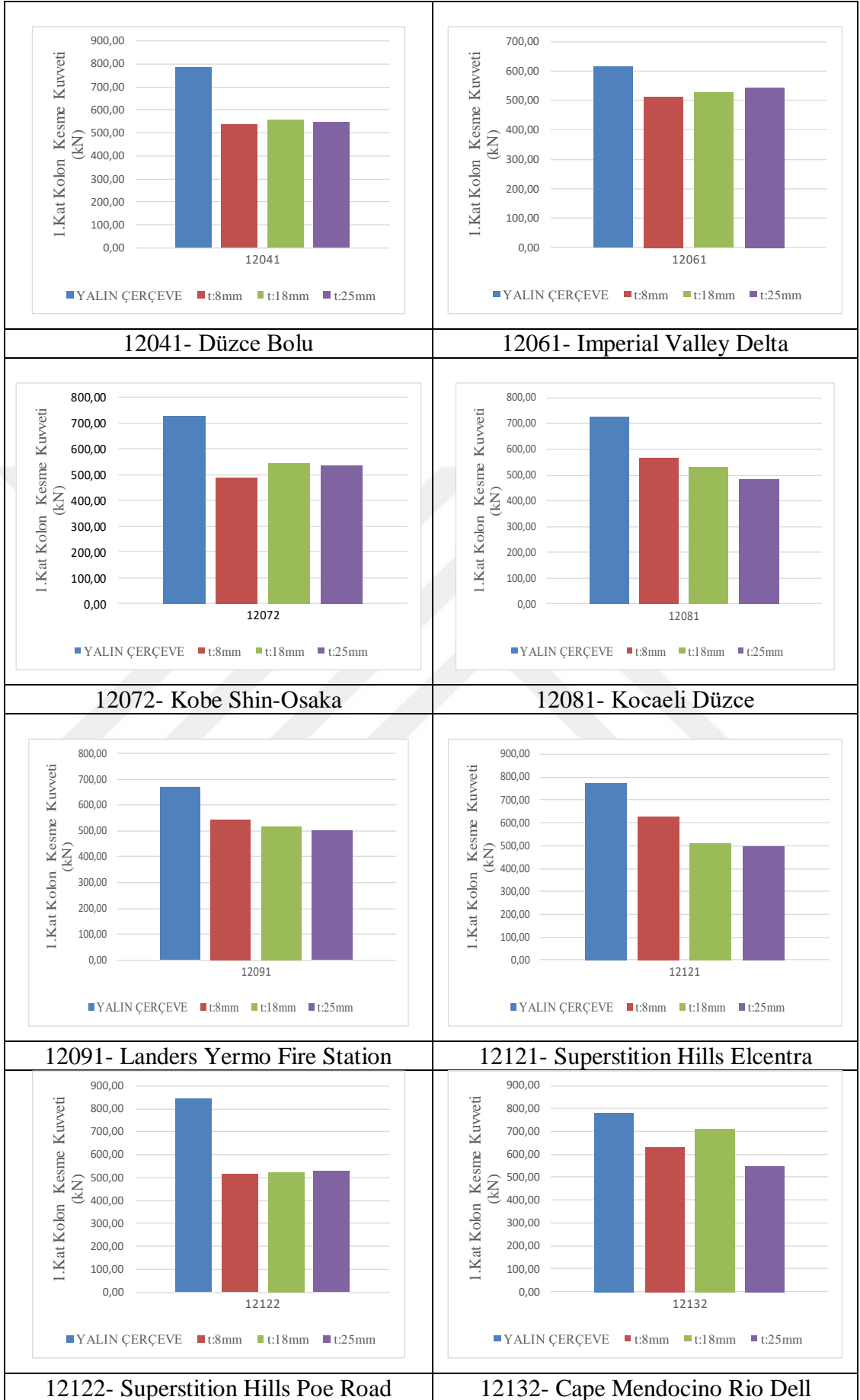


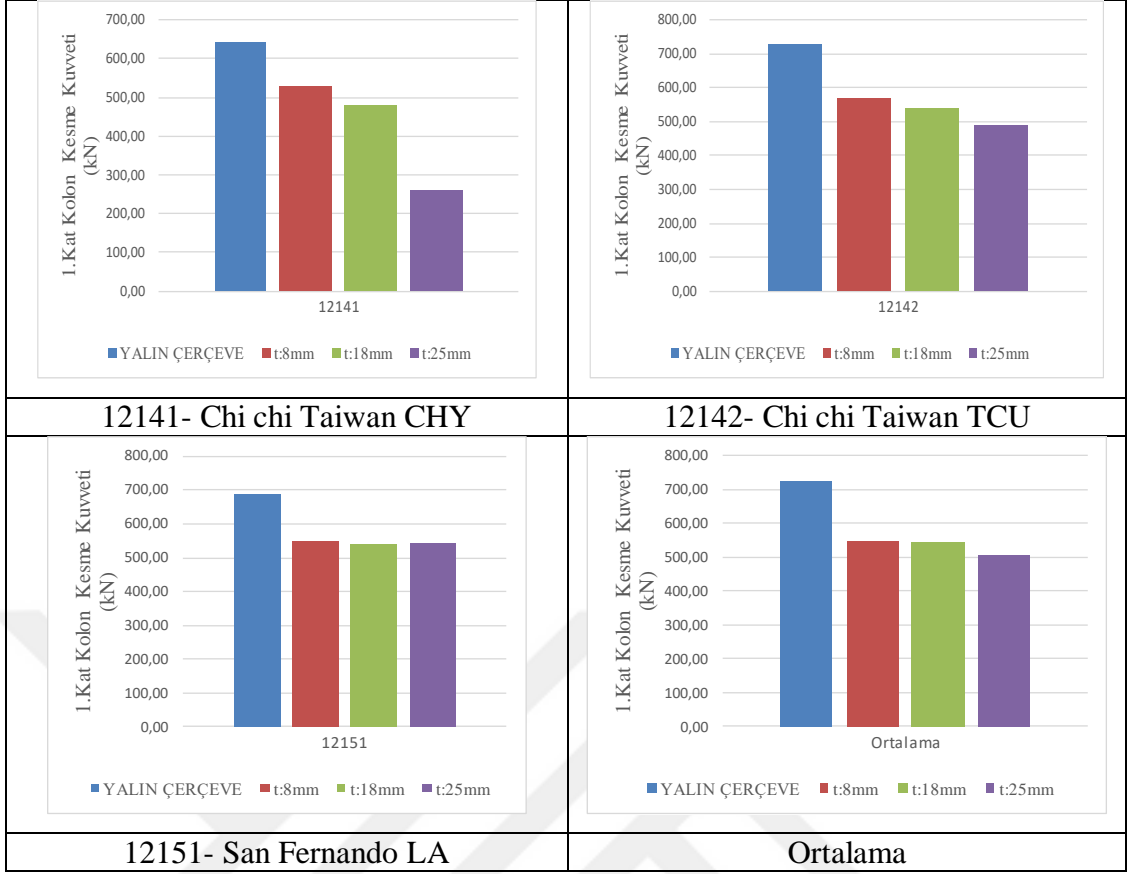
Ortalama
Şekil 3.4: Yapı ortalama kat kesme kuvvetleri

3.4 1.Kat Kolon Kesme Kuvvetleri

Yapılan analiz sonuçlarına göre elde edilen yapıya ait 1.kat kolon kesme kuvvetleri Şekil 3.5'da gösterilmiştir.







Şekil 3.5: 1.kat kolon Kesme Kuvvetleri

1.kat kolon kesme kuvvetleri incelendiğinde güçlendirilmiş çerçeve sistemlerin yalın haldeki modele göre daha az kuvvete maruz kaldığı görülmüştür. 12091-Landers Yermo Fire Station deprem analiz sonucunda yalın halde 668kN olan 1.kat kolon kesme kuvveti 8mm’li sistemde 543kN’a, 18mm’li sistemde 519kN’a, 25mm’li sistemde ise 501kN’a kadar gerilemiştir.

Yalın çerçevenin 1.kat kolon kesme kuvvetlerinin güçlendirilmiş çerçeveye göre azaltma oranları Tablo 3.3’te gösterilmiştir. Tabloya bakıldığında ortalama olarak 8mm ve 18mm ile güçlendirilmiş sistemlerin 1.kat kolon kesme kuvvetini %25 oranında azalttığı 25mm ile güçlendirilmiş sistemde ise bu oranın %30’lara vardığı görülmüştür .

Tablo 3.3: 1.kat kolon kesme kuvveti azaltma oranları

DEPREM NO	YALIN ÇERÇEVE	GÜÇLENDİRİLMİŞ ÇERÇEVE			AZALTMA ORANI (%)		
		GÜÇLENDİRİLMİŞ ÇERÇEVE			GÜÇLENDİRİLMİŞ ÇERÇEVE		
		t:8mm	t:18mm	t:25mm	t:8mm	t:18mm	t:25mm
12011	689,94	490,53	540,25	529,58	28,90	21,70	23,24
12012	768,67	576,52	552,78	541,02	25,00	28,09	29,62
12041	782,43	537,11	556,58	548,57	31,35	28,86	29,89
12061	616,10	512,83	527,65	544,28	16,76	14,36	11,66
12072	728,08	487,82	545,02	534,76	33,00	25,14	26,55
12081	725,62	565,13	530,92	483,11	22,12	26,83	33,42
12091	668,22	543,23	518,91	501,07	18,70	22,34	25,01
12121	772,92	628,86	510,61	496,07	18,64	33,94	35,82
12122	845,01	514,83	524,28	526,32	39,07	37,96	37,71
12132	782,15	631,30	710,47	550,14	19,29	9,16	29,66
12141	639,86	527,02	480,02	260,93	17,63	24,98	59,22
12142	728,60	567,91	541,34	487,90	22,05	25,70	33,04
12151	687,23	548,03	537,57	542,30	20,25	21,78	21,09
ORTALAMA	725,76	548,55	544,34	503,54	24,42	25,00	30,62

3.5 Kırılgnlık Eğrileri

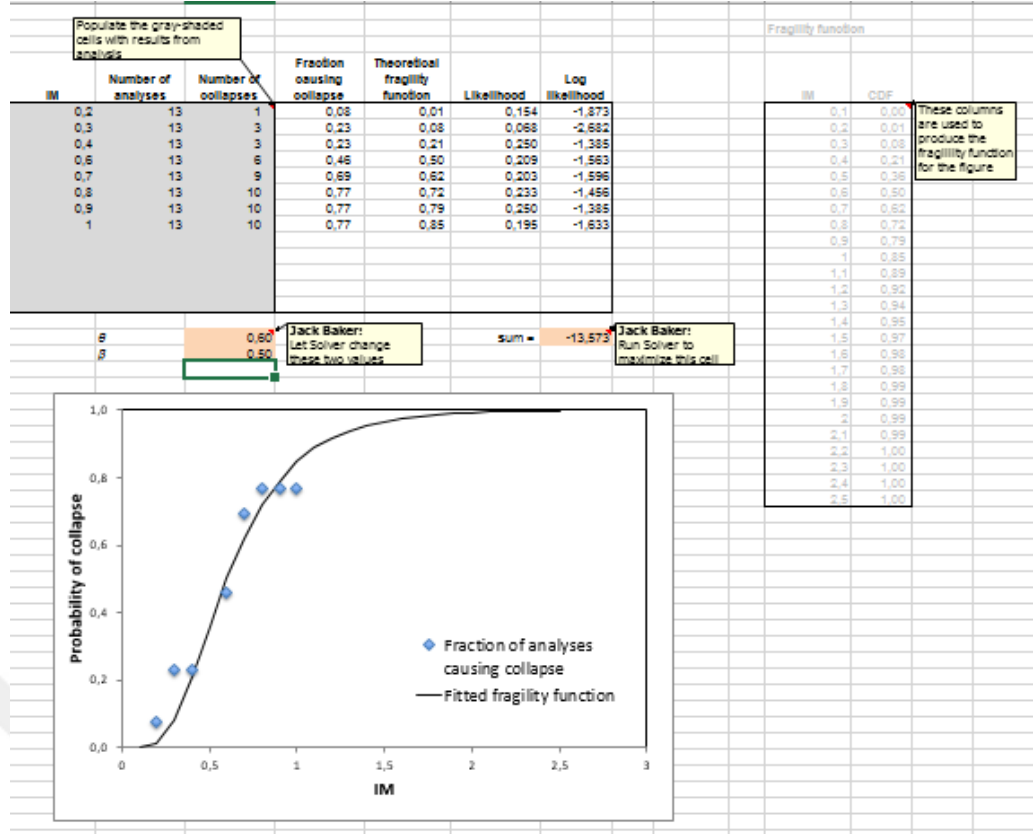
Kırılgnlık fonksiyonlarının tahmini için gerekli tahmin yöntemlerinin kullanımını aşağıdaki bölümde irdelenmiştir. Uygun tahmin yöntemleri tanımlanmış ve ardından yapısal analiz gerçekleştirilmesine yönelik yaklaşımların incelenmesi ve gerekli olan en az sayıda yapısal analiz ile doğru kırılgnlık fonksiyonu tahminleri üretecek yaklaşımların belirlenmesi için kullanılmıştır. Bulgular daha sonra kırılgnlık fonksiyonlarına dair etkili tahminler üretecek yapısal analiz ve parametre tahmini konusunda önerilerde bulunulması amacıyla özetlenmektedir.

3.5.1 Kırılgnlık Fonksiyonlarının Oluşturulması

Kırılgnlık eğrileri hasarı esas alan saha gözlemleri ve yapısal analizler kullanılarak türetilmektedir (ör. Kennedy ve Ravindra 1984; Kim ve Shinozuka 2004; Calvi ve ark. 2006; Villaverde 2007; Porter ve ark. 2007; Shafei ve ark. 2011); ancak bu çalışmada, dinamik yapısal analizlerden yola çıkılarak geliştirilmiştir. Bu çalışmada kırılgnlık eğrileri, sayısal yöntemler esas alınarak elde edilmiştir ve hasar dağılımının belirlenmesi için gerekli parametreler, zaman tanım alanında hesap yöntemi ile doğrusal olmayan dinamik analiz yapılarak bulunmuştur. Hasar oluşumunun istatistiksel yöntemleri esas alarak belirlenmesi ve analiz sonuçlarının değerlendirilmesinde bu çalışma kapsamında Jack W. Baker tarafından önerilen yöntem kullanılmıştır. [19]. Jack W. Bakera'nın bu çalışması kırılgnlık fonksiyonlarının parametrelerinin doğrusal olmayan dinamik yapısal analiz sonuçları kullanılarak tahmin edilmesine yönelik istatistiksel yöntemleri tanımlanmakta ve bu yöntemler kırılgnlık fonksiyonlarını tahmin etmek için dinamik yapısal analiz yapmaya yönelik çeşitli yaklaşımların değerlendirilmesi için kullanılmaktadır. Yapısal analiz sonuçlarından elde edilen yıkılma kırılgnlığı fonksiyonları yapısal değerlendirme yöntemleri arasında sıklıkla tercih edilmektedir. Bu çalışmada kırılgnlık eğrisinin belirlenmesine yönelik verilerin toplanması amacıyla doğrusal olmayan dinamik yapısal analizler gerçekleştirilmiştir. Yaygın olarak tercih edilen yaklaşımlardan bir tanesi artımsal dinamik analizdir (IDA). Yer hareketinin yıkılmaya sebep olduğu şiddet ölçüt düzeyinin (IM) hesaplanabilmesi için yer hareketi ivme kayıtları tekrarlanarak ölçeklenir (Vamvatsikos ve Cornell 2002; Federal Acil Durum Yönetim Kurumu (FEMA) 2009). Kırılgnlık eğrileri şiddet ölçüt düzeylerini (IM) ve her bir düzeyde gerçekleştirilecek analiz sayısını ve sonrasında toplanan veriyi kontrol edebilmektedir. Bir kırılgnlık eğrisinin tanımlanması normal kümülatif dağılım fonksiyonu kullanılır. Burada: $P(C/IM=x)$, $IM = x$ olan bir yer hareketi ile yapının yıkılmasına yol açma olasılığı olup, Φ , standart normal kümülatif dağılım fonksiyonu (CDF); θ , kırılgnlık fonksiyonunun medyanı (%50 yıkılma olasılığına sahip IM düzeyi); ve β , $\ln(IM)$ için standart sapmadır. Kırılgnlık eğrilerinin oluşturulmasında söz konusu yapı için geçerli olan duruma ulaşılabilmesi için "0" ve "β" değerlerinde iteratif yaklaşımlar ile tahmin edilmiştir.

Bu çalışmada kırılmalık eğrileri analitik yöntemle elde edilmiştir. Eğrilerin belirlenmesinde '*Zaman Tanım Alanında Lineer Olmayan Hesap Yöntemi*' kullanılmıştır. Söz konusu analizler için FEMA-695'te tavsiye edilen deprem kayıtları esas alınmıştır. Kırılmalık eğrileri oluşturulurken deprem şiddet ölçüsü olarak maksimum zemin ivmesi (PGA) kullanılmıştır. Analiz serisinde deprem kayıtların maksimum ivme değerlerinin 0.1g ile 0.9g aralığındaki değerlere eşitlenecek şekilde lineer olarak ölçeklendirilmiştir. Toplamda 13 adet deprem kaydı yalın ve güçlendirilmiş durum için toplamda 126 adet farklı analiz gerçekleştirilmiştir. Hasar durumlarının sınıflandırılmasında görelî kat öteleme oranları kullanılmıştır. Bu hasar durumlarını sınıflandırılması TDY-07'ye göre yapılmıştır.

Kırılmalık eğrilerinin oluşturulabilmesi için Jack W. Baker'ın 3.Bölümde anlatılmış olan çoklu analiz tipi yöntemine göre hazırlamış olduğu Şekil 3.6'da görülen temsili excel programı kullanılmıştır.



Şekil 3.6: Kırılmalık eğrilerinin oluşturulmasında için temsili hesap yöntemi, Baker, J. W., (2013)

3.5.2 Mevcut Yapı Analiz Sonuçları ve Kırılmalık Eğrileri

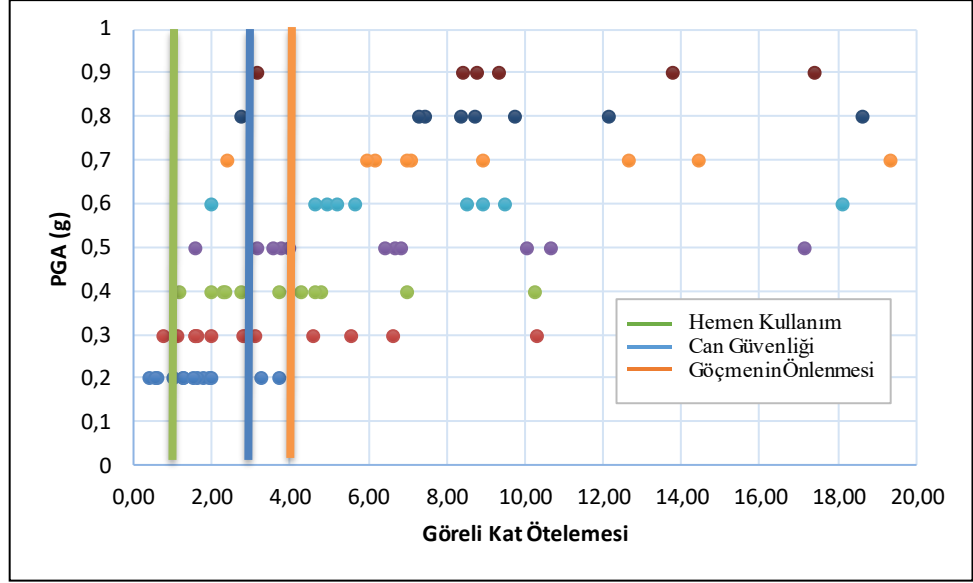
Bu çalışmada güçlendirme için önerilen yöntemlerden özellikle çelik bağlantı eleman kalınlığının 25 mm olması durumu göz önüne alınmıştır. Kırılmalık eğrilerinin oluşturulması öncesinde gerçekleştirilen yer değiştirme ve 1.kat kolon kesme kuvveti gibi önemli parametreler kapsamında değerlendirildiğinde 25 mm kalınlığındaki bağlantı elemanın güçlendirme yöntemi için görel olarak daha uygun olduğu düşünölmüştür. Bu bağlamda kırılmalık eğrileri çelik bağlantı eleman kalınlığının 25 mm olması durumu ele alınmıştır.

3.5.3 Analizler Sonucunda Oluşan Maksimum Görelî Kat Ötelemesi Değerleri

Yalın çerçeve için yapılan analiz sonuçlarından elde edilen maksimum kat öteleme oranları (%) tablo 3.4'te sunulmuştur. Tablodaki değerler kullanılarak Şekil 3.7'de yer alan grafik türetilmiş. Grafik üzerine TDY 2007'deki limit sınırları konulmuş olup hangi deprem kayıtlarının bu sınırları aştığı görülmüştür.

Tablo 3.4: Yalın çerçevede oluşan maksimum görelî kat ötelemeleri (%) değerleri

PGA	0.2g	0.3g	0.4g	0.5g	0.6g	0.7g	0.8g	0.9g
12011	1,25	1,98	2,73	3,78	4,97	6,18	7,43	8,76
12012	0,62	1,64	2,31	3,99	5,64	7,11	8,34	9,32
12041	0,42	0,77	1,17	1,59	1,99	2,38	2,77	3,15
12061	1,93	4,59	6,98	10,66	55,84	77,10	79,65	79,53
12072	1,78	2,87	4,30	6,69	9,47	12,67	18,64	33,61
12081	1,99	5,58	10,24	17,16	22,89	19,35	23,29	34,30
12091	3,71	6,65	21,76	45,01	52,04	55,30	57,23	58,31
12121	1,63	3,13	4,81	6,43	8,94	14,42	22,18	29,11
12122	1,01	1,59	2,32	3,58	5,20	7,01	9,74	13,77
12132	1,25	1,58	2,00	3,19	4,62	5,99	7,28	8,43
12141	0,56	1,13	3,70	6,84	8,54	8,94	8,71	54,46
12142	3,28	10,33	58,70	65,61	56,51	72,89	75,23	76,25
12151	1,53	2,80	4,66	10,06	18,13	24,48	12,16	17,43



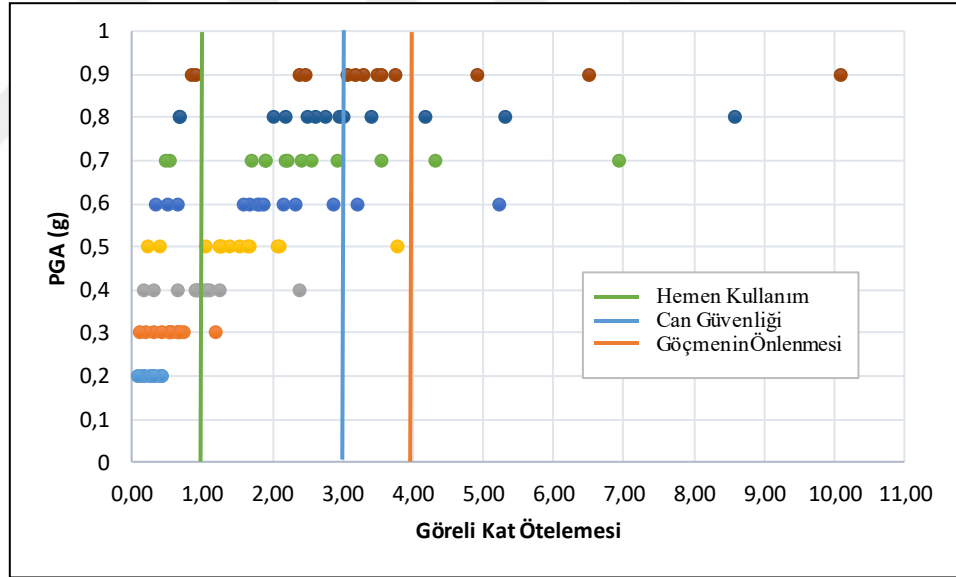
Şekil 3.7: Deprem Büyüklüklerine Göre Yalın Çerçeve Oluşan Maksimum Görel Kat Öteleme Değerleri.

Güçlendirilmiş çerçeve için yapılan analiz sonuçlarından elde edilen maksimum kat öteleme oranları (%) tablo 3.5'te sunulmuştur. Tablodaki değerler kullanılarak Şekil 3.8'de yer alan grafik türetilmiştir. Grafik üzerine TDY 2007'deki limit sınırları konulmuş olup hangi deprem kayıtlarının bu sınırları aştığı görülmüştür.

Tablo 3.5: Güçlendirilmiş çerçeve oluşun maksimum görel kat ötelemeleri (%) değerleri

PGA	0,2g	0,3g	0,4g	0,5g	0,6g	0,7g	0,8g	0,9g
12011	0,12	0,31	0,65	1,03	0,65	1,70	2,01	2,39
12012	0,30	0,66	0,94	1,26	1,67	2,18	2,74	3,29
12041	0,16	0,20	0,30	0,40	0,50	0,55	0,67	0,86
12061	0,39	0,73	0,92	1,38	1,80	2,21	2,62	3,07
12072	0,28	0,63	1,11	1,54	1,81	1,90	2,50	3,17

12081	0,41	0,52	0,90	1,23	1,87	2,42	2,94	3,48
12091	0,42	1,19	2,39	3,78	5,23	6,92	8,59	10,08
12121	0,16	0,54	1,05	1,66	2,32	2,92	3,40	3,75
12122	0,27	0,56	0,90	1,25	1,58	1,89	2,17	2,46
12132	0,32	0,53	0,99	1,64	2,15	2,54	3,00	3,55
12141	0,07	0,12	0,16	0,21	0,33	0,47	0,67	0,91
12142	0,24	0,42	1,07	2,10	3,20	4,31	5,30	6,51
12151	0,32	0,68	1,26	2,06	2,87	3,56	4,17	4,92



Şekil 3.8: Deprem Büyüklüklerine Göre Güçlendirilmiş Çerçeve Oluşan Maksimum Görelî Kat Öteleme Değerleri.

3.5.4 Hasar Sınıflarına Göre Oluşturulmuş Kırılgenlik Eğrileri

3.5.4.1 Hemen Kullanım Performans Seviyesi için Kırılgenlik Eğrisi

Hemen kullanım performans seviyesi için limit değeri TDY(07)'de %1'dir. Şekil 3.9'da yalın çerçevenin kırılgenlik eğrisini oluşturabilmek için kullanılan olasılık tablosu, Şekil 3.10'da ise güçlendirilmiş çerçevenin kırılgenlik eğrisi için kullanılan olasılık tablosu sunulmuştur. Şekil 3.11'de hemen kullanım performans seviyesinde her iki durum için oluşturulmuş kırılgenlik eğrileri sunulmuştur.

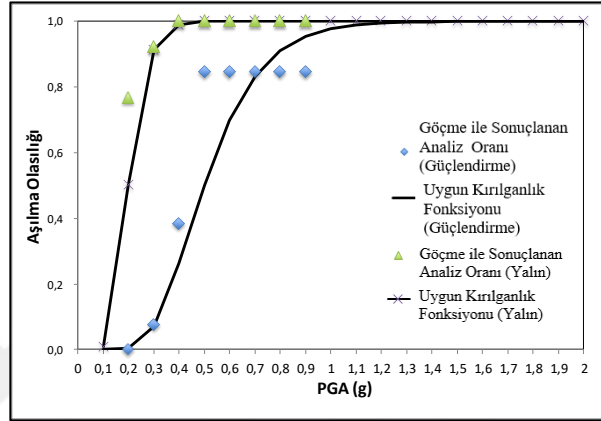
Şiddet Ölçüsü	Toplam Analiz Sayısı	Limiti Geçen Analiz Sayısı	Göçme ile Sonuçlanma Oranı	Teorik Kırılgenlik Fonksiyonu	Olasılık	Logaritmik Olasılık
0,2	13	10	0,77	0,50	0,035	-3,355
0,3	13	12	0,92	0,91	0,379	-0,971
0,4	13	13	1,00	0,99	0,873	-0,136
0,5	13	13	1,00	1,00	0,985	-0,015
0,6	13	13	1,00	1,00	0,998	-0,002
0,7	13	13	1,00	1,00	1,000	0,000
0,8	13	13	1,00	1,00	1,000	0,000
0,9	13	13	1,00	1,00	1,000	0,000

Şekil 3.9: HK performans seviyesinde kırılgenlik eğrisi oluşturmak için olasılık tablosu- Yalın Çerçeve

Şiddet Ölçüsü	Toplam Analiz Sayısı	Limiti Geçen Analiz Sayısı	Göçme ile Sonuçlanma Oranı	Teorik Kırılgenlik Fonksiyonu	Olasılık	Logaritmik Olasılık
0,2	13	0	0,00	0,00	0,944	-0,058
0,3	13	1	0,08	0,07	0,382	-0,963
0,4	13	5	0,38	0,26	0,140	-1,968
0,5	13	11	0,85	0,50	0,010	-4,654
0,6	13	11	0,85	0,70	0,137	-1,986
0,7	13	11	0,85	0,83	0,291	-1,234
0,8	13	11	0,85	0,91	0,223	-1,500
0,9	13	11	0,85	0,95	0,100	-2,302

Şekil 3.10: HK performans seviyesinde kırılgenlik eğrisi oluşturmak için olasılık tablosu- Güçlendirilmiş Çerçeve

PGA=0,2 g için yalın çerçevenin aşılma olasılığı %77 iken bu değer güçlendirilmiş çerçevede %0'a yakındır. PGA=0,4 g kuvvetindeki depremde yalın çerçevede %100 olan aşılma olasılığı güçlendirme ile %38'e gerilemiştir. PGA=0,6 g olan deprem kuvvetinde ise aşılma olasılığının %100'den %85 dolaylarına gerilediği görülmüştür, Şekil 3.11.



Şekil 3.11: HK performans seviyesindeki kırılma olasılığı eğrileri

3.5.4.2 Can Güvenliği Performans Seviyesi için Kırılma Eğrisi

Can Güvenliği performans seviyesi için limit değeri %3'tür. Şekil 3.12'de yalın çerçevenin kırılma eğrisini oluşturabilmek için kullanılan olasılık tablosu, Şekil 3.13'de ise güçlendirilmiş çerçevenin kırılma eğrisi için kullanılan olasılık tablosu sunulmuştur. Şekil 3.14'te can güvenliği performans seviyesinde her iki durum için oluşturulmuş kırılma eğrileri sunulmuştur.

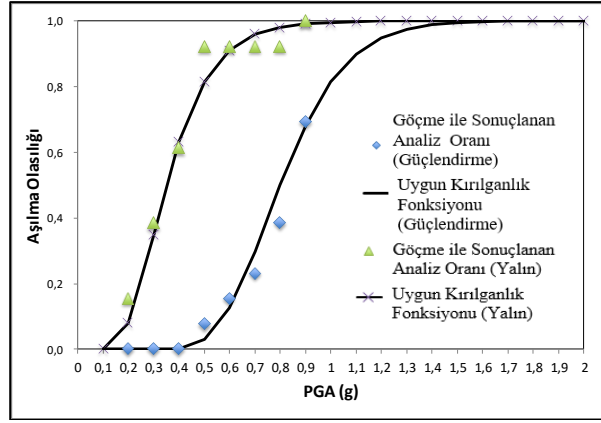
Şiddet Ölçüsü	Toplam Analiz Sayısı	Limiti Geçen Analiz Sayısı	Göçme ile Sonuçlanma Oranı	Teorik Kırılma Fonksiyonu	Olasılık	Logaritmik Olasılık
0,2	13	2	0,15	0,08	0,202	-1,600
0,3	13	5	0,38	0,35	0,215	-1,535
0,4	13	8	0,62	0,63	0,221	-1,508
0,5	13	12	0,92	0,81	0,204	-1,589
0,6	13	12	0,92	0,91	0,378	-0,973
0,7	13	12	0,92	0,96	0,325	-1,125
0,8	13	12	0,92	0,98	0,199	-1,613
0,9	13	13	1,00	0,99	0,888	-0,119

Şekil 3.12: CG performans seviyesinde kırılma eğrisi oluşturmak için olasılık tablosu- Yalın Çerçeve

Şiddet Ölçüsü	Toplam Analiz Sayısı	Limiti Geçen Analiz Sayısı	Göçme ile Sonuçlanma Oranı	Teorik Kırılma Fonksiyonu	Olasılık	Logaritmik Olasılık
0,2	13	0	0,00	0,00	1,000	0,000
0,3	13	0	0,00	0,00	0,999	-0,001
0,4	13	0	0,00	0,00	0,964	-0,036
0,5	13	1	0,08	0,03	0,271	-1,306
0,6	13	2	0,15	0,12	0,280	-1,271
0,7	13	3	0,23	0,30	0,221	-1,509
0,8	13	5	0,38	0,50	0,157	-1,851
0,9	13	9	0,69	0,68	0,233	-1,456

Şekil 3.13: CG performans seviyesinde kırılma eğrisi oluşturmak için olasılık tablosu- Güçlendirilmiş Çerçeve

PGA=0,2 g için yalın çerçevenin aşılma olasılığı %15 iken bu değer güçlendirilmiş çerçevede %0'a inmiştir. PGA=0,4 g kuvvetindeki depremde yalın çerçevede %62 olan aşılma olasılığı güçlendirme ile %0 dolaylarına gerilemiştir. PGA=0,6 g olan deprem kuvvetinde ise aşılma olasılığının %92'den %15'e indiği görülmüştür, Şekil 3.14.



Şekil 3.14: CG performans seviyesindeki kırılma eğrileri

3.5.4.3 Göçmenin Önlenmesi Performans Seviyesi için Kırılma Eğrisi

Göçmenin Önlenmesi performans seviyesi için limit değeri %4'tür. Şekil 3.15'te yalın çerçevenin kırılma eğrisini oluşturabilmek için kullanılan olasılık tablosu, Şekil 3.16'da ise güçlendirilmiş çerçevenin kırılma eğrisi için kullanılan olasılık tablosu sunulmuştur. Şekil 3.17'de göçmenin önlenmesi performans seviyesinde her iki durum için oluşturulmuş kırılma eğrileri sunulmuştur.

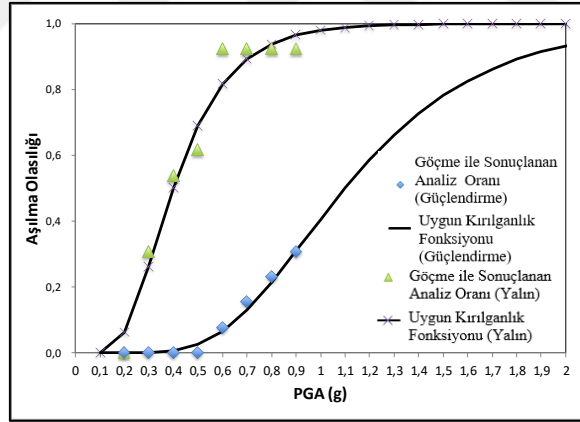
Şiddet Ölçüsü	Toplam Analiz Sayısı	Limiti Geçen Analiz Sayısı	Göçme ile Sonuçlanma Oranı	Teorik Kırılma Fonksiyonu	Olasılık	Logaritmik Olasılık
0,2	13	0	0,00	0,06	0,437	-0,828
0,3	13	4	0,31	0,26	0,218	-1,522
0,4	13	7	0,54	0,50	0,209	-1,563
0,5	13	8	0,62	0,69	0,189	-1,664
0,6	13	12	0,92	0,82	0,209	-1,566
0,7	13	12	0,92	0,89	0,358	-1,027
0,8	13	12	0,92	0,94	0,374	-0,985
0,9	13	12	0,92	0,96	0,300	-1,203

Şekil 3.15: GÖ performans seviyesinde kırılma eğrisi oluşturmak için olasılık tablosu- Yalın Çerçeve

Şiddet Ölçüsü	Toplam Analiz Sayısı	Limiti Geçen Analiz Sayısı	Göçme ile Sonuçlanma Oranı	Teorik Kırılma Fonksiyonu	Olasılık	Logaritmik Olasılık
0,2	13	0	0,00	0,00	1,000	0,000
0,3	13	0	0,00	0,00	0,992	-0,008
0,4	13	0	0,00	0,01	0,928	-0,075
0,5	13	0	0,00	0,02	0,726	-0,321
0,6	13	1	0,08	0,06	0,377	-0,975
0,7	13	2	0,15	0,13	0,284	-1,258
0,8	13	3	0,23	0,21	0,252	-1,379
0,9	13	4	0,31	0,31	0,234	-1,452

Şekil 3.16: GÖ performans seviyesinde kırılma eğrisi oluşturmak için olasılık tablosu- Güçlendirilmiş Çerçeve

PGA=0,4 g’de ise bu oran %54’den %0 dolaylarına gerilemiştir. PGA=0,6 g’de %92 olan aşılma olasılığı güçlendirmede %8’e kadar gerilediği görülmüştür Şekil 3.17.



Şekil 3.17: GÖ performans seviyesindeki kırılma eğrileri

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Tez kapsamında tipik az katlı betonarme çerçeve sistemler için metal çapraz sistemler ile bir güçlendirme çalışması yapılmış ve sonuçları incelenmiştir. Betonarme çerçeve sisteme yalın ve 3 farklı kalınlıktaki güçlendirme elemanı güçlendirilmiş durumda 13 farklı deprem kaydı etki ettirilmiştir. Çalışma sonucunda aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

- Yalın çerçeve ile güçlendirilmiş çerçeveler karşılaştırıldığında kat yer değiştirmelerinde önemli azalmalar olduğu görülmüştür. Ortalama değerlere bakıldığında 2.katta 8mm'lik eleman ile güçlendirilmiş sistemde %20, 18mm'lik sistemde %62, 25mm'lik eleman ile güçlendirilmiş sistemde ise %82'ye varan azalma meydana gelmiştir.
- Göreli kat ötelemeleri incelendiği zaman güçlendirme elemanı kalınlığı arttıkça kat öteleme oranlarında ciddi azalmalar olduğu gözlemlenmiştir. Ötelemelerin en fazla olduğu birinci katta yalın halde %2,4 olan öteleme oranı güçlendirilmiş halde %0,5'e kadar gerilemiştir.
- Sistemler karşılaştırıldığında kat kesme kuvveti oranları olarak da olumlu sonuçlar elde edildiği görülmektedir. Örnek olarak 12041 deprem kaydında 3.katta 559kN olan yalın çerçevenin kat kesme kuvveti güçlendirme ile 328kN'a, 4.katta ise 462kN'dan 240kN'a kadar azalmıştır.
- 1.kat kolon kesme kuvvetlerinde ise ortalama olarak 8mm ve 18mm ile güçlendirilmiş sistemlerin 1.kat kolon kesme kuvvetini %25 oranında azalttığı 25mm ile güçlendirilmiş sistemde ise bu oranın %30'lara vardığı görülmüştür.
- Çalışmanın en önemli kısmı olan kırılma eğrileri bakımından sistemler incelendiğinde göçmenin önlenmesi performans seviyesinde $PGA=0,4g$ için aşılma olasılığı güçlendirme sayesinde %54'den %0 dolaylarına indiği görülmüştür. Bu oran $PGA=0,6g$ için ise %92'den %8'e gerilemiştir.
- Can Güvenliği performans seviyesindeki kırılma eğrilerine baktığımız zaman güçlendirme sayesinde aşılma olasılıklarının $PGA=0,2g$ için %15'ten %0 dolayına, $PGA=0,4g$ için %62'den %0 dolayına indiği görülmüştür.

- Hemen Kullanım performans seviyesinde incelenen kırılma eğrilerinde ise aşılma olasılıklarının PGA=0,4g için %100'den %38'e, PGA=0,6g için ise %100'den %85 dolayına indiği tespit edilmiştir.

Bu oranlar güçlendirmenin olumlu etkilerini sayısal olarak göstermektedir. Analiz sonuçlarından yola çıkarak kullanılan güçlendirme çelik elemanlardan 25mm kalınlıkta olanı önerilmektedir. Ülkemizde bulunan mevcut az katlı betonarme yapılar bu güçlendirme yöntemi ile kolay bir şekilde güçlendirilebilir.

Yöntemi daha ekonomik hale getirmek amacı ile katlar arasında farklı kalınlıkta güçlendirme elemanı konarak analiz çalışması yapılabilir.



KAYNAKLAR

- [1] Türkiye’de Deprem Gerçeği ve TMMOB Makina Mühendisleri Odasının Önerileri Oda Raporu
- [2] **K. L. Shen and T. T. Soong, K. C. Chang,, M. L. Lai- (1995).** Seismic behaviour of reinforced concrete frame with added viscoelastic dampers
- [3] **F.M. Mazzolani (2007).** Innovative metal systems for seismic upgrading of RC structures
- [4] **Ricky W.K. Chan, Faris Albermani (2008).** Experimental study of steel slit damper for passive energy dissipation
- [5] **Chung-Che Chou, Yu-Jen Lai (2009).** Post-tensioned self-centering moment connections with beam bottom flange energy dissipators
- [6] **J.M. Franco , X. Cahís , L. Gracia , F. López (2010).** Experimental testing of a new anti-seismic dissipator energy device based on the plasticity of metals
- [7] **Carlo A. Castiglioni , Alper Kanyilmaz , Luis Calado (2012).** Experimental analysis of seismic resistant composite steel frames with dissipative devices
- [8] **Ali Habibi a, Ricky W.K. Chan b, Faris Albermani (2012).** Energy-based design method for seismic retrofitting with passive energy dissipation systems
- [9] **Fengming Ren , Yun Zhou, Jiebiao Zhang, Shaoming Lin (2013).** Experimental study on seismic performance of CFST frame structures with energy dissipation devices
- [10] **Marco Valente (2013).** Seismic Protection of R/C Structures by a New Dissipative Bracing System
- [11] **Roohollah Ahmady Jazany , Iman Hajirasouliha , Hamidreza Farshchi (2013).** Influence of masonry infill on the seismic performance of concentrically braced frames
- [12] **Papailia A.-Fardis M.N., (2011).** Seismic fragility curves for reinforced concrete buildings
- [13] **KIRÇIL, M.S., & POLAT, Z. (2006).** Fragility Analysis of R/C Frame Buildings. *Engineering Structures*, 28(9)
- [14] **Yıldız D.H.(2008).** Bina deprem performanslarını değerlendiren yöntemlerin karşılaştırılması

[15] **H.Özkaynak (2016)**. “Model proposal for steel cushions for use in Reinforced Concrete frames” KSCE Journal of Civil Engineering First Online: 23 January 2017 DOI: 10.1007/s12205-017-0477-1

[16] **JRC Technical Reports (2016)**. “Design Guidelines for Wall Panel Connections” Antonella Colombo, Marco Lamperti, Paolo Negro, Giandomenico Toniolo Editors, DOI:10.2788/546845, ISSN: 1831-9424, ISBN 978-92-79-58533-3

[17] **Güllü A., Ozkaynak H., Khajehdehi A., Gökçe T., Azizisales F., Bal İ.E., Smyrou E., Yüksel E., Karadoğan F. (2015)**. “Derivation Of The Closed Form Equations For The Energy Dissipative Steel Cushions” 14th World Conference on Seismic Isolation, Energy Dissipation and Active Vibration Control of Structures, San Diego, Ca USA, September 9-11 2015.

[18] **SeismoStruct User Manual tr.pdf**

[19] **Lin, T., Haselton, C. B., and Baker, J. W., (2013)**. “Conditional spectrum-based ground motion selection. Part I: Hazard consistency for risk-based assessments.” Earthquake Engineering & Structural Dynamics, 42(12), 1847–1865.

FEMA-P695. Quantification of Building Seismic Performance Factors, FEMA P695/June2009

HAZUS,(1997). Earthquake loss estimation methodology-Technical Manual, Federal Emergency Management Agency, Washington, D.C.

Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, (2007). Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, Maya Basın, Ankara

Kennedy, R. P., and Ravindra, M. K., (1984). “Seismic Fragilities for Nuclear Power Plant Risk Studies.” Nuclear engineering and design: an international journal devoted to the thermal, mechanical and structural problems of nuclear energy, 79, 47–68.

Kim, S.-H., and Shinozuka, M., (2004). “Development of fragility curves of bridges retrofitted by column jacketing.” Probabilistic Engineering Mechanics, 19(1–2), 105–112.

Calvi, G. M., Pinho, R., Magenes, G., Bommer, J. J., Restrepo-Vélez, L. F., and Crowley, H., (2006). “Development of seismic vulnerability assessment methodologies over the past 30 years.” *ISET journal of Earthquake Technology*, 43(3), 75–104.

Villaverde, R., (2007). “Methods to Assess the Seismic Collapse Capacity of Building Structures: State of the Art.” *Journal of Structural Engineering*, 133(1), 57–66.

Porter, K., Kennedy, R., and Bachman, R., (2007). “Creating Fragility Functions for Performance-Based Earthquake Engineering.” *Earthquake Spectra*, 23(2), 471–489.

Shafei, B., Zareian, F., and Lignos, D. G., (2011). “A simplified method for collapse capacity assessment of moment-resisting frame and shear wall structural systems.” *Engineering Structures*, 33(4), 1107–1116

Vamvatsikos, D., and Cornell, C. A., (2002). “Incremental dynamic analysis.” *Earthquake Engineering & Structural Dynamics*, 31(3), 491–514.

ÖZGEÇMİŞ

Bayram Metehan AĞCA, 1989 yılında İstanbul'da doğmuştur. Lise öğrenimini Dede Korkut Anadolu Lisesi'nde tamamlamıştır. 2012 yılında Balıkesir Üniversitesi İnşaat Mühendisliğinden mezun olmuş 2014 yılında Beykent Üniversitesi'nde lisansüstü öğrenimine başlamıştır.

