

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

**PREFABRİKE ENDÜSTRİ YAPILARININ
GÜÇLENDİRİLMESİNDE MANTOLAMA ETKİSİ**

Yüksek Lisans Tezi

Tezi Hazırlayan:

Numan Özal DOĞAN

İstanbul, 2019

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

**PREFABRİKE ENDÜSTRİ YAPILARININ
GÜÇLENDİRİLMESİNDE MANTOLAMA ETKİSİ**

Yüksek Lisans Tezi

Tezi Hazırlayan:

Numan Özal DOĞAN

Öğrenci No:

150868004

Danışman:

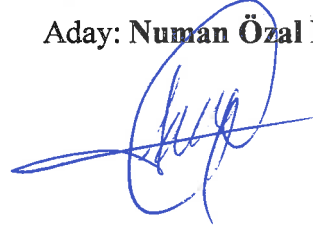
Doç. Dr. Hasan ÖZKAYNAK

İstanbul, 2019

YEMİN METNİ

Yüksek Lisans Projesi Olarak Sunduğum “PREFABRİKE ENDÜSTRİ YAPILARININ GÜÇLENDİRİLMESİNDE MANTOLAMA ETKİSİ” başlıklı bu çalışmanın, bilimsel ahlak ve geleneklere uygun şekilde tarafımdan yazıldığını, yararlandığım eserlerin hepsinin kaynaklarda gösterildiğini ve çalışmamın içinde kullanıldıkları her yerde bunlara atıfta bulunduğumu belirtir ve bunu onurumla doğrularım. 12.01.2019

Aday: **Numan Özal DOĞAN**



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 150868004 no'lu Numan Özal DOĞAN'ın 30/01/2018 tarihinde yapılan tez savunma sınavı¹ sonucunda...60 dakika süreyle sunduğu ve savunduğu tezi hakkında² oybirliğiyle, KABUL kararı verilmiştir.

Bilgilerinize saygılarımızla arz ederiz.

Anabilim Dalı : İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Programı : Deprem Riskli Yapılar ve Kentsel Dönüşüm
Tez Başlığı³ : Prefabrike Endüstri Yapıların Güçlendirilmesinde Mantolama Etkisi

Tez Sınav Jürisi

Öğretim Üyesi

İmza

Danışman : Doç. Dr. Hasan ÖZKAYNAK
Üye : Dr. Öğr. Üyesi Ayşe Elif ÖZSOY ÖZBAY
Üye : Dr. Öğr. Üyesi Abdullah Serdar KAZANCIOĞLU



¹ Jüri üyeleri, söz konusu tezin kendilerine teslim edildiği tarihten itibaren en geç bir ay içinde toplanarak öğrenciyi tez sınavına alır. Tez savunma sınav süresi en az 45, en çok 90 dakikadır. Jüri üyeleri, sınav öncesi yapılacak toplantıda, kendi aralarından danışman dışında bir üyeyi başkan seçer. Tez sınavı, tez çalışmasının sunulması ve bunu izleyen soru-cevap bölümünden oluşur. Tez sınavı, öğretim elemanları, lisansüstü öğrenciler ve alanın uzmanlarından oluşan dinleyicilerin katılımına açık ortamlarda gerçekleştirilir. Belirlenen günde yapılamayan jüri toplantısı, katılanların hazırladığı bir tutanakla enstitü yönetimine bildirilir. Bu durumda, jüri en geç on beş gün içinde toplanarak adayı tez savunma sınavına alır. (05 Ağustos 2017 tarihli 30145 sayılı Resmi Gazetede Yayınlanan Değişiklik-Madde 29-3)

² Tez sınavının tamamlanmasından sonra jüri, tez hakkında salt çoğunlukla “kabul”, “düzeltme” veya “ret” kararı verir. Jüri başkanı, jüri üyelerince imzalanmış karar tutanağını, tez sınavını izleyen üç gün içinde ilgili enstitü yönetimine teslim eder. Tezi hakkında düzeltme kararı verilen öğrenci en geç üç ay içinde gerekli düzeltmeleri yaparak ve birinci fıkradaki usule göre tezini aynı jüri önünde yeniden savunur. Süresi içerisinde “düzeltme” savunmasına girmeyen öğrencinin enstitü ile ilişkisi kesilir. (Beykent Üniversitesi Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği-Madde 29-4)

³ İleride doğabilecek aksaklıkların engellenmesi için tezin başlığının yazılması gerekmektedir.

TEŐEKKÜR

Tez alıőması sırasında yardımını bir an olsun esirgemeyen, zaman ve mekân gözetmeksizin vakit ayırıp bilgisini aktaran kıymetli hocam sayın Doç. Dr. Hasan ÖZKAYNAK' a, eğitim hayatım boyunca her daim destek olan babam Eyüp DOĞAN ve annem Seher DOĞAN' a sonsuz teőekkürlerimi sunarım.

İSTANBUL,2019

Numan Özal DOĞAN

Adı ve Soyadı : Numan Özal Doğan

Danışmanı : Doç. Dr. Hasan ÖZKAYNAK

Türü ve Tarihi: Yüksek Lisans, 2019

Alanı : İnşaat Mühendisliği

Anahtar Kelimeler: Güçlendirme, CFRP, betonarme mantolama, taban kesme kuvveti, moment, tepe yatay yerdeğiştirme, analiz

ÖZ

PREFABRİKE ENDÜSTRİ YAPILARIN GÜÇLENDİRİLMESİNDE MANTOLAMA ETKİSİ

Ülkemizde ve dünyada meydana gelen depremler sonucunda birçok can ve mal kaybı yaşanmıştır. Depremi yapılar da oluşturduğu hasarlar, yapıların güçlendirilmesi ve onarılması gerektiğini ortaya çıkarmaktadır. Oluşan hasarların asıl sebebi depremler değildir. Hasarların asıl sebebi depreme karşı dayanıklı tasarlanmayan ve inşa edilmeyen yapılar dır. Daha önceden tasarlanıp inşa edilmiş, ancak deprem etkisi altında kaldığı zaman çökme tehlikesi bulunan bir binada ise güçlendirme yöntemleri uygulanabilmektedir.

Yapmış olduğumuz çalışmalar sonucunda bu güçlendirme yöntemlerini ve bunların amacı giriş kısmında anlatılmıştır. İkinci bölümde ise çalışmada kullanılan binanın tipik özellikleri, modellemeler, deprem yükleri, binaya etkiyen yüklemeler ve kullanılan program hakkında bilgi verilmiştir. Üçüncü bölümde; yapılan analizler sonucunda bina ile ilgili veriler toparlanmıştır. Güçlendirme yapılmayan yalın durum, betonarme mantolu durum ve CFRP'li durum için yerdeğiştirmeler, kat kesme kuvvetleri ve momentler karşılaştırılmıştır. Model için uygulanmış olan bu yöntemler farklı deprem bölgelerine göre karşılaştırması yapılmıştır. Sonuç kısmında ise modeli oluşturduğumuz deprem bölgelerinde hangi güçlendirme yöntemini kullanacağımıza değerlendirdik. Yapılan analiz ve incelemeler sonucunda betonarme mantolama ile yapmış olduğumuz güçlendirme metodu CFRP ile mantolama yapılan güçlendirme metoduna göre daha etkili olmuştur. Betonarme mantolama ile yapılan güçlendirme metodunda hem manto kalınlığı hem de manto yüksekliği yapı sisteminin yer değiştirmesini oldukça azaltmaktadır.

Name and Surname :Numan Özal Doğan
Supervisor :Associate Prof. Dr. Hasan ÖZKAYNAK
Degree and Date :Master /PhD. , 2019
Area : Civil Engineering
Keywords :Strengthening, CFRP, reinforced concrete jacketing (RCJ),
base shear force, moment, peak horizontal displacement, analysis

ABSTRACT

STRENGTHENING PREFABRICATED INDUSTRIAL STRUCTURES JACKETING EFFECT

As a result of earthquakes in our country and in the world, there have been many loss of life and property. Damage caused by the earthquake in buildings reveals that the structures must be strengthened and repaired. Earthquakes are not the main cause of the damage. The main reason of the damages are buildings that are not designed to be earthquake resistant and are not built. Strengthening methods can be applied in a building which has been designed and built previously but is in danger of collapse when it is under the influence of earthquake.

As a result of our studies, these strengthening methods and their purpose are explained in the introduction. In the second part, the typical features of the building used in the study, modeling, earthquake loads, loads on the building and information on the program used are given. In the third chapter; As a result of the analysis, data on the building were collected. Compared to non-strengthened condition, reinforced concrete mantle and CFRP, displacements, fold shear forces and moments were compared. These methods applied for the model were compared according to different earthquake regions. In the conclusion part, we evaluated which strengthening method we will use in the earthquake regions where we created the model. As a result of the analyzes and investigations, the reinforcement method we made with reinforced concrete jacketing was more effective than the reinforcement method with CFRP. In the reinforcement method made by reinforced concrete jacket, both the mantle thickness and the mantle height greatly reduce the displacement of the building system.

İÇİNDEKİLER

ÖZ	i
ABSTRACT	ii
TABLolar LİSTESİ	iv
ŞEKİLLER LİSTESİ	v
KISALTMALAR	vii
1.GİRİŞ	1
1.1. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	10
1.2. Çalışmada Kullanılan Parametreler	11
1.3. Güçlendirme Yöntemi İçin Önerilen Yöntemler	11
1.3.1. Betonarme Mantolama (RCJ)	12
1.3.2. Karbon Elyaf Fiber Kumaş (CFRP)	15
2.ANALİTİK ÇALIŞMA	19
2.1. Yapının Geometrik Özellikleri	19
2.1.1. Betonarme Prefabrik Sistemi Oluşturan Elemanlar	22
2.1.2. Yapı Sistemine Etkiyen Yükler	23
2.1.3. Kesit Kapasitesinin Belirlenmesi	23
2.2. Betonarme Mantolama İçin Analitik Model	25
2.3. Karbon Elyaf Fiber Kumaş Mantolama İçin Analitik Model	26
2.4. Sisteme Etki Eden Deprem Kayıtları	27
3.ANALİZ SONUÇLARI ve DEĞERLENDİRİLMESİ	30
3.1. Tepe Yatay Yerdeğiştirme (m) Değerleri	31
3.2. Taban Kesme Kuvveti (kN) Değerleri	41
3.3. Moment (kN.m) Değerleri	51
SONUÇ	61
KAYNAKÇA	64

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 1: Türkiye'de Magnitüdü 7.0 Üzeri Olan Depremler (1900-2011)	1
Tablo 2: Kolon ve kiriş en kesit boyutları ve boyuna donatılar	22
Tablo 3: Çatı yükü analizi (kN/m ²)	23
Tablo 4: Betonarme Mantolama İçin Modelde Kullanılan Mantolama Çeşitleri	26
Tablo 5: Deprem Olayının Özeti ve Kayıt İstasyonu Verileri	28
Tablo 6: Analiz Sonuçlarına Ait Tepe Yatay Yerdeğiştirme Değerleri	32
Tablo 7: Analiz Sonuçlarına Ait Taban Kesme Kuvveti Değerleri.....	42
Tablo 8: Analiz Sonuçlarına Ait Moment Değerleri	52



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1 :Betonarme Mantolama Uygulaması.....	13
Şekil 2: Test Numunesi Kolon Kesiti	13
Şekil 3: Test Numunesine Deneysel Çalışma Uygulanması	14
Şekil 4: Test numunesinin deneysel çalışmasına ait yük- yerdeğiştirme grafiği.....	14
Şekil 5: Test numunesinin analitik çalışmasına ait yük-yerdeğiştirme grafiği	15
Şekil 6: Tipik bir betonarme kolonun CFRP ile güçlendirilmesi	16
Şekil 7: Test Numunesi Kolon Kesiti	17
Şekil 8: Test Numunesine Deneysel Çalışma Uygulanması	18
Şekil 9: Test numunesinin deneysel çalışmasına ait yük-yerdeğiştirme grafiği	18
Şekil 10: Test numunesinin analitik çalışmasına ait yük-yerdeğiştirme grafiği	19
Şekil 11: Deneysel çalışmaya ait prefabrike yapı görünüşü	20
Şekil 12: Yapı modelinin analiz programında genel görünüşü	20
Şekil 13: Esas alınan çelik donatı ve beton modeline ait gerilme grafikleri	21
Şekil 14: Kolon ve Kiriş Boyutları	23
Şekil 15: Yalın durum ve betonarme mantolu durum kolon kesitleri.....	24
Şekil 16: Kolon elemanına ait yalın durum ve betonarme mantolu durumu moment grafiği	24
Şekil 17: Betonarme Mantolama Uygulanan Yapı Modeli.....	25
Şekil 18: Manto kalınlığı ve manto yüksekliği.....	25
Şekil 19: Karbon Elyaf Fiber Kumaş Mantolama Uygulanan Yapı Modeli	26
Şekil 20: Seçilmiş Deprem Kayıtlarının Spektrum Eğrileri.....	27
Şekil 21: Deprem bölgelerine ait deprem ivmeleri.....	28
Şekil 22: Gerçekleştirilen analiz tip ve sayıları	31
Şekil 23: 102 Kolonunun Yerleşimi	31
Şekil 24: Deprem Bölgelerine Ait Yalın Durum-RC Jacketing ve Yalın Durum-CFRP Zaman(sn)-Tepe Yatay Yerdeğiştirme (m)	34
Şekil 25: Deprem Bölgelerine Ait Tepe Yatay Yerdeğiştirme Ortalama Değerlerinin Karşılaştırılması	39
Şekil 26: 101 Kolonunun Yerleşimi	41

Şekil 27: Deprem Bölgelerine Ait Yalın Durum-RC Jacketing ve Yalın Durum-CFRP Taban Kesme Kuvveti (kN) – Görelî Öteleme (m)	44
Şekil 28: Deprem Bölgelerine Ait Taban Kesme Kuvveti Ortalama Değerlerinin Karşılaştırılması	49
Şekil 29: 103 Kolonun Yerleşimi	51
Şekil 30: Deprem Bölgelerine Ait Yalın Durum-RC Jacketing ve Yalın Durum-CFRP Moment (kN.m) – Zaman (sn) (şekil devam ediyor)	54
Şekil 31: Deprem Bölgelerine Ait Moment Ortalama Değerlerinin Karşılaştırılması	59



KISALTMALAR

CFRP	:	Carbon Fiber Reinforced Polymer (Karbon Fiber Takviyeli Polimer)
cm	:	Santimetre
DBYBHY	:	Deprem bölgelerinde yapılacak binalar hakkında yönetmelik
kN	:	Kilonewton
kN.m	:	Kilonewton-metre
m	:	Metre
mm	:	Milimetre
MPa	:	Mega pascal
RCJ	:	Reinforced Concrete Jacketing (Betonarme Mantolama)
sn	:	Saniye
t	:	Kalınlık
TDY	:	Türkiye Deprem Yönetmeliği

1. GİRİŞ

Depremler meydana geldikten sonra yeryüzüne çıkan enerjinin büyüklüğünü ve etkisini tanımlamak için genel olarak iki parametre kullanılmaktadır. Bunlardan biri şiddet diğeri ise magnitüddür. Şiddet matematiksel fonksiyonlara dayalı olmayıp sadece gözlemler neticesinde yapılar, doğa ve insanlar üzerinde oluşan etki sonucu tespit edilen bir büyüklüktür. Magnitüd, normal bir sismografla ölçülen deprem hareketinin en yüksek genlik ve periyot değeri ve alet ölçümleme fonksiyonlarının kullanılması ile yapılan hesaplamalar sonucunda elde edilmektedir.

Ülkemizde son yüzyılda meydana gelen ve magnitüdü 7.0 üzerinde olan depremler *Tablo 1*'de verilmiştir. [1]

Tablo 1: Türkiye'de Magnitüdü 7.0 Üzeri Olan Depremler (1900-2011)

Tarih	Meydana Geldiği Yer	Magnitüdü
09.08.1912	MÜREFTE	7.3
31.03.1928	İZMİR/TORBALI	7.1
06.05.1930	HAKKÂRİ SINIRI	7.2
26.12.1939	ERZİNCAN	7.9
20.12.1942	NİKSAR ERBAA	7.0
06.10.1944	AYVALIK	7.0
17.08.1949	KARLIOVA	7.0
18.03.1953	YENİCE/GÖNEN	7.4
22.07.1967	ADAPAZARI	7.2
28.03.1970	GEDİZ	7.2
24.11.1976	ÇALDIRAN/MURADIYE	7.2
17.08.1999	KOCAELİ	7.4
12.11.1999	BOLU/DÜZCE	7.2
23.10.2011	VAN	7.2

Oluşan depremler sonrasında yapısal olarak görülen eksiklikler hazırlanan yönetmeliklerle giderilmeye çalışılmıştır. İlk çalışma olarak 1940 yılında “İtalyan Yapı Talimatnamesi” ile çıkan deprem yönetmeliğidir. Bunu daha sonra 1944 yılında hazırlanan “Zelzele Mıntıkları Muvakkat Yapı Talimatnamesi” takip ederek sırasıyla, 1949 yılında “Türkiye Yersarsıntısı Bölgeleri Yapı Yönetmeliği”, 1953 yılında “Yersarsıntısı Bölgeleri Yapı 2 Yönetmeliği”, 1962, 1968, 1975 ve 1997 yıllarında “Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik” takip etmiştir. Güncel olarak da 2007 yılından itibaren yürürlükte olan “Deprem Bölgelerinde Yapılacak

Binalar Hakkında Yönetmelik” kullanılmaktadır. 18 Mart 2018 tarihinde Resmi Gazete’ nin 30364 sayısında yayınlanan yönetmeliğe göre 1 Ocak 2019 tarihinden itibaren “Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği” yürürlüğe girecektir.

Ülkemizde depreme dayanıklı yapı tasarımı kapsamında mevcut yapıların güçlendirilmesi maliyet açısından değerlendirildiğinde; güçlendirme metodundan ziyade yapının yeniden yapımı daha avantajlı olabilmekte. Ayrıca yapının güçlendirme yöntemleri literatürde oldukça sınırlı sayıdadır.

Prefabrike betonarme binalar ülkemizde genelde sanayi yapılarında kullanılmaktadır. Bu yapılar firmanın üretim detaylarına göre değişiklik göstermekle beraber genellikle üstten mafsallı alttan soket-tekil temelli tek katlı ya da ara katlı ve büyük açıklıklı kolon-kiriş sisteminden oluşmaktadır. Ülkemize 1960’lı yılların sonunda yaygın olarak uygulanmaya başlayan ve sanayi yapıları için çok tercih edilen yapı sistemlerinden biri olan prefabrike betonarme binaların özellikle 1998 deprem yönetmeliği öncesi yapılanlarının Türkiye gibi topraklarının neredeyse tamamı deprem kuşağı üzerinde bulunan bir ülkede mevcut hali ile kullanılması can güvenliği açısından tehlike içermektedir.

Bu yapılar incelendiğinde büyük bir kısmının beton basınç dayanımının projelendirme esnasında tahmin edilenden daha düşük olduğu, enine ve boyuna donatıların kullanmış olduğumuz deprem yönetmeliklerinde belirtilen şartları karşılamamaktadır. Bu durum taşıyıcı elemanların eğilme momenti taşıma kapasitesi, eksenel yük, süneklilik ve kesme kuvvetini olumsuz etkilemektedir. Bundan dolayı yapıların depreme karşı davranışları tahmin edilenden çok daha kötü olabilmektedir.

Sanayi alanlarında kullanılan prefabrike yapılar içerisinde bulunan ağır sanayi makinelerinin nakil işlemleri maliyet ve taşıma zorluğu oluşturduğu için bu yapıların yıkılıp yeniden yapılmasından ziyade güçlendirilmesi tercih edilmiştir.

Oluşabilecek bu gibi durumlarda hasır görmüş betonarme yapı elemanlarına başlangıç halindeki dayanımlarını elde etmek veya bu dayanımlarını güçlendirmek için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Güçlendirme yöntemlerini inceleyen, gözlemleyen, deneysel ve analitik çalışmalar bulunmaktadır.

Ersoy (2007), sistem iyileştirmesinde kullanılan teknik olarak “Dolgulu Çerçeve Yöntemi” ni ele almıştır. Eleman düzeyindeki güçlendirmeden de söz edilmekle birlikte sistem güçlendirmesi üzerine de çalışılmıştır. Eleman düzeyinde

güçlendirme veya onarım ve sistem iyileştirmesi üzerine yapılan bu çalışmada mevcut betonarme yapıların büyük bir kısmında malzeme, sistem ve donatı yapısı ile ilgili birçok ortak hata bulunmuştur. Tüm bu değerler ele alındığında, ülkemiz için sistem iyileştirmesinin en uygun yöntem olduğu saptanmıştır. Dolgulu Çerçeve Yönteminin kullanımına uygun olmayan durumlarda ise CFRP ya da buna benzer bir malzeme ile sistem iyileştirmesi yapılabileceğini önermektedir [2].

Coşkun (2003), deprem esnasında yapılarda meydana gelebilecek hasarı engellemek ya da minimuma indirmek için onarım veya güçlendirme ele alınmıştır. Yapıda güçlendirme yöntemine başvurmadan önce ilk olarak yapının bulunmuş olduğu zemin incelenmiş. Zemin koşulları yapı güçlendirmesine uygun değil ise zeminde iyileştirme yapılmalıymış. Güçlendirme için taşıyıcı sisteminin tamamında veya sisteme ait elemanlarda yetersizlik bulunduğunu ve uygulanacak güçlendirme tekniğinin yapıda yeterli taşıma gücüne ulaşabileceğini saptamak gerekir [3].

Dündar (2008), deneysel olarak yapılan çalışmada 9 adet betonarme kiriş üretilmiş. Kirişlerin eğilme etkisi nedeni ile çekme kuvvetlerinin meydana geldiği alt kısımlarda ve kesme kuvvetlerinin meydana geldiği mesafelerde yüzeylere CFRP ile güçlendirme sarımları yapılmış. Güçlendirme yapılan kirişlerin sünekliği, yük-yerdeğiştirme davranışı ve enerji tüketimleri arttığı gözlemlenmiş. Kesme bakımından yetersiz olan kirişlerin, kesme bölgelerine 90° ve 45°'lik açılarla CRFP uygulaması yapılmış. Güçlendirme sonrası kirişlerde %60' a kadar kesme kapasitesinin arttığı görülmüş. CFRP uygulaması sırasında 45° veya 90° olarak uygulanmasında anlamlı bir fark olmadığı görülmüş [4].

Şengün (2016), kesme açıklığının kirişin etkili yüksekliğine oranı (a/d) 2.5, çelik lifsiz ve %2 çelik lif oranına sahip etriyesiz betonarme kirişlerde CFRP ile güçlendirme sonucunda dayanımda gerçekleşen değişimler deneysel ve analitik olarak incelenmiş. Yapılan deneysel çalışmalara sonucunda kirişlerde yerdeğiştirme artışı ile kesme ve eğilme çatlaklarının mesnetten yük uygulama noktasına doğru ilerleme eğilimden oluştuğu, CFRP'nin kirişlerin kesme dayanımını arttırdığı ve kirişlerin güç tükenmesine eğilme kırılması ile ulaştığı görülmüştür. CFRP şerit aralıkları DBYBHY 2007'de verilen koşulları sağlamamasına rağmen kirişlerin dayanımını arttırmıştır [5].

Köroğlu (2018), betonarme kolonların aksel yük düzeyi yüksek ve düşük olmak üzere iki farklı kesit boyutu, beton dayanımı ve CFRP kalınlığı gibi değerlerin

moment-eğrilik ilişkisi üzerindeki etkileri incelenmiş. Beton dayanımı arttıkça eksenel yük düzeyi doğrultusunda güçlendirilen betonarme kolonun dayanımı ve rijitliliği arttığı gözlenmiştir. CFRP kalınlığının artışı sonrası ise eksenel yük yüksek olan değerlerde güçlendirilmiş betonarme kolonun dayanımı artmış ancak rijitliliğin başlangıç noktasında sabit kaldığı görülmüştür [6].

Can (2002), çeşitli nedenlerden dolayı hasar gören kirişlerin yük altındaki davranışları deneysel olarak incelenmiş. Daha sonra betonarme mantolama ile onarılan kirişlerin sünekliği, rijitliği, enerji yutma kapasiteleri ve yük-değiştirme ilişkileri incelenmiş. Betonarme mantolama ile onarılan kirişlerin yük altında başarılı bir davranış ve süneklik göstermişlerdir [7].

Ceritli (2006), depremde hasar gören yapıların bütünsel olarak güçlendirilmesi incelenmiş. Yapılan araştırmalarda, şiddetli deprem bölgelerinde bulunana yapılarda perde duvarların bulunması gerektiğini ortaya çıkarmıştır. Perde yöntemi ve mantolama yöntemiyle güçlendirme konularına değinilmiştir. Yapıda oluşan rölatif kat yerdeğiştirmelerini azaltmak için kolon mantolama ve perdeleme yöntemleri aynı anda sistem takviyesi olarak kullanılmıştır. Bunun sonucunda rölatif kat yerdeğiştirmeleri oldukça azalmış ve kolonlara gelen kesme kuvvetlerinin büyük çoğunluğu perdeler tarafından aktarıldığı için yapı güvenli hale gelmiştir [8].

Erdem (2008), toplumda önem arz eden bir binada perde duvar ilavesi ve mantolama yöntemi ile yapılabilecek bir güçlendirme yönteminin maliyeti ile binanın yeniden yapım maliyeti karşılaştırılmıştır. Tip bir lise binasının perde duvar ve mantolama yöntemi ile güçlendirilmesi paket program yardımı ile yapılmış ve bu yöntemlerin maliyetleri hesaplanmıştır. Tip bir lise binasının 2007 fiyatları ile yeniden yapımının güçlendirme maliyetinin 2 katı olduğu görülmüştür [9].

Durakoğlu (2006) depremlerde hasar görmüş prefabrike yapıların onarım ve güçlendirme yöntemleri incelenmiş. Prefabrike yapım sistemleri ayrı ayrı ele alınmış. Depremün prefabrike yapılara verdiği hasarlar ayrıntılı olarak incelenmiş son yıllarda Türkiye'deki ve dünyadaki deprem hasarları ve hasar nedenleri ele alınmış, yeni yapılacak prefabrike yapılar hakkında çeşitli çözüm önerileri sunulmuştur. 2005 yılında yayınlanan tasarı deprem yönetmeliğinin prefabrike yapılar bakımından irdelenmiş, onarım ve güçlendirme alanındaki yeni eklentiler incelenmiştir. Depremde

hasar görmüş prefabrike yapıların onarım ve güçlendirilmesine geçmeden yapılan hasar tespit çalışmaları ve hasar seviyeleri hakkında bilgi verilmiştir [10].

Şirin (2006) yapılarda oluşan hasar biçimleri ve sebepleri incelemiştir. Yapıların onarım ve güçlendirme tekniklerini ile malzemelerini anlatmıştır. Bu tez çalışmasında sadece yapıların güçlendirilmesi değil özellikle yapıların daha az hasar görmesini sağlayacak sebepler üzerinde durulmuştur. Bu sayede henüz proje ve imalat aşamasında iken, ileride yapıları güçlendirme ihtiyacı hissetmemek için ne tür önlemler alacağımız konularına değinilmiştir [11].

Yıldırım (2008) örnek bir yapı üzerinde yeni deprem yönetmeliğinde yer alan performansa dayalı hesap yöntemindeki temel kavramları incelenmiş ve yöntemlerin uygulanmasındaki zorluklar belirlenmeye çalışılmıştır. Seçilen bir binanın, ilk olarak mevcut durumu 2007 Deprem Yönetmeliği'ne göre değerlendirilmiştir. Daha sonra çeşitli güçlendirme yöntemleri için maliyet kıyaslaması yapılmış ve uygun modelin istenilen performans düzeyinde olup olmadığı kontrol edilmiştir [12].

Keskin (2005), çalışmada öncelikle betonarme yapıları etkileyen hasar tipleri açıklanmış ve ülkemizin jeolojik konumu sebebiyle bu hasar tipleri arasında en çok zararı veren deprem üzerinde durulmuştur. Çalışmada ülkemizde kullanılan onarım ve güçlendirme yöntemleri hakkında genel bilgiler verilmiştir [13].

Köse (2006), yapıların deprem güvenirlilikleri, probabilistik ve deterministik yaklaşımlar kullanılarak tespit etmiştir. Yapılan analizler sonucunda, onarılması ve güçlendirilmesi gereken elemanlar belirlenmiş ve farklı malzemelerin kullanılmasıyla güçlendirme yapılmıştır. Ayrıca, yapılan güçlendirme çalışmaları maliyet ve yapıya getirdiği ek ağırlık bakımından karşılaştırılmıştır [14].

Yörükçü (2007), onarım ve güçlendirme ilkelerini ve yöntemleri araştırmıştır. Yapıların güçlendirilmesine neden olan, yapı kullanım amacının değişiminden kaynaklanan döşeme sehimlerinin giderilmesi için normal yapıdaki betonarme döşeme üzerine yeni bir döşeme sistemi oluşturmuş. Bu ise yapının toplam ağırlığını arttırarak, yapının deprem kuvvetlerine daha fazla maruz kalmasına neden olmuştur. Bunun için ise yapıda yine çelik çapraz sistemler kullanarak yapının yanal rijitliliği ve olası bir depreme karşı performansı arttırılmıştır [15].

Bawary (2018), dayanımı düşük olan betonarme bir binanın kolon mantolama ve perde duvarlar ile güçlendirilmesi araştırılmış. Betonarme yapı sonlu elemanlar

yöntemiyle modellenmiş. Yapılan çalışmanın ardından oluşturulan güçlendirme yöntemlerinin yapıya olumlu yönde etki ettiği görülmüş [16].

Kaya (2010), çalışma esnasında basit mesnetli üç nokta yüklemesi yapılan farklı kirişlerde boyut etkisi deneyleri yapılmış. Deney numunelerinin çekme bölgesine CFRP yapıştırılarak kirişler güçlendirilmiş. Deneyler sonucunda kirişlerin göçme yüklerinde boyut etkisinin varlığı görülmüş [17].

Akgönen (2005), mevcut taşıyıcı sistemler ve taşıyıcı sistem güçlendirme teknikleri incelenmiş, bütün sistemlerin dinamik ve statik özelliklerinin olumlu ve olumsuz yönleri incelenerek güçlendirmede kullanılacak en uygun taşıyıcı sistem tercih edilmiş. Daha sonra alternatif olarak tübüler sistem olarak bilinen taşıyıcı sistem güçlendirme tekniği olarak sunulmuş [18].

Yiğit (2002), 1975 Deprem Yönetmeliği'ne göre projelendirilip inşa edilmiş betonarme bir yapı 1998 Deprem Yönetmeliği'ne göre yeniden değerlendirilmiş. Binanın dinamik ve statik analizleri SAP2000 yapısal analiz programı kullanılarak gerçekleştirilmiş. Elde edilen sonuçlarda yapının güçlendirilmesine karar verilmiş. Bina taşıyıcı sistemine perde duvarlar eklenerek ve kolonlar mantolanarak bina güçlendirilmiş [19].

He ve Shi (2009), Karbon fiber takviyeli polimerin (CFRP) betonarme kolonlara uygulanmadan önce ve uygulanmadan sonraki statik yüklerinin statik tepkilerine ilişkin sayısal olarak karşılaştırılması simülasyon programında uygulanmış. Simülasyondan önce, ABAQUS yazılımı tarafından geliştirilen sonlu eleman modeli, 0.85'e kadar sürekli yük seviyesine sahip 20 CFRP sınırlı betonarme kolon üzerinde 141 eksenel basınç testi yapılmış CFRP güçlendirilmiştir. Analiz sonuçları, sürekli yük olmadan, CFRP ile sınırlandırılmış kolonların sürekli yüke sahip maksimum statik direncinin ilk önce arttığını ve ardından ön yükleme gerilme seviyesi endeksi arttıkça hızlı bir şekilde azaldığını göstermektedir. İki durum arasındaki tepe yatay yerdeğiştirme miktarı eksenel yükten etkilenmemiş. CFRP ile mantolanmış betonarme kolonların statik yanal tepkileri üzerindeki etkisi, zamana bağlı etkiler hariç tutulursa, mevcut yapılarda hizmet verilebilirlik durumları altında ihmal edilebilir [20].

Perrone, Barros, Aprile (2016), CFRP ile güçlendirme metodu eksenel basınç yüküne ve artan yanal yüke maruz kalan düşük ve orta dereceli beton mukavemet sınıfı

olan kare kesitli betonarme kolonların eğilme ve enerji harcama kapasitelerini arttırmak için kullanılmıştır. Bu güçlendirme tekniği hasar görmemiş kolonlarda ve yoğun hasar görmüş kolonlarda değerlendirilmiştir. Bu teknik 8 MPa beton basınç dayanımlı kolonlara uygulandığında, hasar görmüş ve hasar görmemiş kolonlarda yük taşıma kapasiteleri %46 ve %67 artış sağlamıştır. Enerji harcama kapasitesi bakımından hasarsız kolonlarda %40 ile %87 arasında değişen artış olurken hasarlı kolonlarda %39 oranında bir artış gözlemlenmiştir. Orta şiddette beton basınç dayanımı 29 MPa olan kolonlarda güçlendirme tekniği daha da etkili olmuştur. Beton basınç dayanımı 8 MPa olan kolonun maksimum yük ve enerji harcama kapasitesi ile karşılaştırıldığında, 29 MPa beton basınç dayanımına sahip kolonda enerji harcama kapasitesi %109 olmuştur. Deprem olaylarına karşı güçlendirme gerektiren binaların kolonlarına CFRP ile mantolama uygunluğunu göstermektedir [21].

Kachlakev ve McCurry (2000), 1997 yılında Oregon'da bulunan Horsetail Creek Bridge isimli tarihi betonarme köprünün yük taşıma kapasitesi, kirişlerin kesme yük ve moment kapasiteleri araştırılmıştır. Köprü tarihi görünümünü korurken aynı zamanda yük taşıma kapasitesini de arttırmanın bir yolu olarak CFRP ile mantolama yapılarak köprü güçlendirilmiştir. Ancak bu güçlendirme metodu köprüde uygulanmadan önce tasarım amaçlı deneyler yapılmıştır. Köprü kiriş boyutlarına ve yük taşıma kapasitelerine yakın olacak şekilde 4 adet tam boyutlu kirişler imal edildi. Bir adet kiriş kontrol amaçlı tutulurken diğer üç kiriş CFRP ile mantolama yapıldı. Kirişlerin kapasitelerini belirlemek amacıyla üç nokta bükme testi yapıldı. Köprüde kullanılan tasarımla aynı olan güçlendirilmiş kirişler deney sırasında kırılmamıştır. Deneyde uygulanan yüklere bağlı olarak köprü kirişleri kayma durumunda %50 artışa ve güçlendirme yapılmamış duruma göre %99 moment kapasite artışı gözlemlenmiştir. Tasarım hesaplamaları sonucunda kirişlerin gerekli kesme ve moment kapasitelerini aştığı görülmüştür [22].

Aykaç (2000), çalışma sırasında düşey yükler altında yetersiz kalan veya hasara uğramış betonarme kirişlerin, içerisinde yeni donatı bulunan betonarme mantolama yöntemi ile bir veya iki yüzünden güçlendirilmesi genel olarak uygulanan bir yöntem olduğu savunulmuştur. Bu güçlendirme yöntemi ile betonarme kirişlerin düşey yükler altındaki davranışlarının bilinmesine rağmen deprem yükleri altından nasıl bir davranış sergileyeceği yeterince bilinmediği söylenilmiştir. Bu çalışmada

kirişlerin depreme karşı güçlendirilmesi için betonarme mantolama tekniği ile yükler altında nasıl bir davranış sergileyeceği vurgulanmıştır. Araştırma neticesinde betonarme mantolama yöntemi ile kirişlerin deprem yükleri altında başarılı bir davranış sergilediği görülmüştür [23].

Kaltakçı ve Yavuz (2006), deprem esnasında olacak yüklere karşı kapasitesi yetersiz ve zayıf donatıları bulunan üç tane iki katlı ve iki açıklıklı, 1/3 ölçekli betonarme sistemde bulunan orta kolonun iki tarafına betonarme perde duvarlarla güçlendirme yapılmıştır. Betonarme sisteme tersinir yükler altında deneysel testini yapmışlardır. Oluşturulan ölçekli modellerden biri referans olarak alınmış, diğer iki modele ise 60 ve 90 cm uzunluğunda kısmi perdeler eklenmişlerdir. Deneysel sonuçlarında 60 cm perde eklenen modelde %178, 90 cm perde eklenen modelde ise %316 yatay yük kapasitesi artışı gözlemlenmiştir. Güçlendirilen modellerin yerdeğiştirme kapasitelerinin referans modelinin %50'sine düştüğü görülmüştür [24].

Kamanlı (1999), betonarme prefabrike yapılan büyük açıklıklı sanayi yapılarında yük ve açıklığın bulunduğu yapı elemanlarında ağırlık ve büyük açıklıkları geçme bakımından kesitin ve malzemenin önemli olduğu düşünülerek değişken kesitli kirişlerin yük altındaki davranışlarını normal beton ve hafif beton kullanılarak incelenmiştir. Her iki beton türünden de sabit ve değişken kesitli kirişler üretilerek basit eğilme altındaki davranışları, yük-gerilme ve moment-eğrilik ilişkileri, çatlak durumu, enerji yutma kapasiteleri karşılaştırılmıştır. Farklı betondan değişik boylarda ve değişik donatı yüzdeleri olan betonarme kirişler üretimden 28 gün sonra eğilme deneyine tabi tutulmuşlardır. Elde edilen deneysel veriler teorik olarak hesaplanan değerlerle karşılaştırılmıştır. Deneysel sonuçlarında nervürlü donatılı kirişler düz yüzeyli donatıya göre çatlak sayısı daha fazla ve kılcal yüzeyde kaldığı görülmüş. Hafif beton kullanılarak yapılan kirişlerde normal betondan imal edilen kirişlere benzer bir süreklilik görülmüştür. Yük-gerilme eğrilerinden ve moment-eğrilik ilişkilerinden elde edilen sonuçlar incelendiğinde kirişlerin eğilme altındaki taşıma ve akma yüküne ulaşmasında beton basınç dayanımının ve beton kalitesinin etkisinin çok az olduğu belirleyici faktörün donatı miktarı ve donatının kalitesi olduğu görülmüştür [25].

Yazar (1997), hasar görmüş kirişlerin güçlendirilmesinin ele alındığı çalışmada düşey yüklerden dolayı açıklıkta eğilme kırılmaları oluşan kirişler incelenmiştir. Bu hasarın sebebi ise kirişte boyuna donatı miktarının yetersiz olmasından dolayı kiriş

ortasında bulunan çekme bölgesindeki çatlaklarla belirlenmektedir. Görülen çatlaklar orta nokta bulunan boyuna donatıların akma bölgesine girdiklerini göstermektedirler. Normal şartlarda düşey yükler altında ankastre kirişlerde uç momentler daha fazladır. Ama kiriş uçlarında döşemenin donatısı ve beton en kesit alanının daha geniş olması sebebiyle kirişin üst noktasında çekme çatlakları ve tespit edilen eğilme kırılmaları pek görülmemiştir. Kirişlerde oluşan çatlakların onarılması ve kirişlerin güçlendirilmesinde malzeme seçimi ve tekniği mevcut betonun analizi yapıldıktan sonra karar verilir. Bu metot için betonun rengine, donatıdaki korozyon noktalarına, korozyon nedeni ile oluşan çatlaklara veya rötrede gerilmelerdeki büyük değişiklikler gözle izlendikten sonra not edilir. Kirişlerde oluşan çatlakların tamiri ve kirişlerin güçlendirilmesi için çimento kaynaklı malzemeler olarak çimento şerbeti, adi portlant çimento, çabuk sertleşen portlant çimento, püskürtme beton, telle güçlendirilmiş beton ve agrega yerleştirilmiş betonlar kullanılmıştır. Epoksi katkılı malzemeler olarak ise epoksi reçineleri ile beton çatlaklarını doldurmak ve epoksi enjeksiyonu ile 0.2-0.3 mm genişliğindeki çatlakların düşük viskoziteli epoksi reçinesi ile sürekli basınç altında doldurularak onarımı yapılmıştır. Polimer katkılı malzemelerde betonun düşük çekme mukavemeti, sıcaklık ve nem oranının değişmesi neticesinde betonda çatlak oluşması gibi durumların onarımı, mekanik bağlayıcılarla durağan halde olan çatlakların doldurulması ve güçlendirilmesi konuları anlatılmıştır [26].

Ünsal (1989), betonarme kirişlerin farklı sebeplerden dolayı güçlendirilmesini ve güçlendirme farklılıklarının kiriş üzerindeki anlatılmıştır. 2 adet referans kiriş ve 5 adet güçlendirilmiş kiriş olmak üzere 7 adet denge altı donatılı kirişler üzerinde çalışılmıştır. Güçlendirilmiş kirişlerin bir yüzeyine bir sıra yeni donatı ve yeni bir beton ile mantolama yapılmıştır. Eski ve yeni parçaların kaynaşmasını sağlamak amacı ile kaynaşma yüzü pürüzlendirilmiştir. Yeni çekme donatısı eski çekme donatısına U şeklinde yarım etriyeler şeklinde veya Z şeklindeki bağ demirleri ile kaynaklanmıştır. Mantolama yapılan bazı kirişlerde manto miktarı mesnetlere kadar uzatılmıştır. Diğer kirişlerde ise yerel güçlendirme etkisini görebilmek için mantolama miktarı mesnetlerden biraz uzakta kalacak şekilde yapılmıştır. İncelenen kiriş modellerinde kesitte sadece moment etkisi oluşturabilecek şekilde yük uygulanmıştır. Modellerde çökme ve dönme analizleri çalışılmıştır. Ulaşılan sonuçlar neticesinden kiriş modellerini yük-gerilme ve moment-eğrilik ilişkileri ele alınmıştır. Yapılan

güçlendirmenin sonucunda modeller üzerinde taşıma gücüne ne kadar ulaşacağı, güçlendirme sırasında kullanılan ek etriyelerin güçlendirmeye etkisinin nasıl olacağı, ek çekme donatıları ile kirişte bulunan çekme donatılarının birbirine Z şeklindeki bağ demirleri ile kaynaklanmalarının güçlendirmeye etkisi ne kadar olacağı ve ek çekme donatılarının kolon-kiriş birleşiminde nereye kadar devam edeceğini belirlemedeki hususlar üzerinde çalışılmıştır. Hiçbir hasara uğramamış kirişlerin ek çekme donatıları ile güçlendirilmesi büyük ölçüde etkili olmuştur. Güçlendirilme gerçekleştirilen kirişlerin moment taşıma kapasitelerinin arttığı görülmüştür. Güçlendirilme uygulanan kirişlerin rijitliklerinde güçlendirme sırasında yapım farklılıklarından dolayı büyük bir fark oluşmamıştır [27].

1.1. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Prefabrike yapı sistemine ait döşeme ve döşeme elemanlarına deprem yükleri etki ettiği anda bir arada çalışmasına olanak sağlamak ve oluşacak deprem yükünü kirişlere iletmek için çatı düzleminde ek çelik profillerle diyafram etkisinin sağlandığı varsayılmıştır.

Prefabrike betonarme yapıların birçoğu ülkemiz koşullarında deprem tehlikesi altındadır. Bu çalışmamızdaki amaç daha önceden tasarlanıp inşa edilmiş ancak günümüzdeki şartlar karşısında yetersiz kalan yapının durumunu incelemek, yeterli mukavemeti sağlamayan yapıların hangi şekilde güçlendirilebileceklerine karar verebilmektir. Bu çalışmada genel güçlendirme yöntemlerinden Betonarme Mantolama (RCJ) ve Karbon Elyaf Fiber Kumaş (CFRP) konuları üzerinde durulmuştur. Bu yöntemler bir model üzerinde uygulanmış ve ayrıntılar tablo ve grafikler şeklinde sunulmuştur.

Oluşturmuş olduğumuz ilk model tekil bir kolondu [28]. Örnek alınan bu tekil kolon üzerinde CFRP ve betonarme mantolama ile güçlendirme metotları uygulanarak doğrulama modeli elde edilmiştir. Daha sonra asıl modelimiz olan 3 boyutlu prefabrike model oluşturuldu [29] ve bu model üzerinde CFRP ve betonarme mantolama ile güçlendirme metotları uygulanarak doğrulama yapılmıştır. Daha sonra elde ettiğimiz ana model üzerinde gerekli analitik çalışmaları yaparak güçlendirme metotlarını irdeledik. Yalın durumda, CFRP'li durumda ve betonarme mantolu durumda olan

sistemlere 13 farklı deprem yükü etki edildi. Etki edilen bu depremler sonucunda yapının tepe yerdeğiştirme, etki eden yanal yük ve moment gibi davranışları incelendi.

Prefabrike yapılar kolon-kiriş bölgelerinde moment aktarmayan birleşim bölgeleri olan mafsallı yapı sistemleri olarak değerlendirilmektedir. Bu kapsamda mevcut prefabrike yapıların hızlı ve pratik bir yöntemle güçlendirilmesi önem arz etmektedir. Güçlendirme yöntemleri olarak servis sürecine müdahale etmeden dış kolonlarda betonarme mantolama ve yapının genel rijitlik özelliklerini iyileştirildiği düşünölen çekme dayanımı yüksek lifli polimer kullanılması ve güçlendirilmiş olan yapıların performanslarının dinamik analizler çerçevesinde değerlendirilmesi bu çalışmanın en önemli amaçları arasında yer almaktadır.

1.2. Çalışmada Kullanılan Parametreler

Bu çalışmada yapının performans değerlendirilmesi tepe yatay yerdeğiştirme, toplam taban kesme kuvveti ve seçilen kolonlardaki moment etkilerine göre belirlenmiştir.

1.3. Güçlendirme Yöntemi İçin Önerilen Yöntemler

Betonarme yapıların güçlendirilmesinde mevcut kolon ve kirişlerin betonarme ile mantolanması, kolon ve kirişlerin lifli polimer kumaşlar kullanılarak sarılması, binaya ek perde duvar yapılması, kat aralarına çelik çapraz elemanlar yapılması gibi dayanım esaslı yöntemler bulunmaktadır. Bu çeşitli yöntemler asıl olarak yapının yük taşıma kapasitesini arttırmakta ve yatay yerdeğiştirme eğilimini kısıtlamaktadır. Bu doğrultuda yapının yanal rijitliğin artması söz konusu olacağı için depreme karşı olan eğilimi de benzer şekilde artacak ve yapı daha büyük deprem yükü ile karşı karşıya kalabilecektir.

Belirtilen hususlar sonucunda uygulanabilirlik açısından ele alacağımız yöntemler arasında Betonarme Mantolama ve Karbon Elyaf Fiber Kumaş ile mantolama metotlarını analitik olarak modelleyerek bazı deprem yükleri etki ettik. Çalışma neticesinde elde etmiş olduğumuz verileri karşılaştırarak hangi güçlendirme yönteminin daha verimli olduğuna karar verdik.

Yapmış olduğumuz çalışmada da yararlandığımız “*Prefabrikte Endüstri Yapılarının 2007 Deprem Yönetmeliği Koşullarına Göre Deprem Güvenliğinin Belirlenmesi*” adlı çalışmada Türkiye’de yaygın olarak üretilmiş olan ve mevcut prefabrikte bina stoğu içerisinde önemli bir yere sahip olan kırıklı çerçeve prefabrikte yapıların yürürlükte olan Türkiye Deprem Yönetmeliği (2007) kriterlerine göre değerlendirilmesini yapmak amacıyla, 1998 yılında yapılmış fakat 1999 depreminde tamamen yıkılmış olan bir yapıyı değerlendirmiştir. 1998 yönetmeliğine göre tasarlanmış olan prefabrikte sanayi yapısı, TDY-2007’de önerilen “Doğrusal Elastik Hesap Yöntemi” ve “Doğrusal Elastik Olmayan Hesap Yöntemlerinden: Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi” ile SAP2000 programı ile analizleri yapılmıştır. Yapı önce doğrusal elastik yaklaşımla çözümlenerek kolon ve kirişlerin etki-kapasite oranları, yatay yerdeğiştirmeleri ve hasar sınırları bulunmuş, daha sonra SAP2000 programı yardımı ile yapının itme analizi gerçekleştirilerek her iki doğrultudaki kapasite eğrileri elde edilmiştir. Çalışma sonucunda her iki analiz yöntemine göre de yapının göçme konumunda olduğu sonucu ortaya çıkmıştır [29].

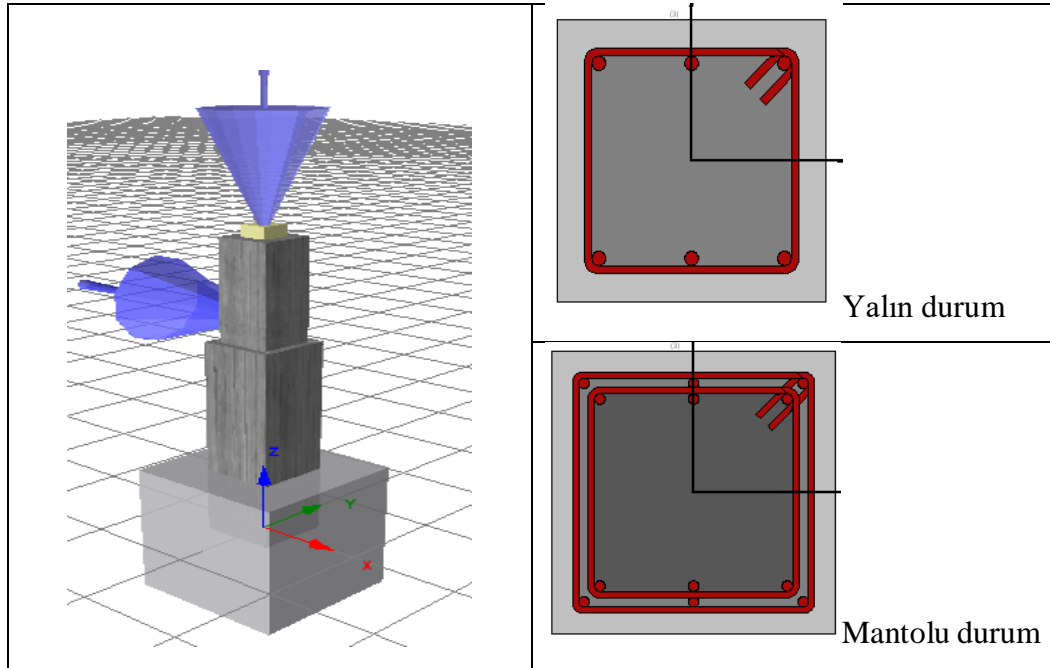
1.3.1. Betonarme Mantolama

Betonarme Mantolama yöntemi yapı güçlendirme yöntemleri arasında en sık kullanılan yöntemdir. Bu yöntem Meksika, Japonya ve Balkanlar’daki depremlerden sonra yaygın olarak kullanılmaya başlandı. Betonarme mantolama yönteminde yapısal performansı optimize etmek için kompozit elemanın, tek parçalığının sağlanması esastır. Bu aynı zamanda mevcut yapı ile güçlendirme yönteminin arasında tam uyumun sağlanması anlamına gelir [30]. Betonarme mantolama uygulaması yapılmadan önce kolon ve kirişin köşe bölgeleri tıraşlanır. **Şekil 1**’de betonarme mantolama uygulaması gösterilmiştir.



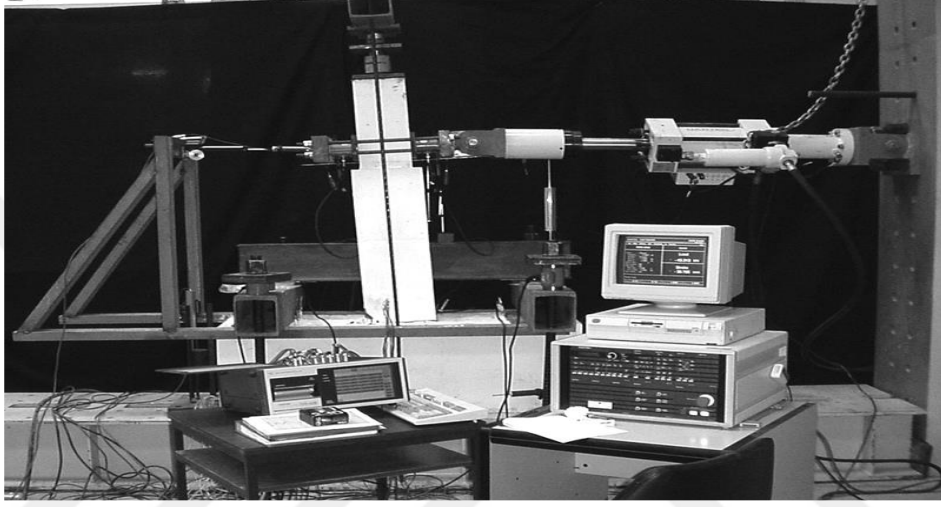
Şekil 1 :Betonarme Mantolama Uygulaması

Betonarme mantolamaya örnek olan bir çalışma yapan Eduardo bir kolon numunesi üzerinde çalışmaktadır. 200 x 200 x 1350 mm olarak boyutlandırılan kolon numunesini boyuna 6 adet $\text{Ø}10$ mm çaplı nervürlü demir ve 150 mm aralıkla $\text{Ø}6$ mm çaplı etriyeler oluşturmaktadır. Oluşturulan kolon numunesinde kullanılan betonun 28 günlük kübik basınç dayanımı 35 MPa ve çeliğin çekme dayanımı 520 MPa' dır. Deneysel modelin analitik ortamdaki görüntüsü **Şekil 2'** de gösterilmiştir.



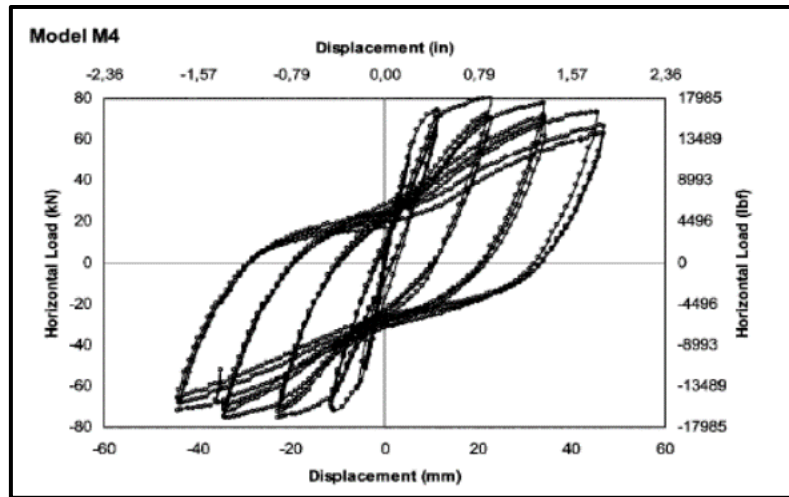
Şekil 2: Test Numunesi Kolon Kesiti [30]

Test numunesinde oluşturulan betonarme mantolama yüksekliği 900 mm, kullanılan betonun 28 günlük kübik basınç dayanımı 80 MPa ve çeliğin çekme dayanımı 520 MPa'dır. Bizim analitik ortamda oluşturmuş olduğumuz test numunesine ise 170 kN'luk ölü yük etki etmektedir. Test numunesine analitik ortamda uygulamış olduğumuz statik zaman-tarih analizi ile elde ettiğimiz sonuçlar ile daha önce aynı özellikleri sahip kolon numunesine uygulanan deneysel sonuçların örtüştüğü gözlenmektedir. Deneysel numuneye uygulanan çalışma **Şekil 3'** te gösterilmiştir.



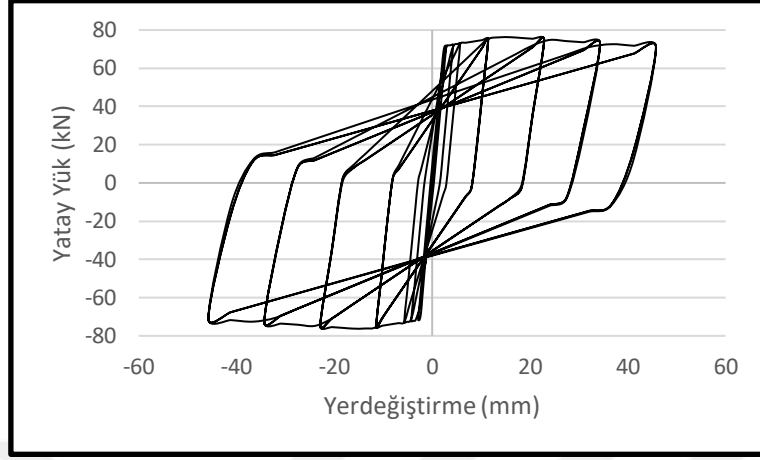
Şekil 3: Test Numunesine Deneysel Çalışma Uygulanması [30]

Deneysel çalışma sonucunda elde edilen Yük-Yerdeğiştirme grafiği **Şekil 4'** te gösterilmiştir.



Şekil 4: Test numunesinin deneysel çalışmasına ait yük- yerdeğiştirme grafiği [30]

Test numunesine gerçekleştirmiş olduğumuz analitik çalışmaya ait yük yer değiştirme grafiği **Şekil 5'** te gösterilmiştir.



Şekil 5: Test numunesinin analitik çalışmasına ait yük-yerdeğiştirme grafiği

Yapmış olduğumuz analitik çalışma ile yapılan deneysel çalışmanın yük-yerdeğiştirme grafiklerinden elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığı zaman maksimum dayanımları elde etmemize rağmen dönüş kollarındaki yerdeğiştirme tam manasıyla sağlanamamıştır. Ancak analitik çalışma deneysel çalışmaya yakınlık göstermektedir.

1.3.2. Karbon Elyaf Fiber Kumaş (CFRP)

Karbon Elyaf Fiber Kumaş (CFRP) olarak ifade edilen karbon fiber takviyeli polimerler; yüksek mukavemetli fiberler ile plastik esaslı bağlayıcı reçine maddesinin ve çeşitli katkı maddelerinin bir araya gelmesiyle oluşan ve dünya genelinde yaygın olarak kullanılmaya başlanan yeni nesil güçlendirme malzemesidir. Bu malzemelerin betonarme mantolama yöntemine karşı en büyük üstünlüğü korozyona dayanıklı olmalarıdır. Ayrıca birçok dış etkene daha çok dayanıklıdırlar. Hafif, ince, uygulaması hızlı ve pratik olan uzun ömürlü bu malzemeler, liflerin dizilim yönleri değiştirilerek mukavemeti ayarlanabildiğinden ve beton ile çeliğin giremeyeceği yerlere girebildiğinden güçlendirmede büyük bir avantaj sağlamaktadır.

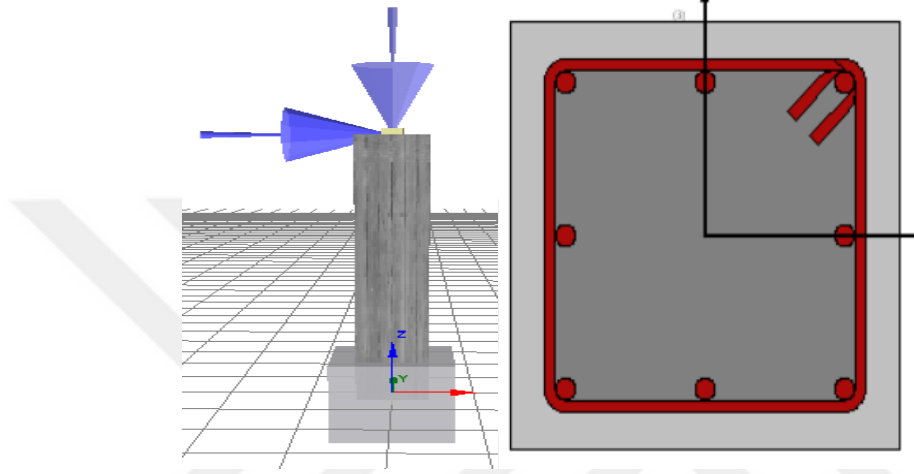
CFRP güçlendirme yönteminin betonarme mantolama uygulanmasına göre oldukça avantajları vardır. Hafif ve az zahmetli olması, uygulanabilirlik ve zaman tasarrufu açısından CFRP metodu, betonarme mantolama yöntemine göre oldukça avantajlıdır. Ancak ürün maliyeti açısından da dezavantajı bulunmaktadır.

CFRP yöntemine ilk olarak uygulama yapılacak olan kolon ya da kirişin köşelerinin yuvarlatılması ile başlanır. Daha sonra bir fırça yardımı ile CFRP uygulanacak bölgeye ince bir astar sürülür. Ardından CFRP tabakası astarlanan bölgenin etrafına sarılır. Uygulama bölgesi ile CFRP tabakası arasında iyi bir bağlantı elde edebilmek için CFRP bağlantıları uygulama bölgesi boyunca yerleştirilir. Ardından karbon fiber dübelleri uygulamak için tabaka üzerinden delikler açılır. CFRP dübelleri karbon şeritlerden oluşmaktadır. Bu şeritler elyaf veya bir ip ile bağlanırlar. İçleri temizlenen ankraj deliklerine bu dübeller yerleştirilir. CFRP uygulama metodu **Şekil 6'** da gösterilmektedir.



Şekil 6: Tipik bir betonarme kolonun CFRP ile güçlendirilmesi

CFRP güçlendirme metodu üzerinde çalışma yapan Okan Özcan' a ait test numunesi 350 x 350 x 2000 mm olarak boyutlandırılmış bir kolondur. Kolon numunesini boyuna 8 adet Ø18 mm çaplı nervürlü demir ve 200 mm aralıkla Ø10 mm çaplı etriyeler oluşturmaktadır. Test numunesine ait kolon kesiti ve donatı detayı Şekil 7' de gösterilmektedir.



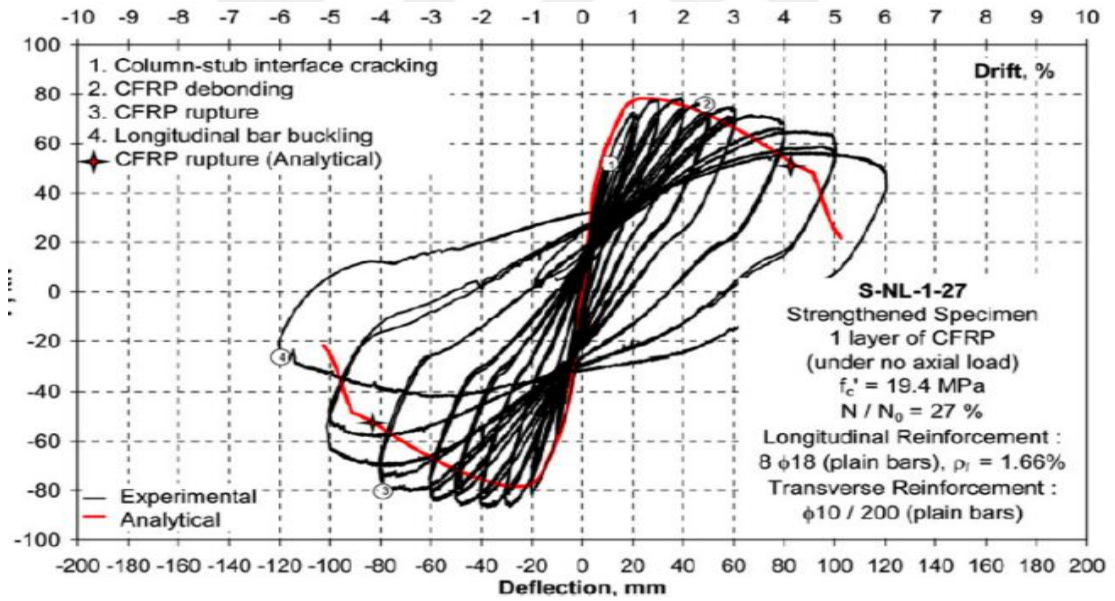
Şekil 7: Test Numunesi Kolon Kesiti [28]

Plastik menteşe bölgesinde 1 kat CFRP ile takviye edilirken hiçbir yüke sahip olmayan kolon %27'lik aksenal bir yük oranına sahiptir. Analitik olarak yapılan statik zaman-tarih analizi sonucunda elde etmiş olduğumuz değerler test numunesi olarak kullanılan kolondaki değerler ile örtüştüğü görülmüştür. Yapılan deneysel çalışma Şekil 8' de gösterilmektedir.



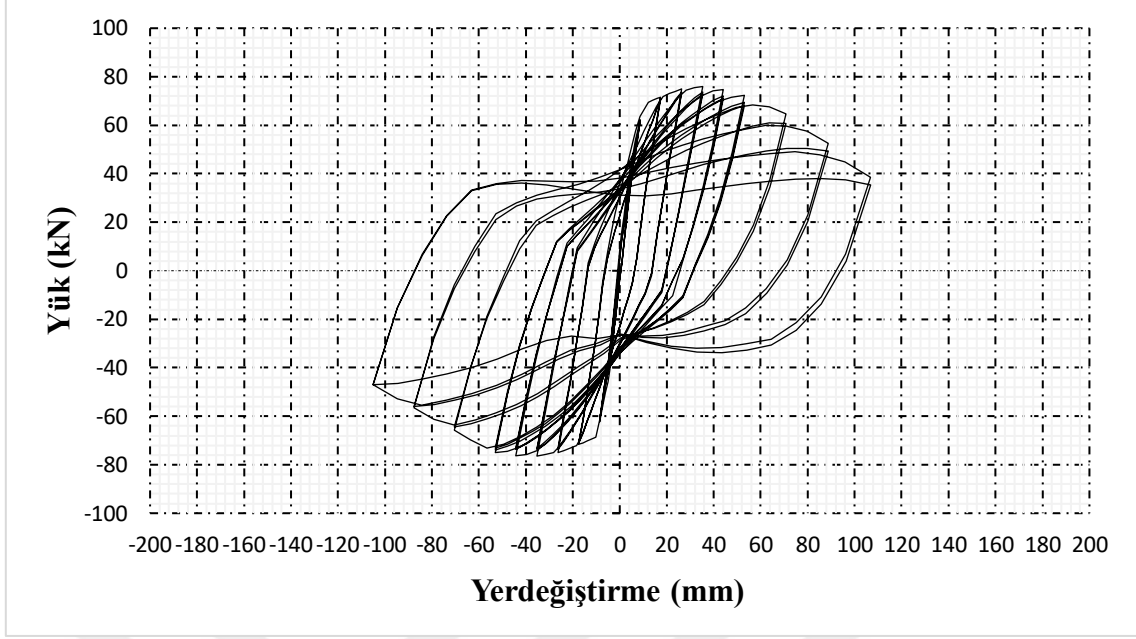
Şekil 8: Test Numunesine Deneysel Çalışma Uygulanması [28]

Deneysel çalışma sonucunda elde edilen Yük-Yerdeğiştirme grafiği Şekil 9’ da gösterilmiştir.



Şekil 9: Test numunesinin deneysel çalışmasına ait yük-yerdeğiştirme grafiği [28]

Yapmış olduğumuz analitik çalışma sonucunda elde edilen Yük-Yerdeğiştirme grafiği Şekil 10’ da gösterilmiştir.



Şekil 10: Test numunesinin analitik çalışmasına ait yük-yerdeğiştirme grafiği

2. ANALİTİK ÇALIŞMA

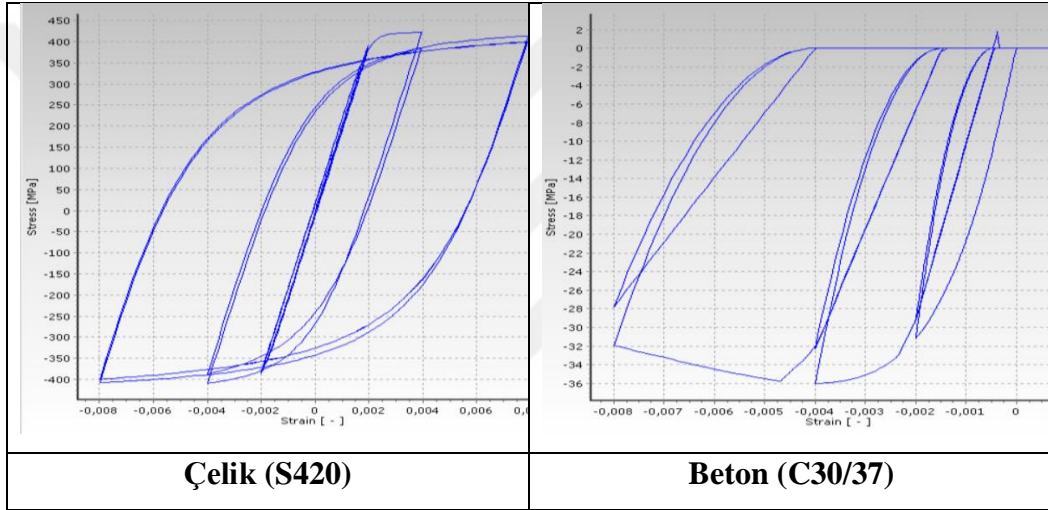
Çalışmamızda tek katlı 2 açıklıklı prefabrike betonarme çerçeve sistemi için “Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemi” kullanılarak dinamik analiz uygulanmıştır. Belirlemiş olduğumuz 13 adet kaydı sırasıyla yalın çerçeve modeline, betonarme mantolama uygulanmış çerçeve modeline ve CFRP uygulanmış çerçeve modeline etki ettirilmiştir. Elde edilen analiz sonuçları değerlendirilmiş ve uygun güçlendirme metodu belirlenmiştir.

2.1. Yapının Geometrik Özellikleri

Deneysel çalışmaya ait prefabrike yapı görünüşü **Şekil 11**’de gösterilmektedir. Tercih etmiş olduğumuz sistem prefabrike endüstri yapısı tek katlıdır. Kat yüksekliği 6 metre ve çerçeve aralıkları 7 metredir. Yapı modelinin analiz programındaki genel görünüşü **Şekil 12**’de gösterilmiştir.

ara yüz aracılığıyla gerçekleştirilir. Herhangi bir şekilde girdi veya dosya ayarlama, programlama komut dizisi hazırlama vb. diğer zaman alıcı ve karmaşık metin düzenleme işlemleri yapmayı gerektirmemektedir. Diğer taraftan, işlemci yerdeğiştirme eğrilerinin ve yapının deforme şeklinin çizimlerini eş zamanlı olarak gösterilmesi, analizin durdurulup/devam ettirilmesi özelliklerine; *art işlemci*yse; elde edilen tüm çizimlerin özelleştirilmesi gibi kullanıcıların verimliliğini artıran ileri art işlemci özelliklerine sahiptir [31].

Malzeme olarak beton sınıfı C30 (en düşük karakteristik basınç dayanımı, f_{ck} , silindir), donatı çelik çubuğu ise S420 (minimum akma mukavemeti, f_{yk}) olarak belirlenmiştir. Çelik donatı ve betona ait gerilme grafikleri **Şekil 13'** de verilmiştir.



Şekil 13: Esas alınan çelik donatı ve beton modeline ait gerilme grafikleri

2.1.1. Betonarme Prefabrik Sistemi Oluşturan Elemanlar

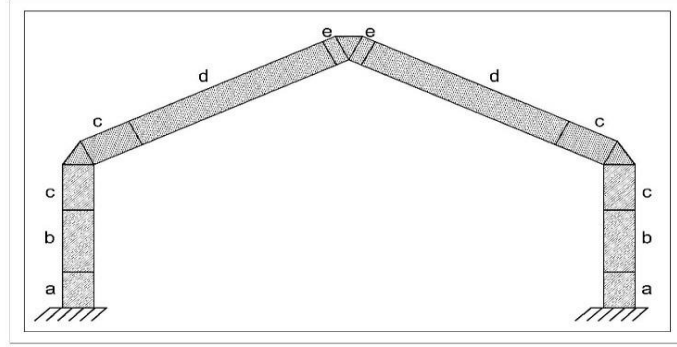
Tablo 2: Kolon ve kiriş en kesit boyutları ve boyuna donatılar

Elemanlar	Eleman Çeşidi	b/h (cm)	Donatı
a	Kolon	35/55	10Ø20 + 2Ø18
b	Kolon	35/55	8Ø20 + 2Ø18
c	Kolon + Kiriş	35/109	10Ø20 + 6Ø18
d	Kiriş	35/55	4Ø20 + 4Ø20
e	Kiriş	35/55	4Ø20 + 4Ø20

Tablo 2 devam ediyor,

Elemanlar	Yükseklik (cm)	Eleman Detayları
a	150	<p>550 350 510 310 5 φ 20 + 2 φ 18 + 5 φ 20</p>
b	260	<p>550 350 510 310 4 φ 20 + 2 φ 18 + 4 φ 20</p>
c	190	<p>1090 350 1050 310 5 φ 20 + 6 φ 18 + 5 φ 20</p>
d	508	<p>550 350 510 310 4 φ 20</p>
e	50	<p>550 350 510 310 4 φ 20</p>

Kolon ve kiriş detayları **Şekil 14'** te gösterilmiştir.



Şekil 14: Kolon ve Kiriş Boyutları

2.1.2. Yapı Sistemine Etkiyen Yükler

Kolonlara etkiyen yük hesaplanırken yukarıdaki tabloda verilen ölü yükler baz alınmıştır. Oluşturmuş olduğumuz model 40 metre uzunluğunda ve 21 metre enindedir. Her bir kolona etkiyen yük **161,70 kN'** dur. Modelde kütle yük analizi kullanılarak **Tablo 3'** de verilen değerler sonucunda otomatik olarak hesaplanmıştır [29].

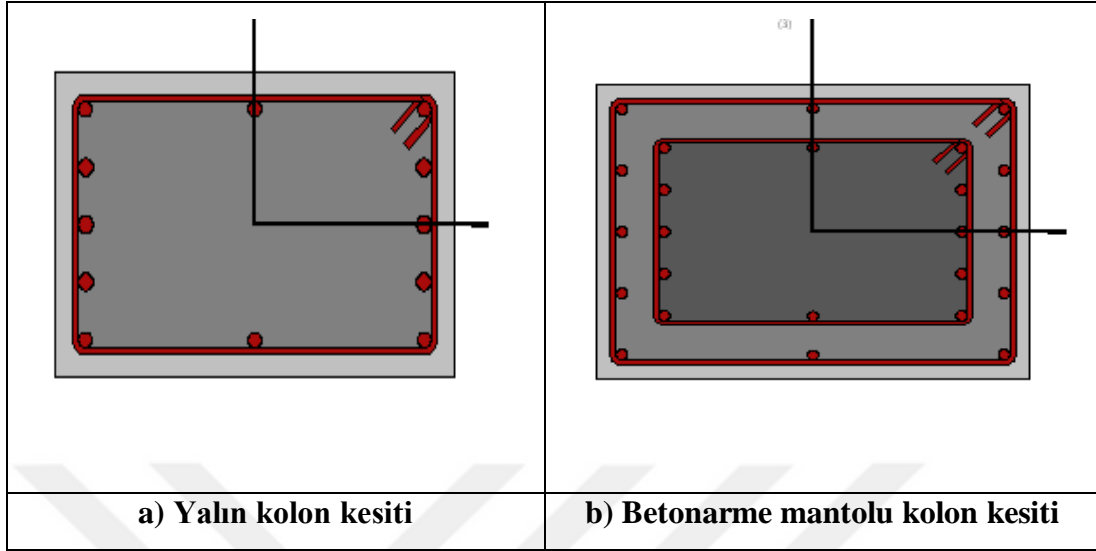
Tablo 3: Çatı yükü analizi (kN/m²) [29]

	Tip	kN/m ²	(1.4G +1.6Q) kN/m ²	G+Q±E kN/m ²
Ölü Yük (G)	Çatı Kaplaması	0,20	0,28	0,20
	Çatı Sırt Kirişi	0,18	0,25	0,18
	Kiriş	0,52	0,73	0,52
	Kar	0,75	1,05	0,75
		1,65	2,31	1,65

2.1.3. Kesit Kapasitesinin Belirlenmesi

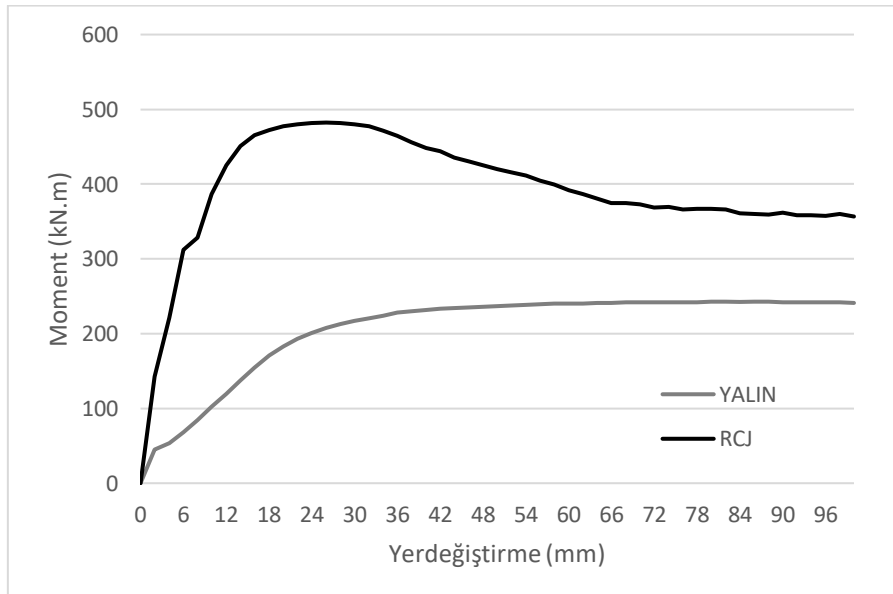
Yapı sistemi içerisinde kullanacağımız kolon ve kiriş kesitinin moment kapasitesini belirlemek için analitik program içerisinde oluşturmuş olduğumuz elemana yalın ve betonarme mantolu durumlarda statik itme analizi yapılmıştır. Eleman yalın durumda 2 metre uzunluğunda 350 x 550 mm kesitindedir. Yalın durum ve betonarme mantolu duruma ait kesitler **Şekil 15'** de verilmiştir. Betonarme mantolama işleminde manto kalınlığı 10 cm ve manto yüksekliği 1 metre olarak

belirlenmiştir. Statik itme analizi kolon numunesi 0,50 metre yerdeğiştirme yapacak şekilde yapılmıştır.



Şekil 15: Yalın durum ve betonarme mantolu durum kolon kesitleri

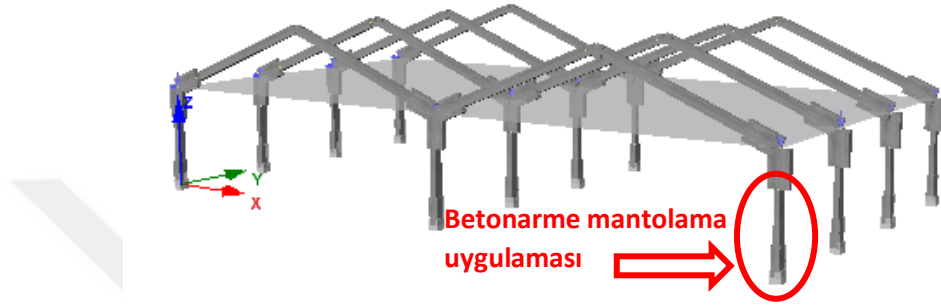
Yapılan statik itme analizi sonucunda kolon elemanına ait maksimum moment kapasite değerleri elde edilmiştir. Yalın durum için maksimum moment değeri 242,427 kN.m iken betonarme mantolu durumda maksimum moment kapasitesi 482,329 kN.m olmuştur. Kolon elemanına ait yalın durum ve betonarme mantolu durumun karşılaştırmalı moment kapasite grafiği Şekil 16' te gösterilmiştir.



Şekil 16: Kolon elemanına ait yalın durum ve betonarme mantolu durumu moment grafiği

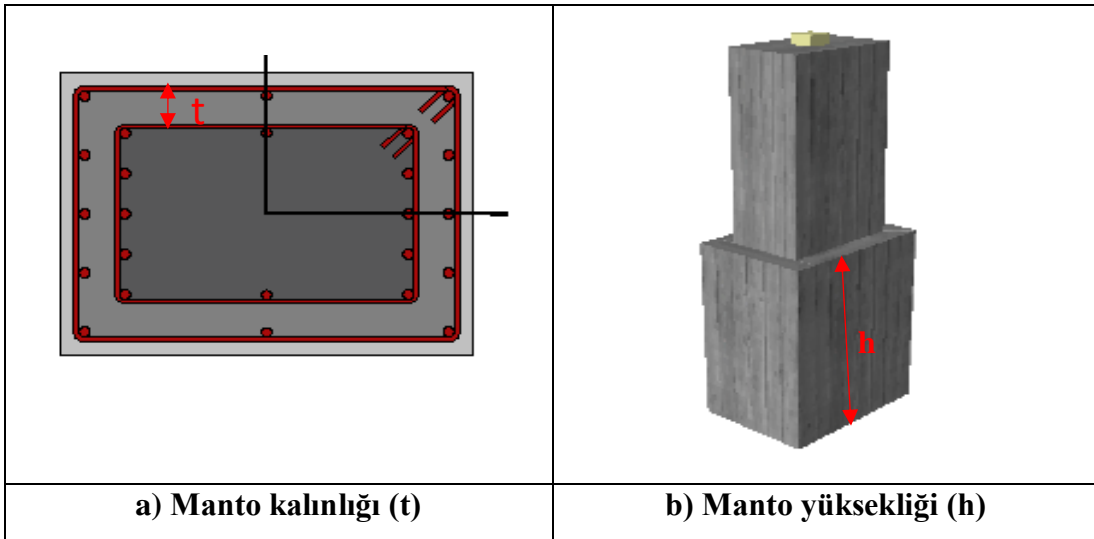
2.2. Betonarme Manto İçin Analitik Model

Yapmış olduğumuz analitik çalışma ile daha önce yapılan deneysel çalışmayı karşılaştırmamız sonucunda ana model üzerinde de aynı metot ile analitik modelimizi oluşturduk. Betonarme mantolama uygulanan model **Şekil 17'** de gösterilmiştir.



Şekil 17: Betonarme Mantolama Uygulanan Yapı Modeli

Oluşturulan analitik modelde kolona uygulanan betonarme mantolama sistemini farklı şekillerde entegre ederek modelde çeşitlilik sağladık. İlk olarak uygulanan betonarme manto kalınlığı (t) sabit tutuldu ve betonarme manto yüksekliği (h) değiştirildi. Manto kalınlığı ve yüksekliği **Şekil 18'** de gösterilmiştir. Daha sonraki aşamalarda ise hem manto kalınlığı hem de yüksekliği değiştirildi. Betonarme mantolama için oluşturulan model çeşitleri **Tablo 4'** de verilmiştir.



Şekil 18: Manto kalınlığı ve manto yüksekliği

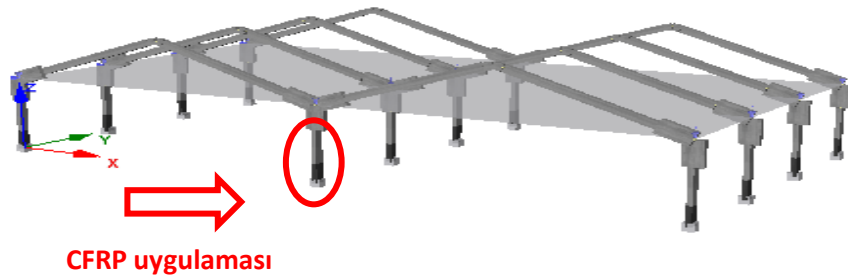
Tablo 4: Betonarme Mantolama İçin Modelde Kullanılan Mantolama Çeşitleri

Model	Manto Kalınlık (t)	Manto Yükseklik (h)	Model	Manto Kalınlık (t)	Manto Yükseklik (h)	Model	Manto Kalınlık (t)	Manto Yükseklik (h)
Model #1	10	1	Model #7	20	1	Model #13	30	1
Model #2	10	2	Model #8	20	2	Model #14	30	2
Model #3	10	3	Model #9	20	3	Model #15	30	3
Model #4	10	4	Model #10	20	4	Model #16	30	4
Model #5	10	5	Model #11	20	5	Model #17	30	5
Model #6	10	6	Model #12	20	6	Model #18	30	6

Yukarıdaki tabloda belirtilen her bir analiz modeline toplamda 13 adet deprem kaydı uygulanmıştır. Aşağıdaki bölümde deprem kayıtları ayrıntılı olarak gösterilmektedir. Sisteme betonarme mantolama uygulama esnasında manto elemanlarının beton sınıfı C70/85, çelik donatı çubuğu ise S420 olarak tercih edilmiştir.

2.3. Karbon Elyaf Fiber Kumaş Mantolama İçin Analitik Model

Analitik olarak hazırlanmış olduğumuz modelde kullandığımız CFRP malzeme ise Sika isimli firmanın Sika Wrap Hex 103C ürünüdür. 1,016 mm kalınlığa sahip olan bu ürün 1055,00 MPa çekme direncine sahiptir. Elastisite modülü ise 64828,00 MPa'dır. Kolon yüzeylerine tek kat olarak uygulanmıştır. CFRP mantolama uygulanana model **Şekil 19'** de gösterilmiştir.

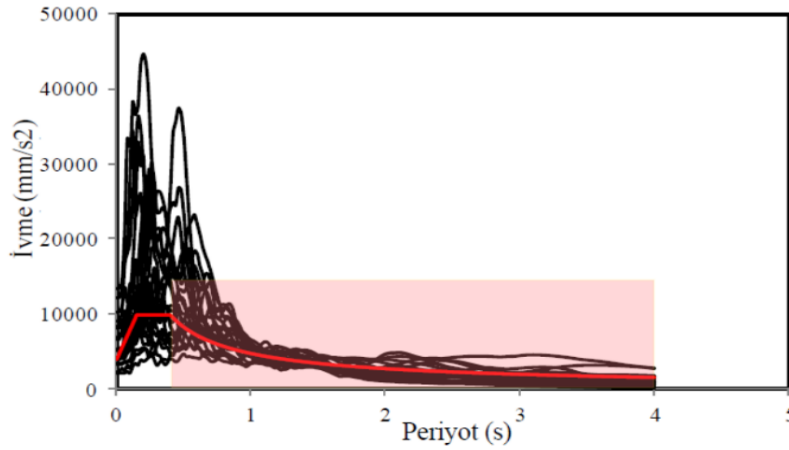


Şekil 19: Karbon Elyaf Fiber Kumaş Mantolama Uygulanan Yapı Modeli

Oluşturmuş olduğumuz modellerde kolona uygulanan CFRP sistemlerindeki sargı sayısı tek kat olarak sabit tutuldu ve sargı yüksekliği sırası ile 2 m, 4 m ve 6 m olarak değiştirildi.

2.4. Sisteme Etki Eden Deprem Kayıtları

Sistem üzerinde kullanılan deprem kayıtları Federal Acil Durum Yönetim Kurumu (FEMA)'nın P695 yöntemine göre içerisinde Türkiye'de gerçekleşmiş olan depremlerinde bulunduğu 13 farklı deprem olayının ve kayıt istasyon verileri seçilmiştir. FEMA P695' de bulunan depremler **Tablo 5'** verilmiştir. Bu deprem verileri ile TDY2007 tasarım deprem spektrumunun azalan koluna yakın olacak şekilde geometrik ortalamaları alınarak ölçeklendirilmiştir. Deprem kayıtlarının spektrum eğrileri **Şekil 17'** da gösterilmiştir.

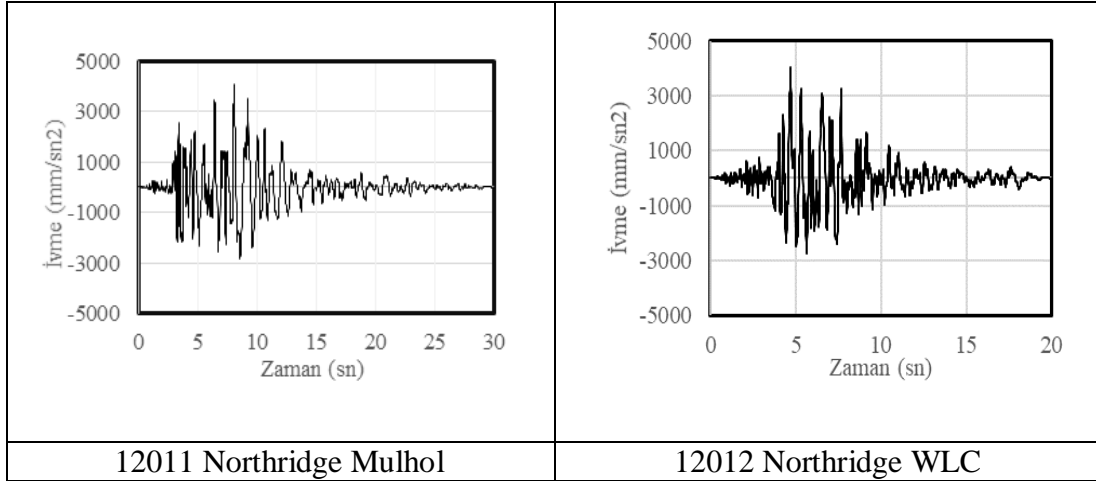


Şekil 20: Seçilmiş Deprem Kayıtlarının Spektrum Eğrileri

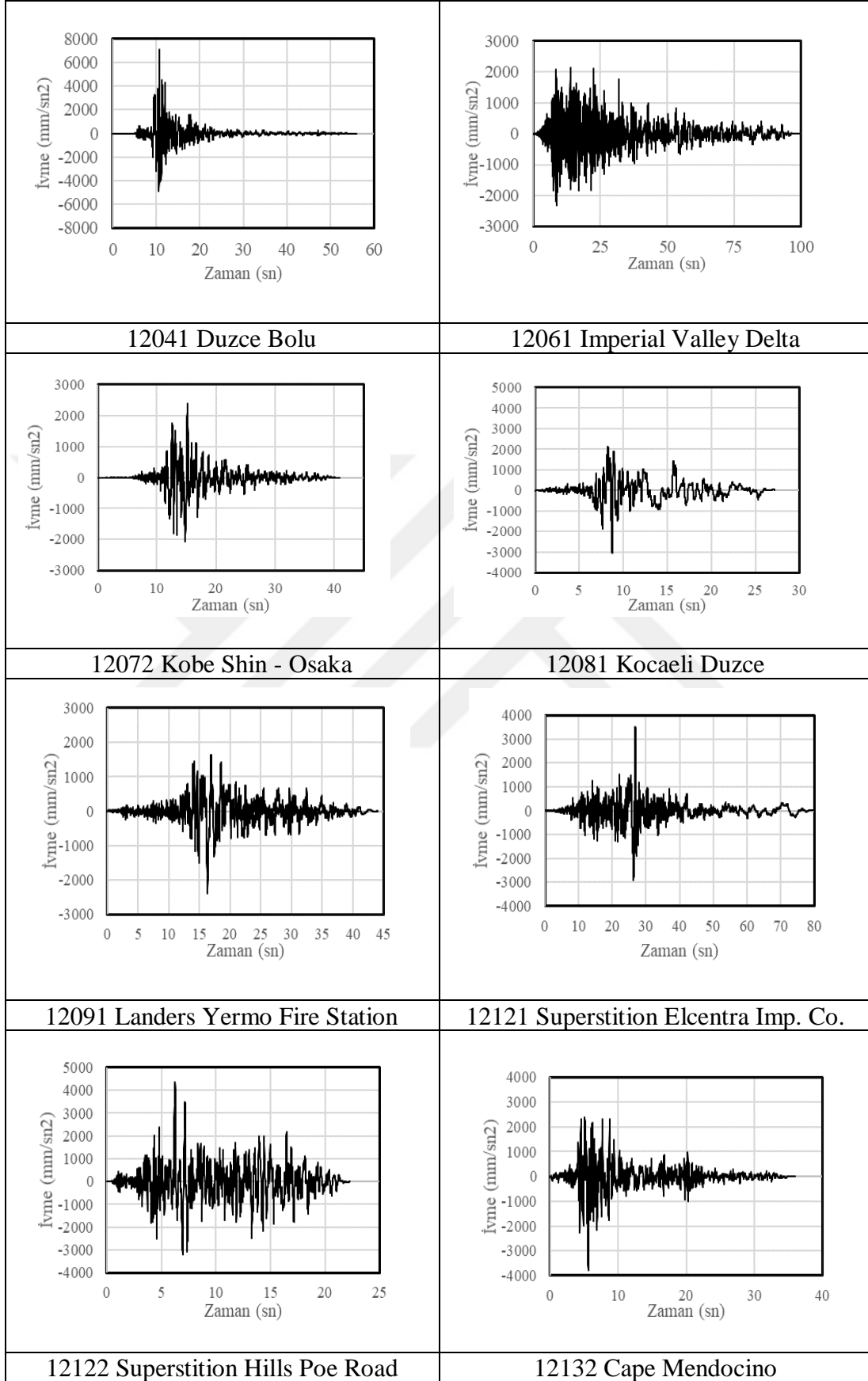
Tablo 5: Deprem Olayının Özeti ve Kayıt İstasyonu Verileri [32]

Deprem ID	M	Yıl	Deprem Kayıt İsmi	İstasyon İsmi	İstasyon Sahibi
12011	6.7	1994	Northridge	BeverlyHills-Mulhol	USC
12012	6.7	1994	Northridge	Canyon Country-WLC	USC
12041	7.1	1999	Duzce, Turkey	Bolu	ERD
12061	6.5	1979	Imperial Valley	Delta	UNAMUCSD
12072	6.9	1995	Kobe, Japan	Shin-Osaka	CUE
12081	7.5	1999	Kocaeli, Turkey	Duzce	ERD
12091	7.3	1992	Landers	Yermo Fire Station	CDMG
12121	6.5	1987	Superstition Hills	El Centro Imp. Co.	CDMG
12122	6.5	1987	Superstition Hills	Poe Road (temp)	USGS
12132	7.0	1992	Cape Mendocino	Rio Dell Overpass	CDMG
12141	7.6	1999	Chi-Chi, Taiwan	CHY101	CWB
12142	7.6	1999	Chi-Chi, Taiwan	TCU045	CWB
12151	6.6	1971	San Fernando	LA -Hollywood Stor	CDMG

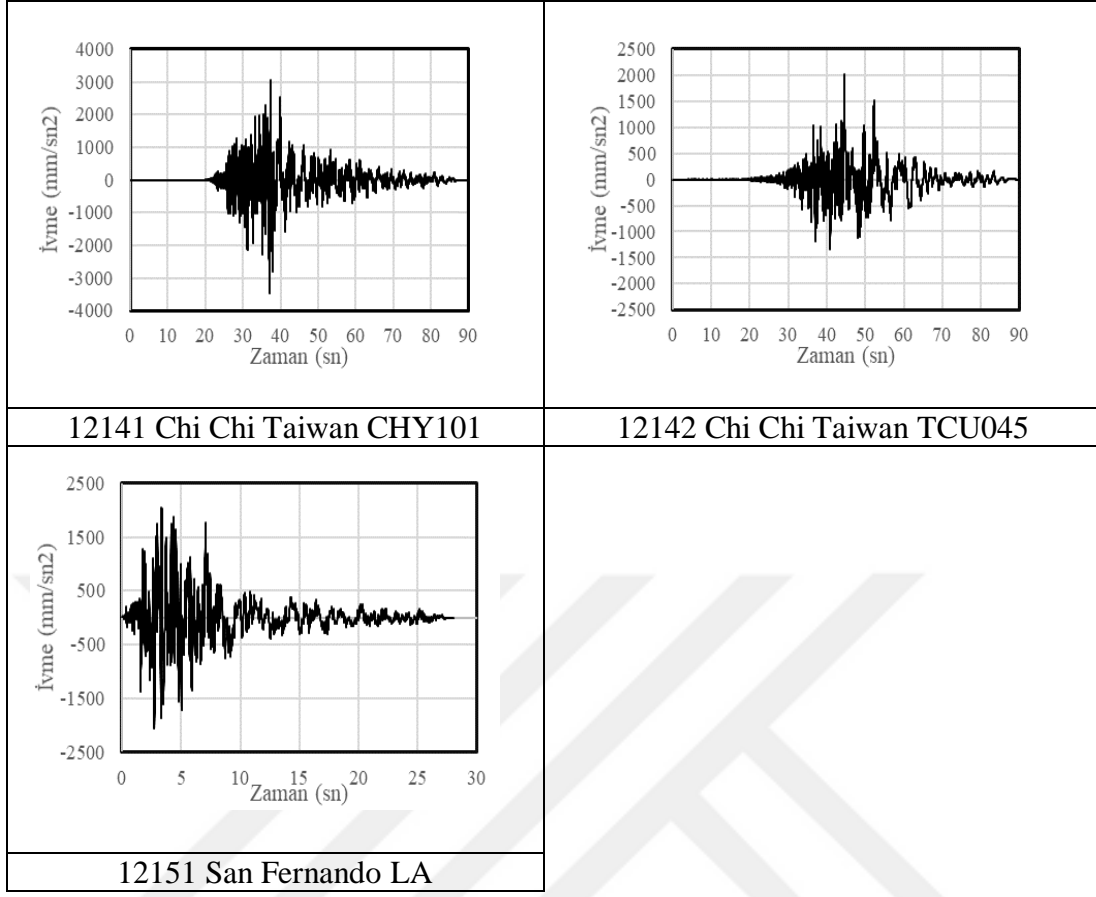
Seçilen 13deprem bölgesine ait deprem ivmeleri **Şekil 21'** de verilmiştir.



Şekil 21: Deprem bölgelerine ait deprem ivmeleri (şekil devam ediyor)



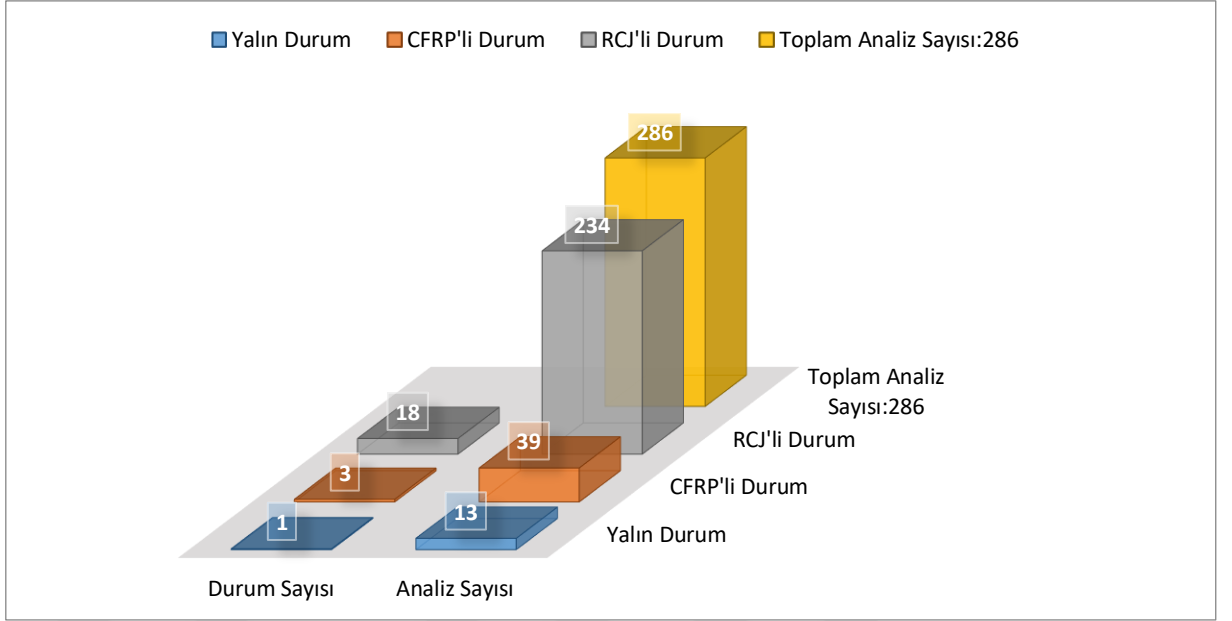
Şekil 21: Deprem bölgelerine ait deprem ivmeleri (şekil devam ediyor)



Şekil 21: Deprem bölgelerine ait deprem ivmeleri

3. ANALİZ SONUÇLARI VE DEĞERLENDİRİLMESİ

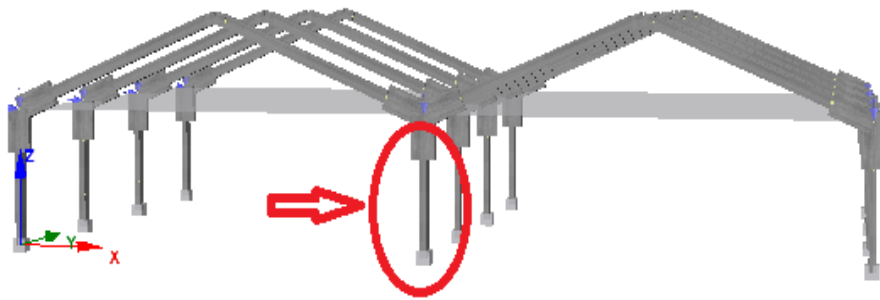
Yapının yalın hali ile RC Jacketing ve CFRP ile mantolama yöntemleri kullanılarak güçlendirilmiş son halleri lineer olmayan dinamik analizler, 13 adet deprem kaydı etki ettirilerek gerçekleştirilmiştir. Toplamda 286 adet analiz yapılarak yapının tepe yatay yerdeğiştirme, taban kesme kuvveti ve moment gibi değerleri elde edilmiştir. 286 adet analiz detayı **Şekil 22'** de gösterilmektedir.



Şekil 22: Gerçekleştirilen analiz tip ve sayıları

3.1. Tepe Yatay Yerdeğiştirme (m) Değerleri

Tepe yatay yerdeğiştirmeleri incelenirken yapının S102 no'lu kolonun tepe noktası referans alınmıştır. Şekil 23' de S102 no'lu kolonun yerleşimi görülmekte. Yapılan kapsamlı incelemeler ile farklı deprem bölgelerinde hangi güçlendirme yöntemini kullanabileceğimizi görmüş olduk. 13 farklı deprem bölgesi etki edilen modellerde yalın durum, CFRP' li durum ve betonarme mantolu durumlara ait tepe yatay yerdeğiştirme değerleri **Tablo 6'** de verilmiştir.



Şekil 23: S102 Kolonunun Yerleşimi

Tablo 6: Analiz Sonuçlarına Ait Tepe Yatay Yerdeğiştirme Değerleri

TEPE YATAY YERDEĞİŞTİRME (metre)																
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	ORT.	
YALIN		0,1830	0,1120	0,1020	0,1070	0,1510	0,1280	0,1090	0,1230	0,1030	0,2090	0,0690	0,0810	0,0520	0,1176	
CFRP	h=2 m	0,1920	0,1230	0,1250	0,1140	0,1850	0,1390	0,1100	0,1400	0,0910	0,2010	0,0790	0,0550	0,0550	0,1238	
	h=4 m	0,1820	0,1210	0,1280	0,1130	0,1810	0,1350	0,1110	0,1470	0,0950	0,1910	0,0840	0,0580	0,0610	0,1236	
	h=6 m	0,1810	0,1220	0,1290	0,1130	0,1810	0,1370	0,1110	0,1420	0,0960	0,1920	0,0880	0,0580	0,0600	0,1238	
RCJ	h (m)	t (cm)														
	1	10	0,0880	0,0890	0,0820	0,0670	0,1240	0,0700	0,0960	0,0810	0,1060	0,1990	0,0660	0,0590	0,0660	0,0918
	2		0,0780	0,0980	0,0940	0,0620	0,0760	0,0460	0,0610	0,0460	0,0760	0,1460	0,0270	0,0430	0,0640	0,0705
	3		0,1040	0,1020	0,1030	0,0780	0,0950	0,0640	0,0370	0,0710	0,0880	0,0970	0,0360	0,0520	0,0550	0,0755
	4		0,0560	0,1050	0,1060	0,0660	0,0530	0,0620	0,0520	0,0700	0,0890	0,0800	0,0390	0,0530	0,0590	0,0685
	5		0,0550	0,1030	0,1050	0,0660	0,0520	0,0610	0,0520	0,0700	0,0900	0,0660	0,0400	0,0240	0,0630	0,0652
	6		0,0550	0,0980	0,1030	0,0650	0,0490	0,0610	0,0340	0,0680	0,0880	0,0550	0,0430	0,0290	0,0580	0,0620
	1	20	0,0890	0,0860	0,0810	0,0550	0,1330	0,0740	0,0890	0,0820	0,1040	0,1900	0,0430	0,0810	0,0620	0,0899
	2		0,0810	0,0850	0,0790	0,0510	0,0410	0,0410	0,0340	0,0480	0,0640	0,0940	0,0201	0,0196	0,0390	0,0536
	3		0,0280	0,0570	0,0580	0,0257	0,0160	0,0150	0,0210	0,0270	0,0310	0,0380	0,0200	0,0201	0,0250	0,0294
	4		0,0370	0,0310	0,0440	0,0530	0,0440	0,0096	0,0110	0,0390	0,0120	0,0510	0,0110	0,0052	0,0310	0,0291
	5		0,0310	0,0310	0,0480	0,0310	0,0157	0,0065	0,0090	0,0410	0,0380	0,0490	0,0210	0,0054	0,0390	0,0281
	6		0,0410	0,0300	0,0530	0,0380	0,0159	0,0058	0,0080	0,0405	0,0580	0,0494	0,0240	0,0051	0,0378	0,0313
	1	30	0,0890	0,0870	0,0804	0,0510	0,1320	0,0740	0,0830	0,0810	0,1040	0,1890	0,0490	0,0790	0,0620	0,0893
	2		0,0760	0,0830	0,0770	0,0500	0,0390	0,0410	0,0310	0,0560	0,0610	0,0930	0,0190	0,0250	0,0400	0,0532
	3		0,0190	0,0320	0,0490	0,0250	0,0140	0,0180	0,0200	0,0300	0,0270	0,0390	0,0170	0,0170	0,0240	0,0255
	4		0,0060	0,0046	0,0045	0,0100	0,0086	0,0018	0,0030	0,0130	0,0110	0,0053	0,0027	0,0019	0,0066	0,0061
	5		0,0050	0,0047	0,0056	0,0040	0,0052	0,0020	0,0029	0,0086	0,0086	0,0130	0,0026	0,0014	0,0071	0,0054
6	0,0050		0,0048	0,0051	0,0038	0,0055	0,0020	0,0026	0,0086	0,0100	0,0180	0,0027	0,0013	0,0072	0,0059	

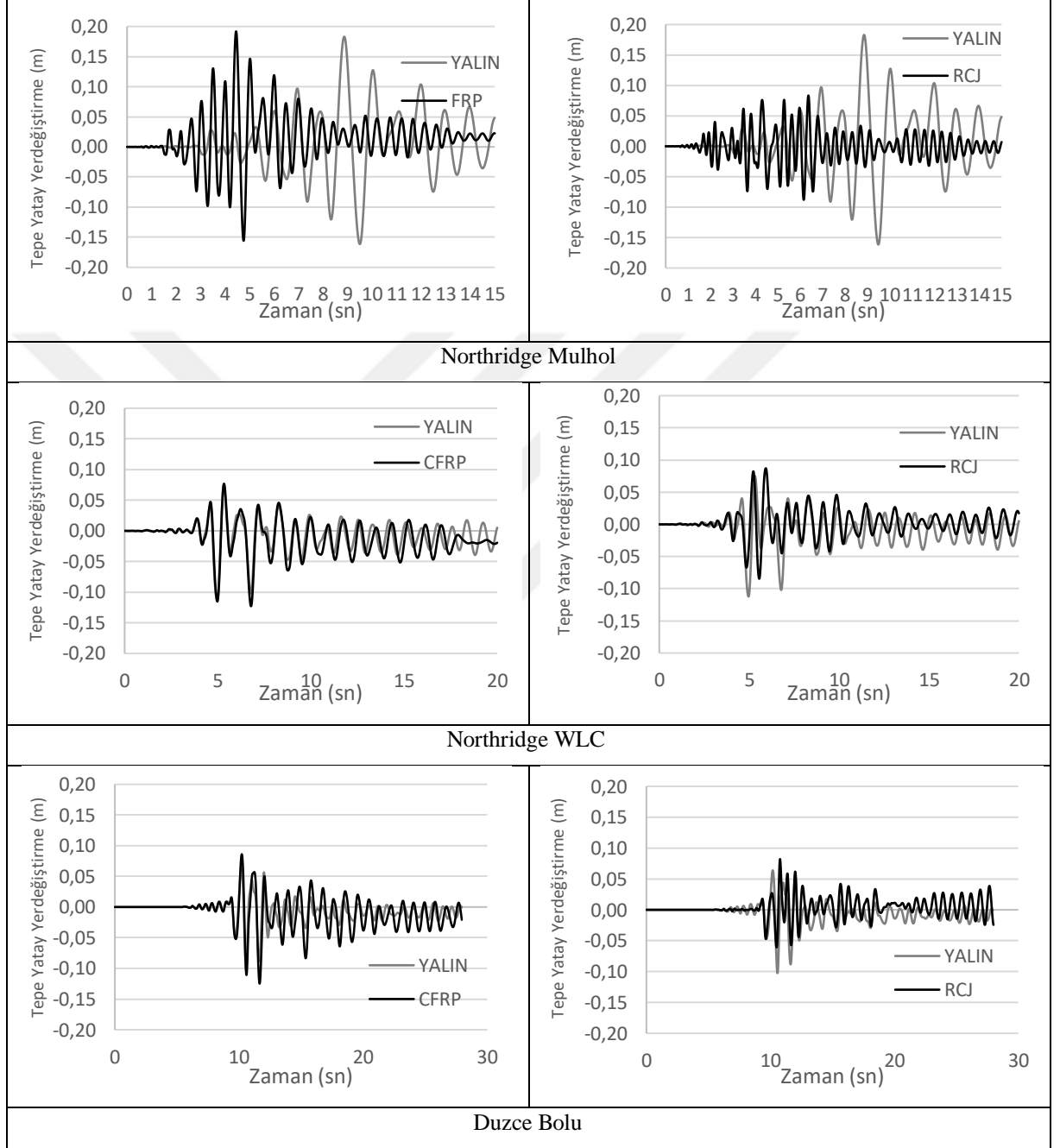
Tepe yatay yerdeğiştirme miktarları CFRP ile mantolama yönteminde genel anlamda olumlu yönde etki etmemektedir. Ancak ele almış olduğumuz deprem bölgeleri etki eden bazı yapı modellerinde tepe yatay yerdeğiştirme miktarlarının düştüğü de görölmektedir. Örneğin 12 no'lu deprem bölgesi etki eden yapı modelinde 2 metre CFRP mantolama uygulaması yapıldığı takdirde tepe yatay yerdeğiştirme miktarı %33 oranında azalmıştır. CFRP mantolama uygulanan modellerde manto yüksekliği tepe yatay yerdeğiştirme miktarına etki etmediği gözlemlenmiştir.

Betonarme mantolama uygulanan modellerde ise manto kalınlığı ve manto yüksekliği arttıka tepe yatay yerdeğiştirme miktarı önemli ölçüde azalmaktadır. Örneğin 10 no'lu deprem bölgesi etki eden yapı modelinde manto kalınlığı 10 cm ve manto yüksekliği 1 metre betonarme mantolama uygulandığında tepe yatay yerdeğiştirme miktarı %5 azalmıştır. Aynı deprem bölgesi etki eden yapı modelinde manto kalınlığı sabit tutulup manto yüksekliği 2 metreye çıkarıldığında ise tepe yatay yerdeğiştirme miktarı yalın durumdaki haline göre %30 azalmıştır. Burada mantolama yüksekliğinin tepe yatay yerdeğiştirme miktarını önemli ölçüde azalttığı görölmüştür. Betonarme mantolamada manto yüksekliği gibi manto kalınlığı da tepe yatay yerdeğiştirme miktarına olumlu yönde etki etmektedir. Yine 10 no'lu deprem bölgesi etki eden yapı modelini ele alırsak; manto kalınlığı 10 cm ve manto yüksekliği 2 metre uygulandığında tepe yatay yerdeğiştirme miktarı %30 azalmıştı. Manto yüksekliğini 2 metrede sabit tutup manto kalınlığını 10 cm'den 20 cm'ye çıkardığımızda tepe yatay yerdeğiştirme miktarı yalın duruma göre %55 azalmıştır.

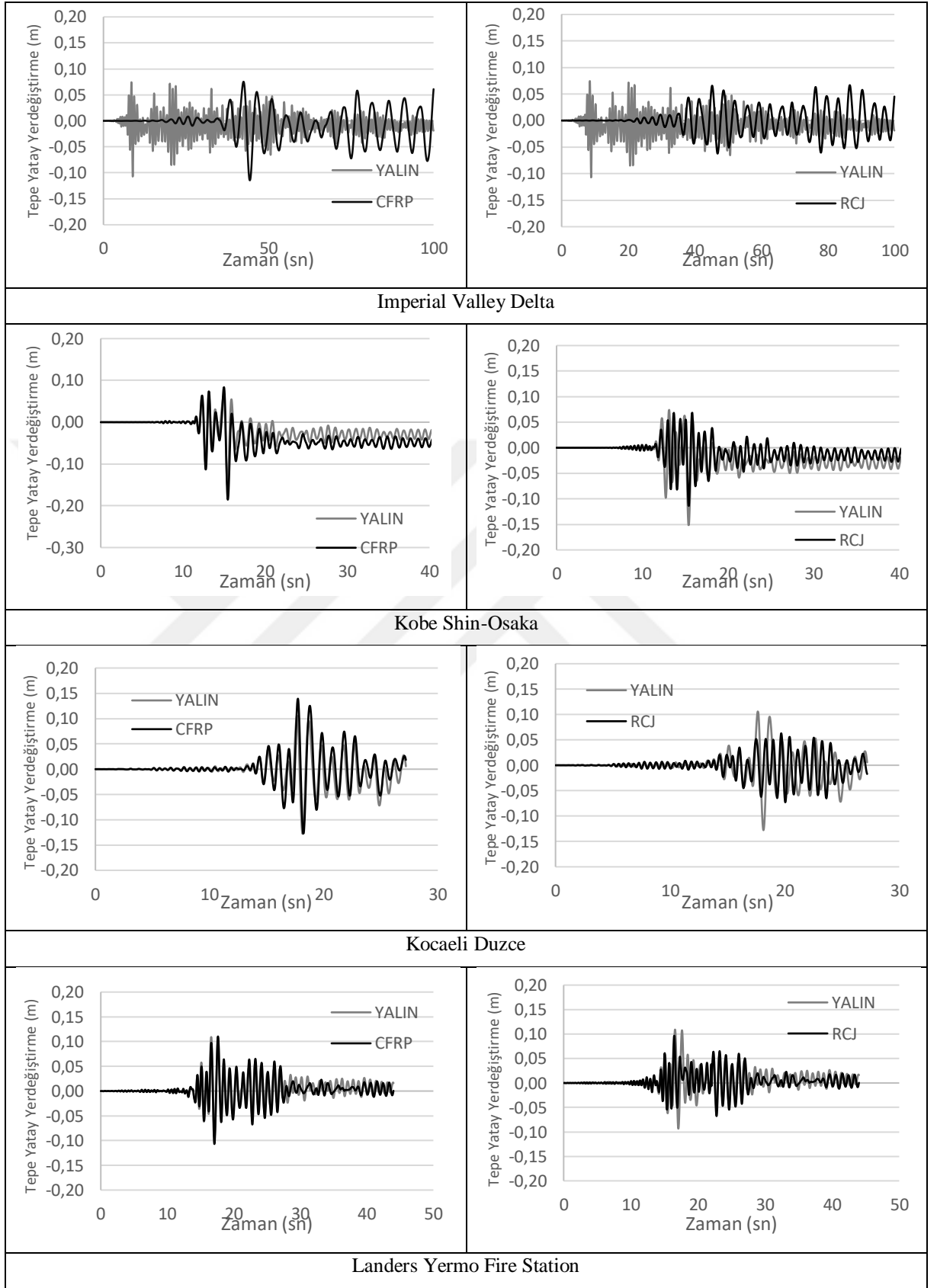
Tabloda bulunan tepe yatay yerdeğiştirminin ortalama değerleri incelendiğinde CFRP'li mantolama metodu yapı üzerinde etkili olamamıştır. Ancak betonarme mantolama yapılan sistemlerin tepe yatay yerdeğiştirme miktarları oldukça azalmış ve yapı sisteminde deprem sırasında oluşabilecek eğilme azalmıştır. Bu durumda yapıda betonarme mantolama yapmanın daha etkili olduğu söylenebilmektedir.

Tepe yatay yerdeğiştirme değerlerinin zamana bağlı olarak karşılaştırılması grafikler halinde **şekil 24'** de verilmiştir. Bu karşılaştırma yapılırken betonarme mantolama modellerinde 1 metre manto yüksekliğine ve manto kalınlığı 10 cm olan model referans alınmıştır. CFRP durumunda ise manto sargı yüksekliği 2 metre olan

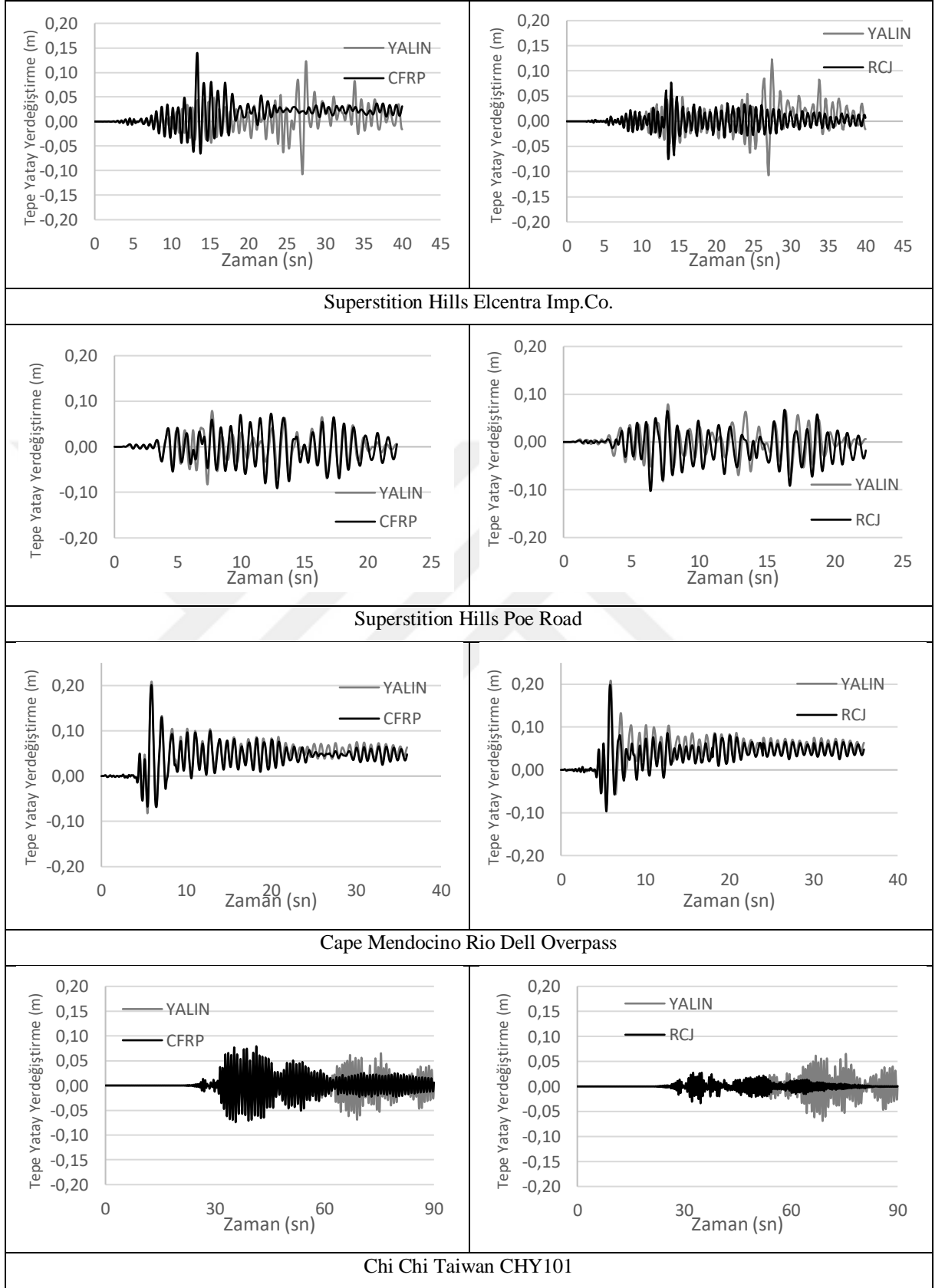
modelden elde edilen tepe yatay yerdeğiştirmesi değerlerine yer verilmiştir. 13 adet deprem ivme değerleri ile modeller üzerinde analiz yapılarak elde edilen sonuçlar “Yalın Durum-RC Jacketing ve Yalın Durum-CFRP” şeklinde karşılaştırılmıştır.



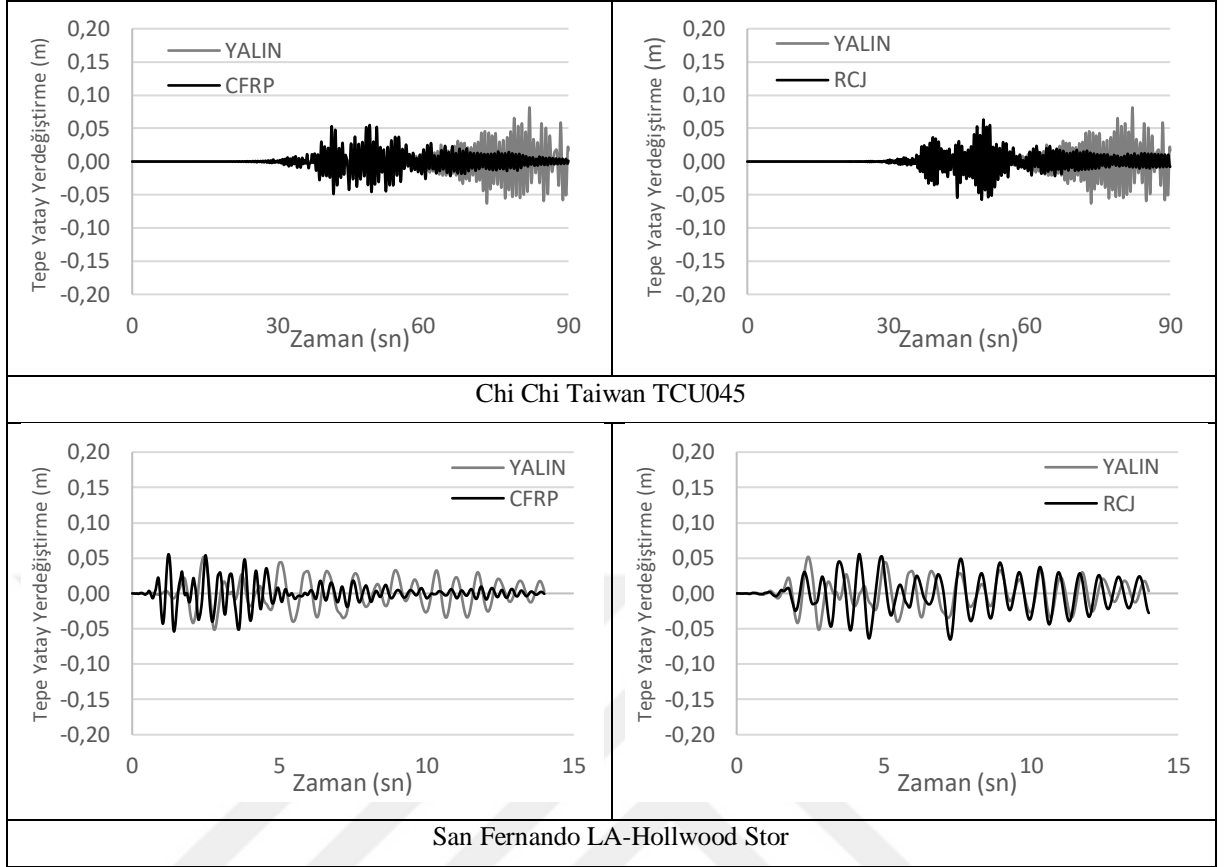
şekil 24: Deprem Bölgelerine Ait Yalın Durum-RC Jacketing ve Yalın Durum-CFRP Zaman(sn)-Tepe Yatay Yerdeğiştirme (m) (şekil devam ediyor)



Şekil 24: Deprem Bölgelerine Ait Yalın Durum-RC Jacketing ve Yalın Durum-CFRP Zaman(sn)-Tepe Yatay Yerdeğiştirme (m) (şekil devam ediyor)



Şekil 24: Deprem Bölgelerine Ait Yalın Durum-RC Jacketing ve Yalın Durum-CFRP Zaman(sn)-Tepe Yatay Yerdeğiştirme (m) (şekil devam ediyor)



Şekil 24: Deprem Bölgelerine Ait Yalın Durum-RC Jacketing ve Yalın Durum-CFRP Zaman(sn)-Tepe Yatay Yerdeğiştirme (m)

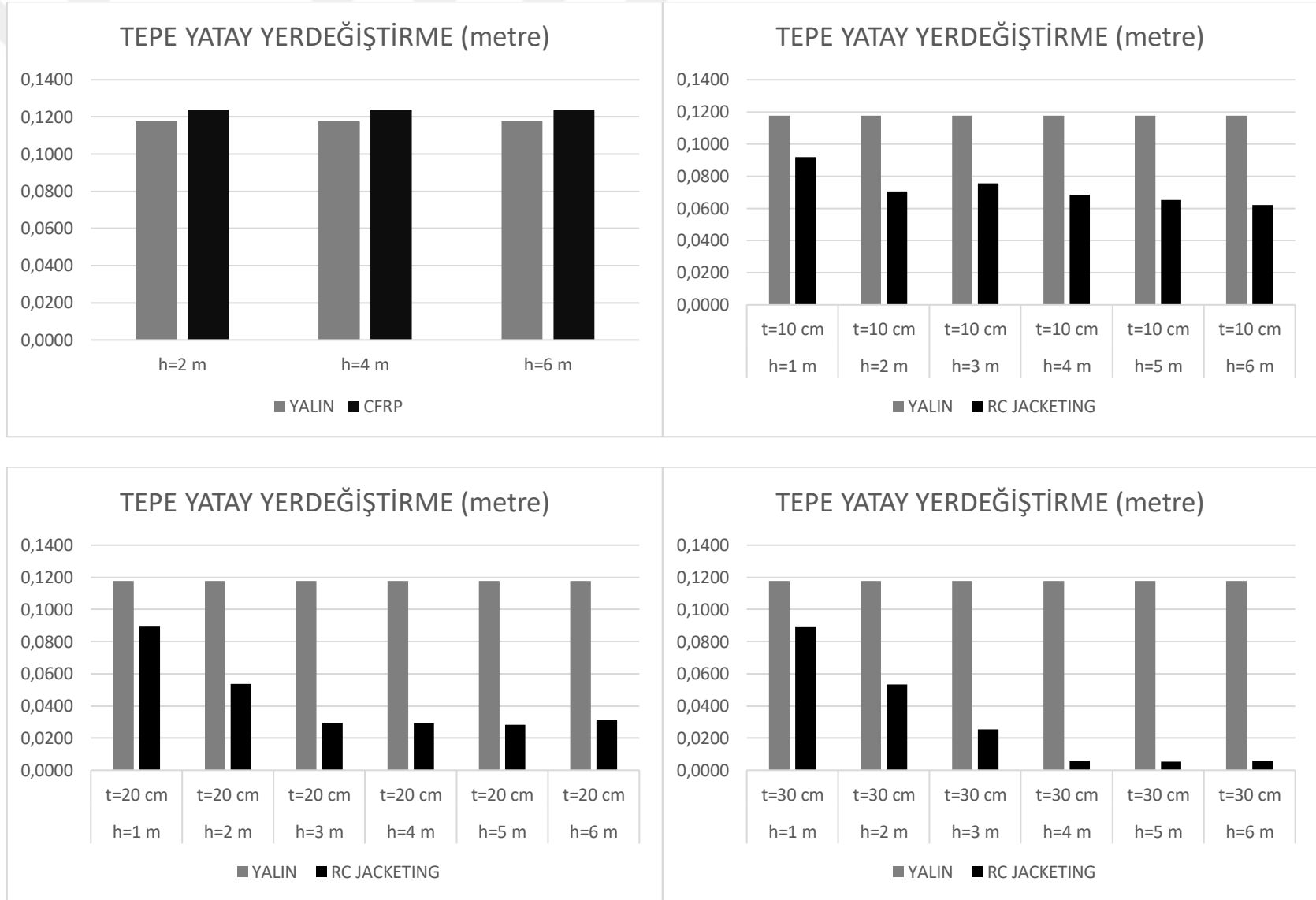
Yapılan analitik deneyler sonuçları göstermektedir ki; yapılan güçlendirmeler tepe yatay yerdeğiştirme değerlerinde deprem bölgelerine göre farklı etkiler göstermektedir. Örneğin Northridge Mulhol deprem bölgesinde betonarme mantolama güçlendirme metodu ile tepe yatay yerdeğiştirme miktarı %53 azalırken, CFRP metodunda tepe yatay yerdeğiştirmede %4 artış yaşanmıştır. Chi Chi Taiwan TCU045 depreminde CFRP güçlendirme metodu ile tepe yatay yerdeğiştirme miktarı %38 azalırken, betonarme mantolama güçlendirme metodu ile tepe yatay yerdeğiştirme miktarı %27 azalmıştır. Elde edilen bu değerler için referans alacağımız nokta ise tepe yatay yerdeğiştirmenin mutlak değerce en fazla olduğu zamandır.

Zamana bağlı olarak elde edilen analiz sonuçlarına göre betonarme mantolama sistemlerinde yerdeğiştirme miktarları sürekli azalış gösterirken CFRP'li mantolama sistemlerinde yerdeğiştirme miktarları bazı deprem yükleri altında kısmı olarak artmaktadır. Bu sonuçlar doğrultusunda CFRP'li mantolu güçlendirme metodu kullanacağımız bölgeye göre farklılık gösterebilmektedir. Ancak betonarme

mantolama ile güçlendirme metodu genel olarak bütün deprem yükleri altında kullanılabilir.

Daha önceden oluşturmuş olduğumuz yalın durum, CFRP’li durum ve betonarme mantolu duruma 13 deprem bölgesi etki edilerek yapılan 286 analitik deney sonucunda elde edilen tepe yatay yerdeğiştirme ortalama değerleri **şekil 25’** de verilmiştir.





Şekil 25: Deprem Bölgelerine Ait Tepe Yatay Yerdeğiştirme Ortalama Değerlerinin Karşılaştırılması

Şekil 25' de görüldüğü üzere CFRP mantolama uygulanan yapı modellerine farklı deprem bölgelerinin etki etmesi sonucu oluşan tepe yatay yerdeğiştirme miktarlarının ortalama değerleri arttığı görülmüştür. Ancak betonarme mantolama uygulanan yapı modellerinde depremlerin etkisi sonucunda manto kalınlığı ve manto yüksekliği ayrı ayrı ve beraber ele alındığında meydana gelen tepe yatay yerdeğiştirme miktarlarının önemli ölçüde azaldığı görülmüştür. Bu nedenle güçlendirme metodu olarak betonarme mantolama uygulamak depremde oluşacak tepe yatay yerdeğiştirme miktarını oldukça azaltacaktır.

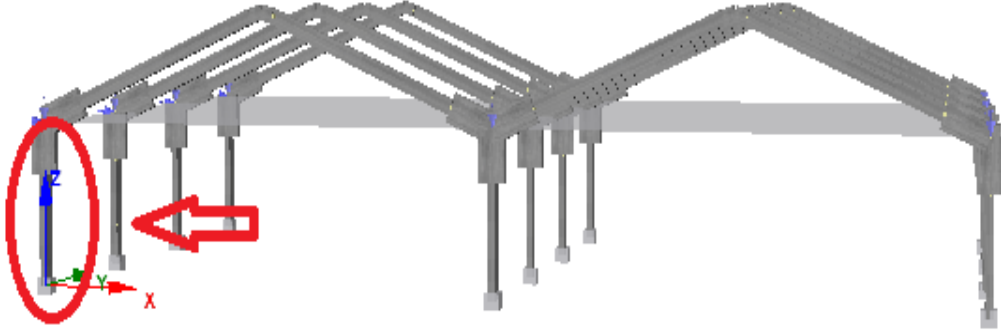
Yalın duruma deprem yükleri etki etmesi sonucunda ortalama tepe yatay yerdeğiştirme miktarı 0,1176 metre iken 2 metre sargı boyuna sahip CFRP'li duruma etki eden deprem yükleri sonucunda yerdeğiştirme miktarı %5 artarak 0,1238 metre olmuştur. Aynı şekilde CFRP manto sargı boyu 4 metre ve 6 metreye çıkarıldığında yalın duruma göre yerdeğiştirme miktarları %5 artmış sırasıyla 0,1236 metre ve 0,1238 metre olmuştur. Elde edilen bu sonuçlar neticesinde, sargı boyunun tepe yerdeğiştirme miktarına etki etmediği görülmüştür.

Betonarme mantolu 10 cm manto kalınlığı ve 1 metre manto yüksekliği olan yerdeğiştirme ortalaması 0,0918 metre olmuş ve yalın duruma göre %22 azalmıştır. Betonarme mantolama sisteminde manto kalınlığı sabit tutulup manto yüksekliğini arttırdığımız zaman yerdeğiştirme miktarı da orantılı bir şekilde azaldığı görülmektedir. Manto kalınlığı 10 cm ve manto yüksekliği 6 metre olan sisteme etki eden depremler sonucunda ortalama yerdeğiştirme miktarı 0,0620 metre olarak yalın duruma göre %48 azalmıştır. Ancak manto yüksekliğini sabit tutup manto kalınlığını değiştirdiğimiz takdirde ilk numunelerde yerdeğiştirmede ciddi derecede değişiklikler olmasa da daha sonra manto yüksekliklerini arttırdığımız zaman fark edilebilir bir artış gözlemlenmiştir. Örneğin manto yüksekliği 1 metre ve manto kalınlığı 10 cm olan betonarme mantolama uygulanmış yapı sistemlerinde ortalama yerdeğiştirme miktarı 0,0918 iken yine manto yüksekliği 1 metre ancak manto kalınlığı 20 cm ve 30 cm olan yapı sistemlerinde yerdeğiştirme miktarı sırasıyla 0,0899 metre ve 0,0893 metre olmuştur. Manto kalınlığı 10 cm ve manto yüksekliği 6 metre olan yapı sisteminde ortalama tepe yerdeğiştirme miktarı 0,0620 metre iken, manto yüksekliği 6 metre manto kalınlığı 20 cm ve 30 cm olan sistemlerde ortalama tepe yerdeğiştirme miktarı 0,0313 metre ve 0,0059 metre olmuştur. Bu sonuçlar doğrultusunda manto kalınlığı

gibi manto yüksekliğinin de tepe yerdeğiştirme miktarına etkisinin olduğu söylenebilir.

3.2. Taban Kesme Kuvveti (kN) Değerleri

Taban Kesme Kuvveti ile ilgili analizleri geręekleřtirirken tepe yatay yerdeğiştirme için kullandığımız modelleri kullandık. Taban kesme kuvveti ile ilgili sonuçları S101 numaralı kolonda oluşan kuvvetler referans olarak 13 deprem bölgesinde analitik olarak çalışma yapıldı. S101 no'lu kolonun yapı modeli üzerindeki yerleşimi **şekil 26'** da gösterilmiştir. 13 farklı deprem bölgesi etki edilen modellerde yalın durum, CFRP' li durum ve betonarme mantolu durumlara ait taban kesme kuvveti değerleri **Tablo 7'** de verilmiştir.



şekil 26: S101 Kolonunun Yerleşimi

Tablo 7: Analiz Sonuçlarına Ait Taban Kesme Kuvveti Değerleri

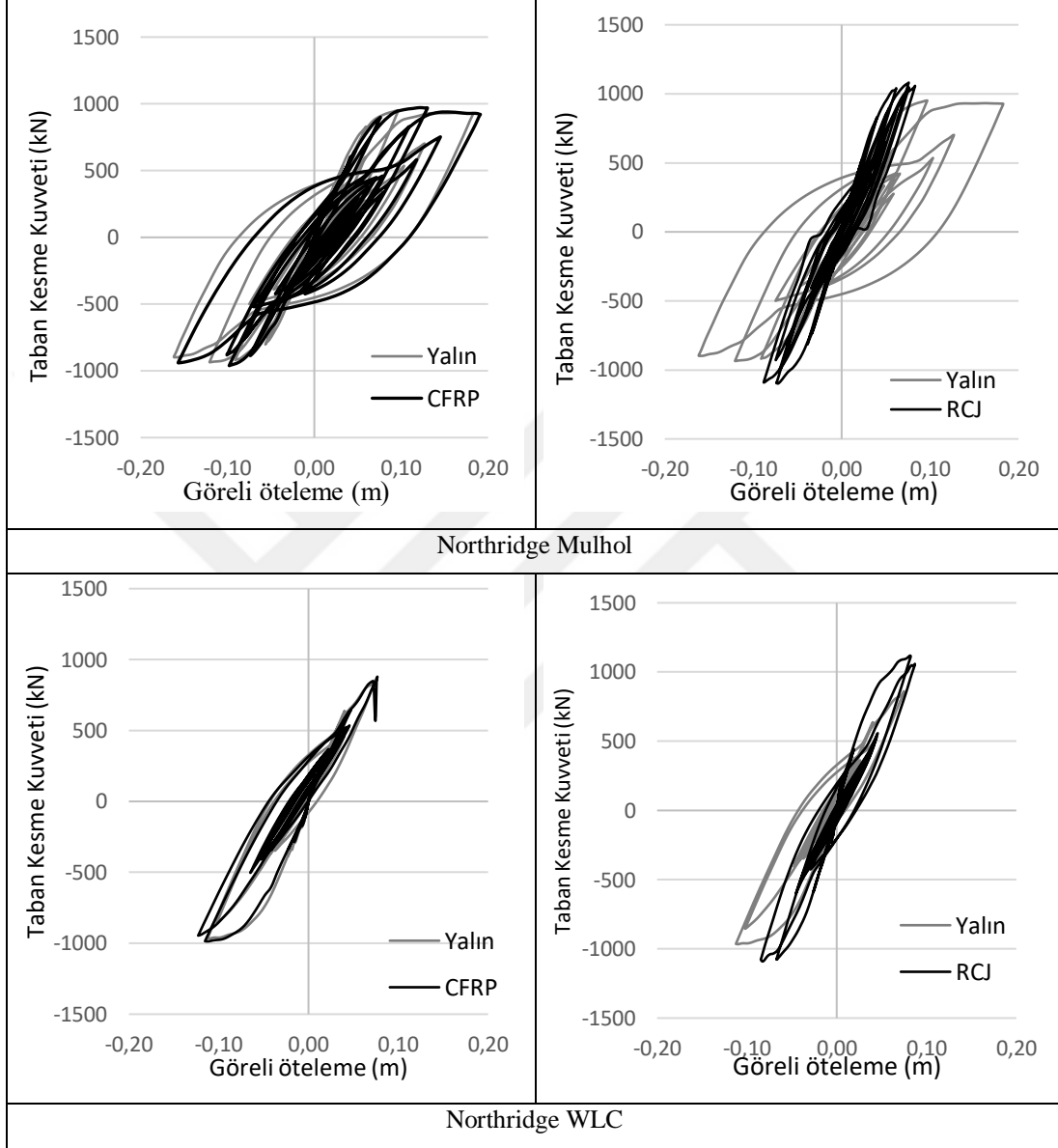
TABAN KESME KUVVETİ (kN)																
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	ORT.	
YALIN		951,519	966,561	953,507	948,771	953,676	963,367	958,876	942,245	984,482	951,840	870,577	915,422	767,410	932,943	
CFRP	h=2 m	971,654	986,504	973,862	981,645	985,555	982,317	972,973	985,151	940,312	984,135	899,134	945,367	733,379	949,384	
	h=4 m	992,836	1005,105	987,402	999,049	1003,482	1003,053	986,829	1012,238	960,485	1011,870	908,254	958,665	767,158	968,956	
	h=6 m	992,560	1004,061	985,125	999,549	1002,942	1002,296	985,370	1013,034	956,167	1010,795	921,480	960,783	759,215	968,721	
RCJ	h(m)	t(cm)														
	1	10	1097,151	1114,243	1118,072	1073,579	1133,266	1081,939	1136,835	1117,781	1151,522	1138,991	1044,303	1019,416	1052,887	1098,460
	2		1518,330	1536,075	1563,234	1481,087	1527,360	1294,880	1465,874	1294,142	1517,884	1553,423	901,083	1228,981	1490,094	1413,265
	3		1950,284	2001,182	2023,306	1931,426	2031,221	1800,471	1326,638	1883,281	2008,933	2038,370	1296,410	1580,730	1631,892	1808,011
	4		1816,110	2052,642	2052,752	1826,335	1764,760	1830,429	1730,443	1911,941	2041,895	1931,003	1345,109	1743,333	1807,576	1834,948
	5		1817,362	2051,845	2049,219	1829,029	1731,901	1838,309	1742,041	1912,629	2049,786	1836,708	1384,378	875,169	1846,727	1766,546
	6		1834,553	2046,696	2041,311	1874,623	1674,983	1854,142	1221,022	1914,822	2041,660	1835,357	1486,853	1066,001	1864,370	1750,492
	1	20	1097,552	1111,638	1121,397	995,098	1134,846	1069,187	1130,836	1108,948	1153,358	1136,944	879,044	1130,333	1047,333	1085,886
	2		1499,573	1534,253	1541,752	1459,948	1348,538	1357,594	1217,274	1452,250	1545,768	1541,904	873,981	849,366	1342,627	1351,141
	3		1695,394	2212,518	2242,953	1564,308	1275,155	1215,810	1408,984	1621,548	1782,734	1858,965	1534,023	1535,142	1561,692	1654,556
	4		2082,546	1801,422	2285,826	2439,458	2325,630	1352,406	1389,101	2156,697	1560,372	2528,074	1400,688	1145,853	1789,598	1865,975
	5		1084,747	1789,215	2409,832	1786,921	1656,715	1365,545	1344,471	2224,147	2089,178	2481,396	1651,648	1188,966	2149,176	1786,304
	6		2246,458	1783,990	2645,312	2155,192	1656,227	1230,193	1382,031	2333,213	2534,411	2526,054	1655,442	1126,016	2127,437	1953,998
	1	30	1098,866	1110,335	1121,820	969,530	1135,841	1072,686	1126,465	1110,041	1153,257	1137,447	941,841	1128,504	1047,288	1088,763
	2		1490,157	1540,660	1538,107	1457,440	1335,904	1381,482	1193,836	1494,530	1542,356	1548,691	858,093	1054,374	1370,560	1369,707
	3		1549,320	2078,746	2254,994	1740,993	1240,173	1509,404	1589,822	1977,247	1828,558	2205,892	1463,020	1457,576	1757,170	1742,532
	4		2444,505	2061,669	2022,248	2587,340	2548,790	887,979	1424,054	2625,907	2513,136	2327,530	1352,331	927,616	2581,581	2023,437
	5		2396,376	2418,905	2598,995	2082,517	2608,749	1045,225	1292,679	2607,644	2510,869	2650,153	1359,875	712,897	2228,954	2039,526
	6		2398,399	2455,921	2537,176	1989,095	2569,496	1037,454	1327,780	2484,079	2351,467	2717,633	1402,406	734,349	2382,609	2029,836

Yapı modeline etki ettirilen depremler sonucunda oluşan taban kesme kuvvetleri CFRP ile mantolama ve betonarme mantolama durumlarında artış göstermiştir. Yalın durumdaki yapı modeline 1 no'lu deprem etki ettirildiğinde taban kesme kuvveti değeri 951,516 kN iken CFRP metodu ile kolonlara 2 metre manto sargısı yapıldığında oluşan taban kesme kuvveti değeri 971,654 kN' dur. Güçlendirme sonucunda taban kesme kuvveti değerinin %2 artmıştır. CFRP metodu ile güçlendirme yapılırken manto sargı yüksekliğini 4 metreye çıkardığımızda taban kesme kuvveti değeri 992,836 kN olmuştur. Bu güçlendirme sonucunda taban kesme kuvveti değeri yalın haldeki yapı sistemine göre %4 artmıştır. Yapı modeline etki depremlerin ortalama değerlerine baktığımızda da taban kesme kuvveti değerinin arttığını görmekteyiz. Analitik olarak yapılan bu deneyler sonucunda CFRP ile güçlendirme yönteminde taban kesme kuvveti değeri manto sargı boyuna bağlı olarak da artacağını söyleyebiliriz.

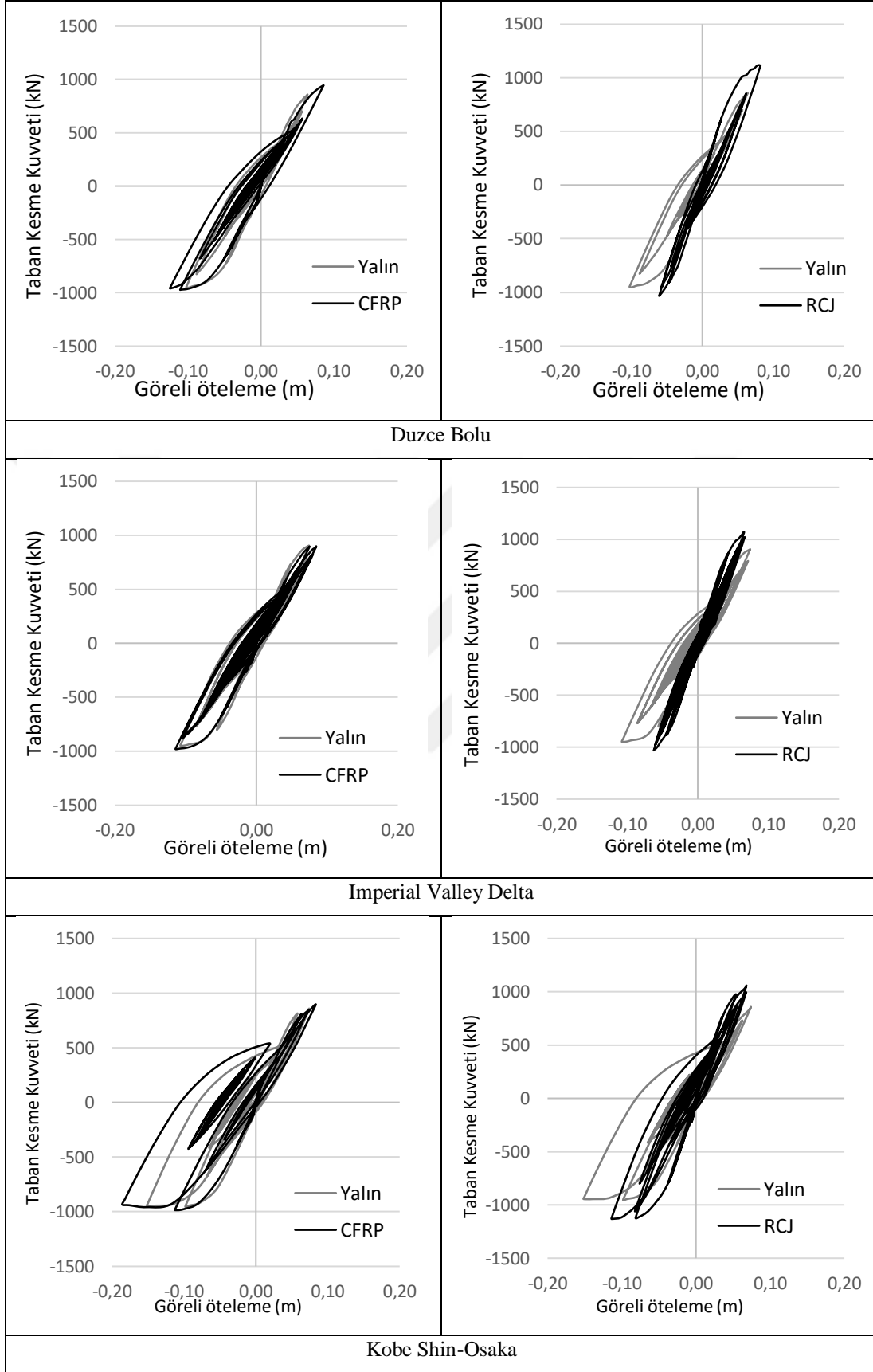
Betonarme mantolama güçlendirme yöntemi kullanılarak yeniden oluşturulan sistemlerde taban kesme kuvveti değeri ciddi oranda artmıştır. 1 no'lu deprem bölgesi etki eden yapı sisteminde taban kesme kuvveti değeri 951,519 kN iken manto kalınlığı 10 cm ve manto yüksekliği 1 metre olacak şekilde betonarme mantolama yaptığımız yapı sisteminde oluşan taban kesme kuvveti değeri 1097,151 kN olmuştur. Bu güçlendirme sonucunda taban kesme kuvveti değerinin %15 arttığı görülmüştür. Aynı sistemde manto kalınlığı 10 santimetrede sabit tutulup manto yüksekliğini 2 metreye çıkardığımızda taban kesme kuvveti değeri 1518,330 kN olmuştur. Yapılan mantolama yüksekliği değişikliği sonucunda taban kesme kuvveti değeri yalın duruma göre %59 artmıştır. Diğer yandan betonarme manto yüksekliğini 4 metre manto kalınlığını ise 10 cm aldığımız 1 no'lu deprem bölgesi etki eden sistemde taban kesme kuvveti değeri 1816,110 kN olarak yalın duruma göre %90 artmıştır. Manto yüksekliği 4 metrede sabit tutulup manto kalınlığını 20 cm olarak değiştirdiğimizde taban kesme kuvveti değeri 2082,546 kN olmuştur. Bunun sonucunda taban kesme kuvveti değeri yalın duruma göre %118 artmıştır.

Taban kesme kuvveti değerlerinin zamana bağlı olarak karşılaştırılması grafikler halinde **Şekil 27'** de verilmiştir. Bu karşılaştırma yapılırken betonarme mantolama modellerinde 1 metre manto yüksekliği ve manto kalınlığı 10 cm olan model referans alınmıştır. CFRP durumunda ise manto sargı yüksekliği 2 metre olan

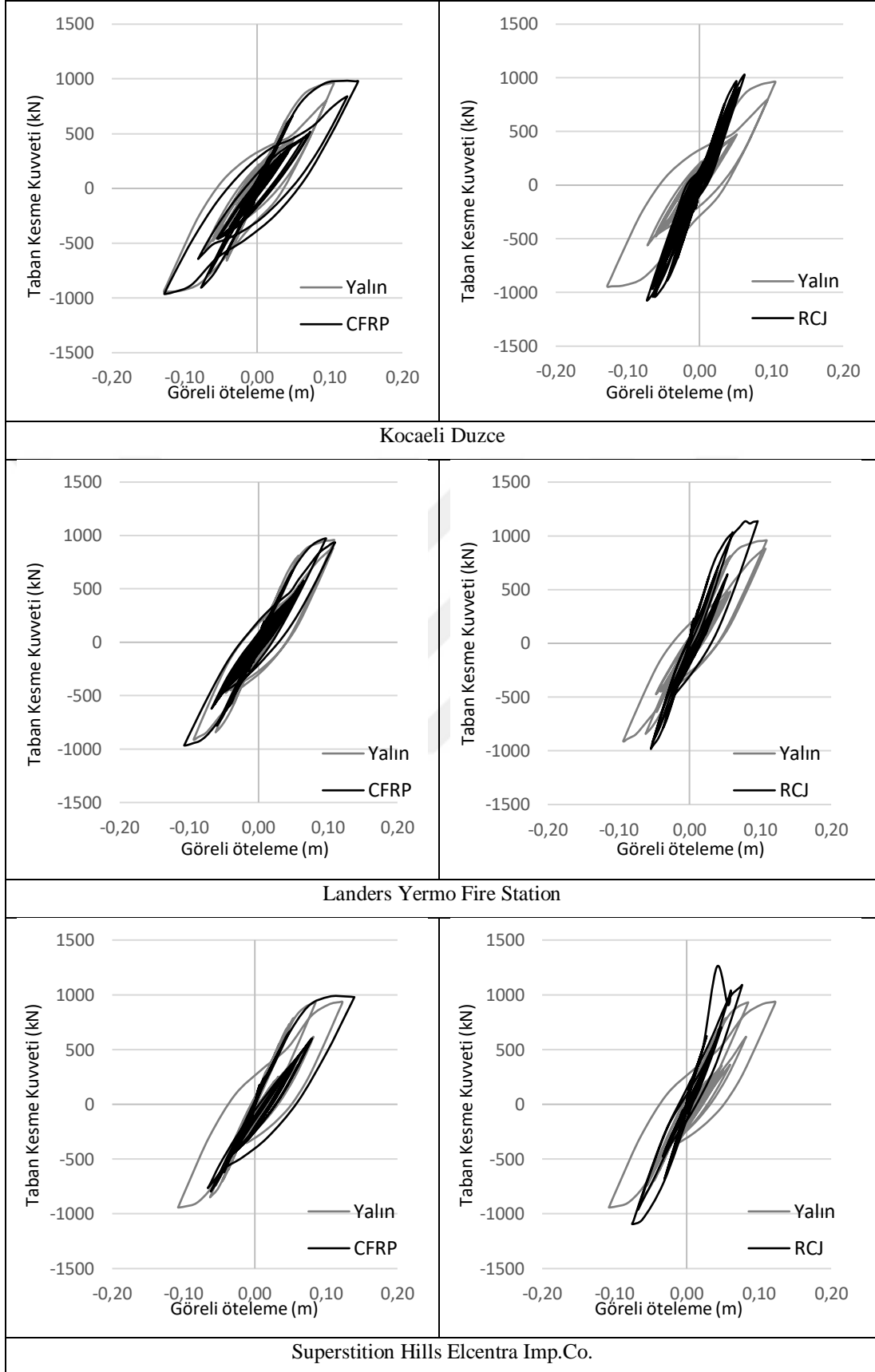
modelden elde edilen taban kesme kuvveti değerlerine yer verilmiştir. 13 adet deprem ivme değerleri ile modeller üzerinde analiz yapılarak elde edilen sonuçlar “*Yalın Durum-RC Jacketing ve Yalın Durum-CFRP*” şeklinde karşılaştırılmıştır.



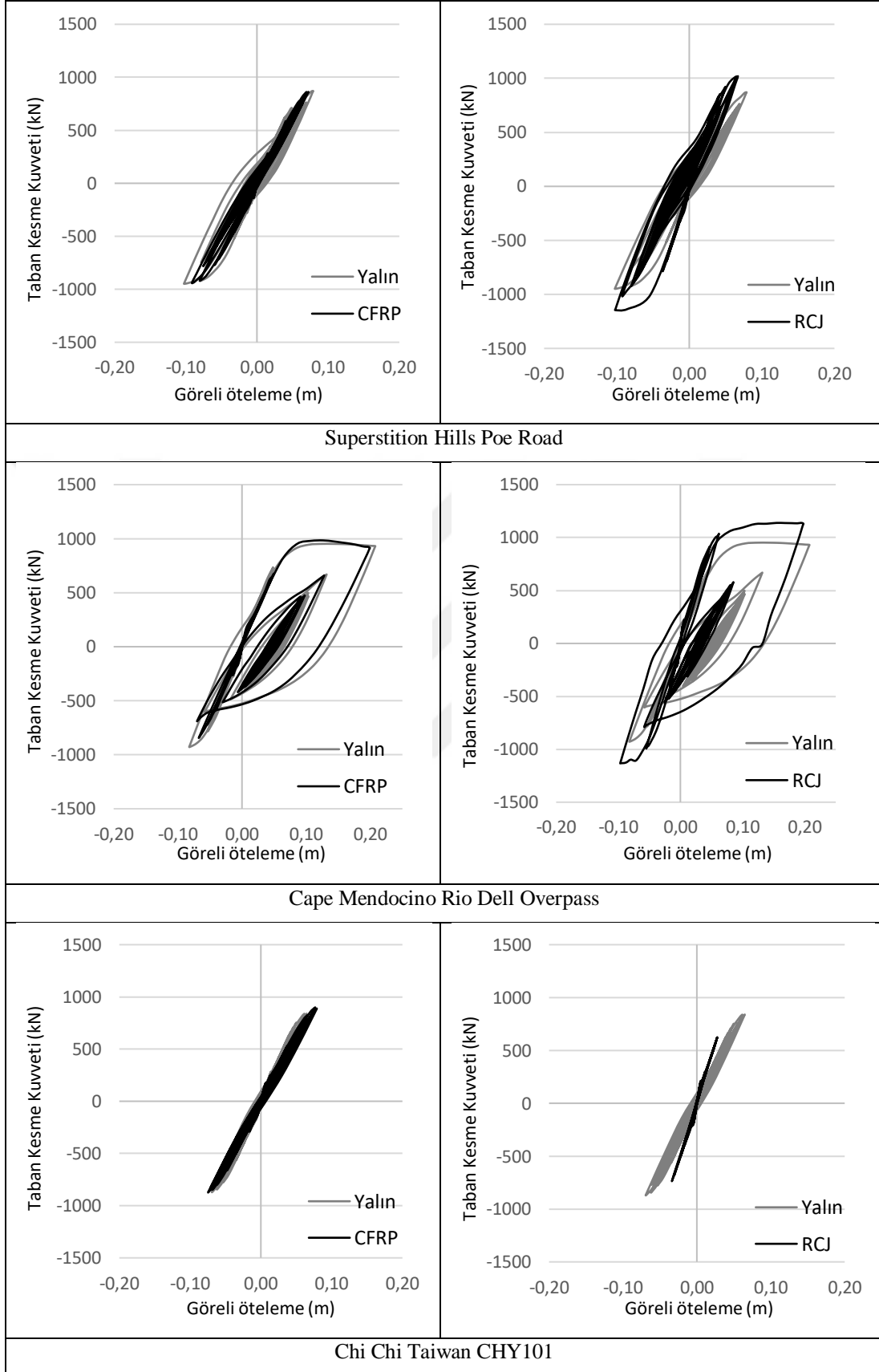
Şekil 27: Deprem Bölgelerine Ait Yalın Durum-RC Jacketing ve Yalın Durum-CFRP Taban Kesme Kuvveti (kN) – Görelî Öteleme (m) (şekil devam ediyor)



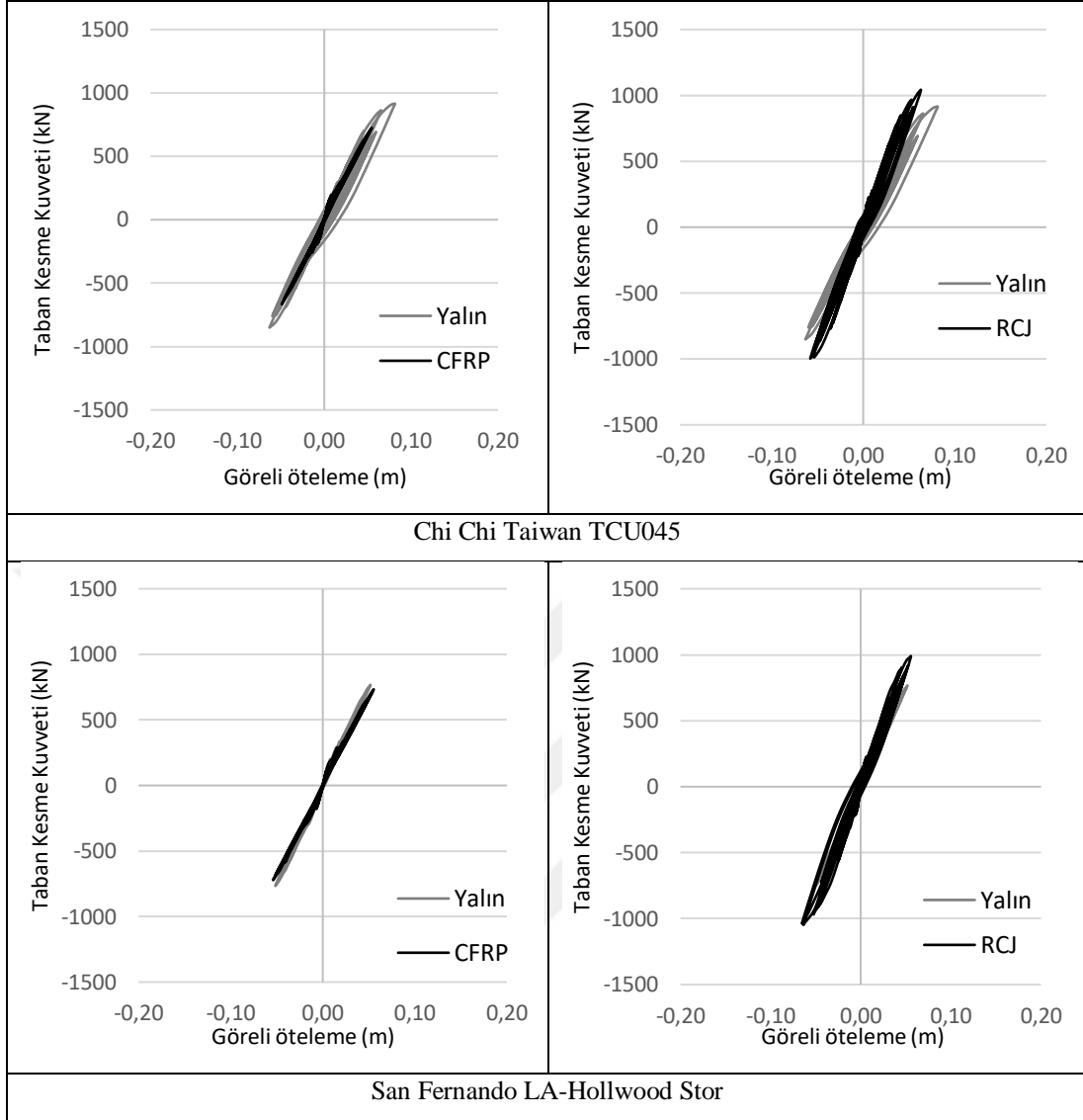
Şekil 27: Deprem Bölgelerine Ait Yalın Durum-RC Jacketing ve Yalın Durum-CFRP Taban Kesme Kuvveti (kN) – Görelü Öteleme (m) (şekil devam ediyor)



Şekil 27: Deprem Bölgelerine Ait Yalın Durum-RC Jacketing ve Yalın Durum-CFRP Taban Kesme Kuvveti (kN) – Görelî Öteleme (m) (şekil devam ediyor)

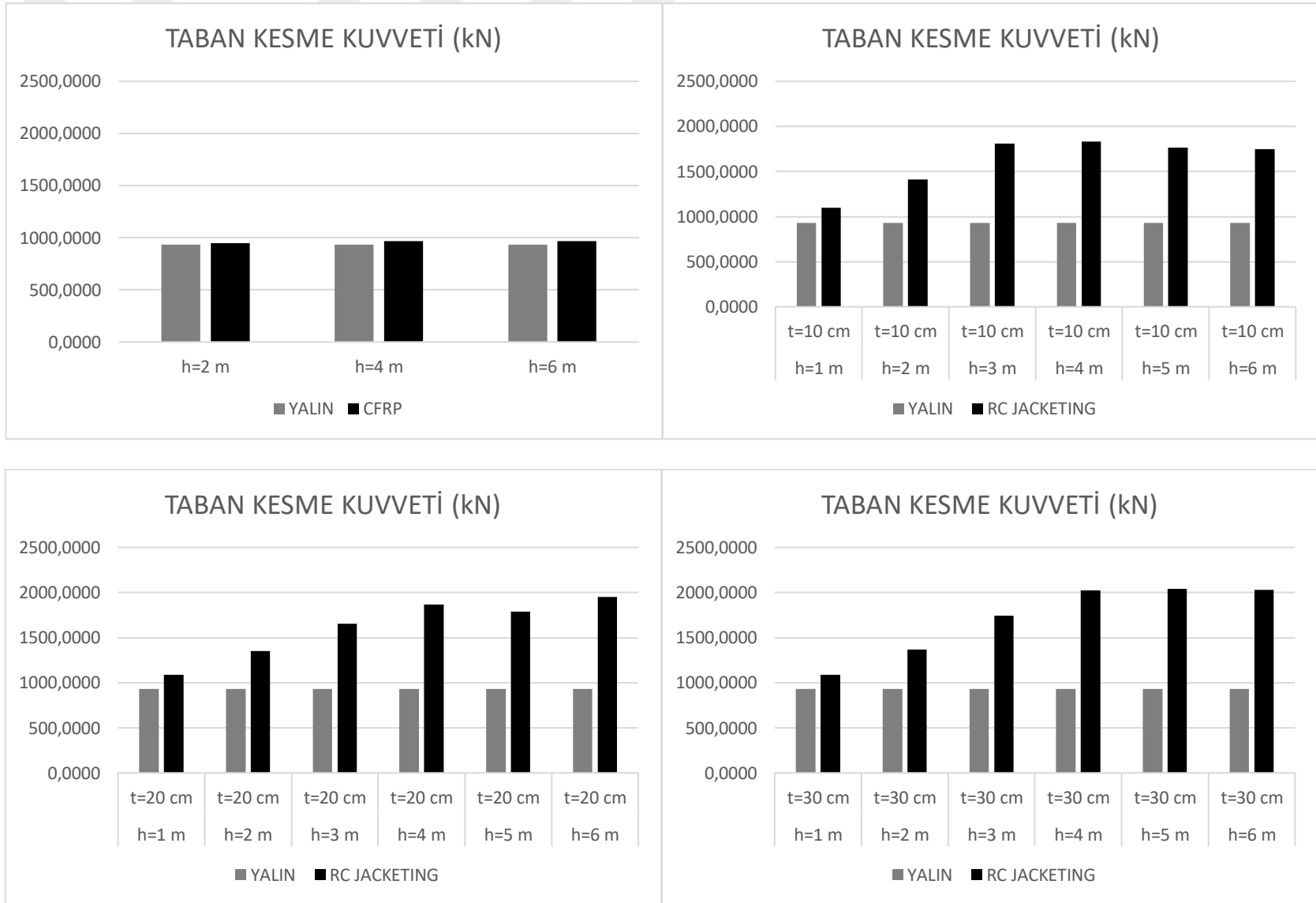


Şekil 27: Deprem Bölgelerine Ait Yalın Durum-RC Jacketing ve Yalın Durum-CFRP Taban Kesme Kuvveti (kN) – Görelî Öteleme (m) (şekil devam ediyor)



Şekil 27: Deprem Bölgelerine Ait Yalın Durum-RC Jacketing ve Yalın Durum-CFRP Taban Kesme Kuvveti (kN) – Görelî Öteleme (m)

Yapıya uygulanan CFRP ve betonarme mantolama güçlendirme yöntemlerinin yapının yalın halde iken etkilendiği taban kesme kuvvetini oldukça düşürdüğü görülmüştür. Betonarme mantolama ile güçlendirme metodu CFRP ile güçlendirme metoduna göre deprem esnasında oluşacak taban kesme kuvveti açısından büyük bir avantaj sağlayarak yapının depreme karşı daha dayanıklı olmasını sağlamaktadır. Genel olarak yapıya etki eden farklı deprem bölgelerinde de CFRP metodu taban kesme kuvvetini %2-5 arasında artırırken bu oran betonarme mantolama yönteminde %12-37 arasına kadar arttığını görmekteyiz. 13 deprem bölgesi etki edilerek yapılan analitik deneyler sonucunda elde edilen taban kesme kuvveti değerlerinin ortalamaları **Şekil 28'** de verilmiştir.



Şekil 28: Deprem Bölgelerine Ait Taban Kesme Kuvveti Ortalama Değerlerinin Karşılaştırılması

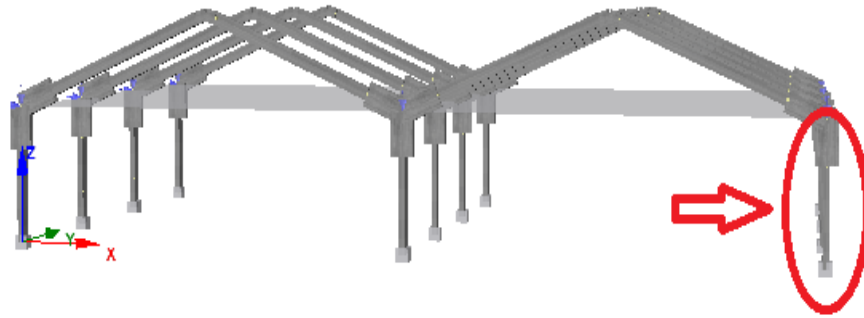
Taban kesme kuvveti değeri CFRP ile güçlendirme durumunda ortalama değerlerine baktığımızda arttığı görülmüştür. Yalın durumdaki sisteme etki eden depremler sonucunda ortalama taban kesme kuvveti değeri 932,9425 kN iken sistem 2 metre sargı boyunda CFRP ile güçlendirildiğinde taban kesme kuvveti değeri 949,384 kN olarak %2 artmıştır. Sargı boyu 4 metreye çıkarıldığında taban kesme kuvveti değeri 968,956 kN olarak %4 artmıştır. 6 metre sargı boyuna sahip sistemde ise taban kesme kuvveti değeri 968,721 kN olduğu görülmüştür. CFRP ile güçlendirme metodunda sargı boyu arttıkça taban kesme kuvvetinin arttığı ancak belli bir sargılama yüksekliğinden sonra taban kesme kuvvetinin sabit kaldığı görülmüştür.

Betonarme mantolama ile sisteme yapılan güçlendirme ise oldukça farklılık göstermektedir. Yalın durumda sistemde oluşan ortalama taban kesme kuvveti 932,9425 kN'du. Sistem 1 metre manto yüksekliği ve 10 cm manto kalınlığı olan betonarme mantolama ile güçlendirildiğinde oluşan ortalama taban kesme kuvveti değeri %17 artarak 1098,460 kN olmuştur. Betonarme mantolama yöntemi ile güçlendirmede yüksekliği değiştirdiğimiz takdirde taban kesme kuvveti değerinde de artış gözlemlenmektedir. Manto kalınlığını 10 cm'de sabit tutup manto yüksekliğini 2 metreye çıkardığımızda taban kesme kuvveti değeri yalın duruma göre %51 artarak 1413,265 kN olmuştur. Bu durum yükseklik belli bir noktaya ulaştıktan sonra önemli bir boyutta artış gözlemlenmemektedir. Manto yüksekliği 4 metreye çıkarıldığında taban kesme kuvveti değeri yalın duruma göre %96 artarak 1834,948 olmuştur. Ama manto yüksekliğini 5 metreye çıkardığımızda taban kesme kuvveti değeri yalın duruma göre %90 artarak 1766,546 kN olmuştur. Betonarme mantolama uygulanan sistemlerde yükseklik etkisi açık bir şekilde görülmektedir. Ancak yüksekliğin etkili olduğu kadar manto kalınlığı etkili olamamıştır. 1 metre manto yüksekliği ve 10 cm manto kalınlığı olan sistemde ortalama taban kesme kuvveti değeri 1098,460 kN iken manto yüksekliğini 1 metrede sabit tutup manto kalınlığı 30 cm'ye çıkarılan sistemde ortalama taban kesme kuvveti değeri 1088,763 kN olmuştur. Her iki taban kesme kuvveti değeri arasında yaklaşık %1' lik bir fark vardı. Bu fark ise manto yüksekliği arttığında oluşan farka göre oldukça düşük bir farktır. Betonarme manto kalınlığı 20 cm ve manto yüksekliği 6 metre olan sistem ortalama taban kesme kuvveti değeri 1953,998 kN iken 30 cm manto kalınlığı ve 6 metre manto yüksekliği olan sistemde

ortalama taban kesme kuvveti değeri 2029.836 olmuştur. Burada görüldüğü üzere iki değer arasında yaklaşık olarak 76 kN'luk bir fark olmuştur.

3.3. Moment (kN.m) Değerleri

Yapı güçlendirmesinin moment üzerindeki etkiyi gözlemleyebilmek için S103 no'lu kolonlarının alt kesitlerindeki moment geçmişleri referans alınarak 13 deprem bölgesinin verilerine göre analiz edilip elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. S103 no'lu kolon **Şekil 29'** da gösterilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre genel olarak RCJ güçlendirme metodu kullanılan yapıların moment değerleri, CFRP güçlendirme metodu kullanılan yapılara göre düşüş göstermektedir. Bundan dolayı RCJ güçlendirme metodu kullanılan yapı dönmeye karşı daha fazla direnç göstermektedir diyebiliriz.



Şekil 29: S103 Kolonun Yerleşimi

Yapı modeli üzerinde etki edilen deprem ivmeleri sonucunda elde edilen moment değerleri **Tablo 8'** da verilmektedir.

Tablo 8: Analiz Sonuçlarına ait Moment Değerleri

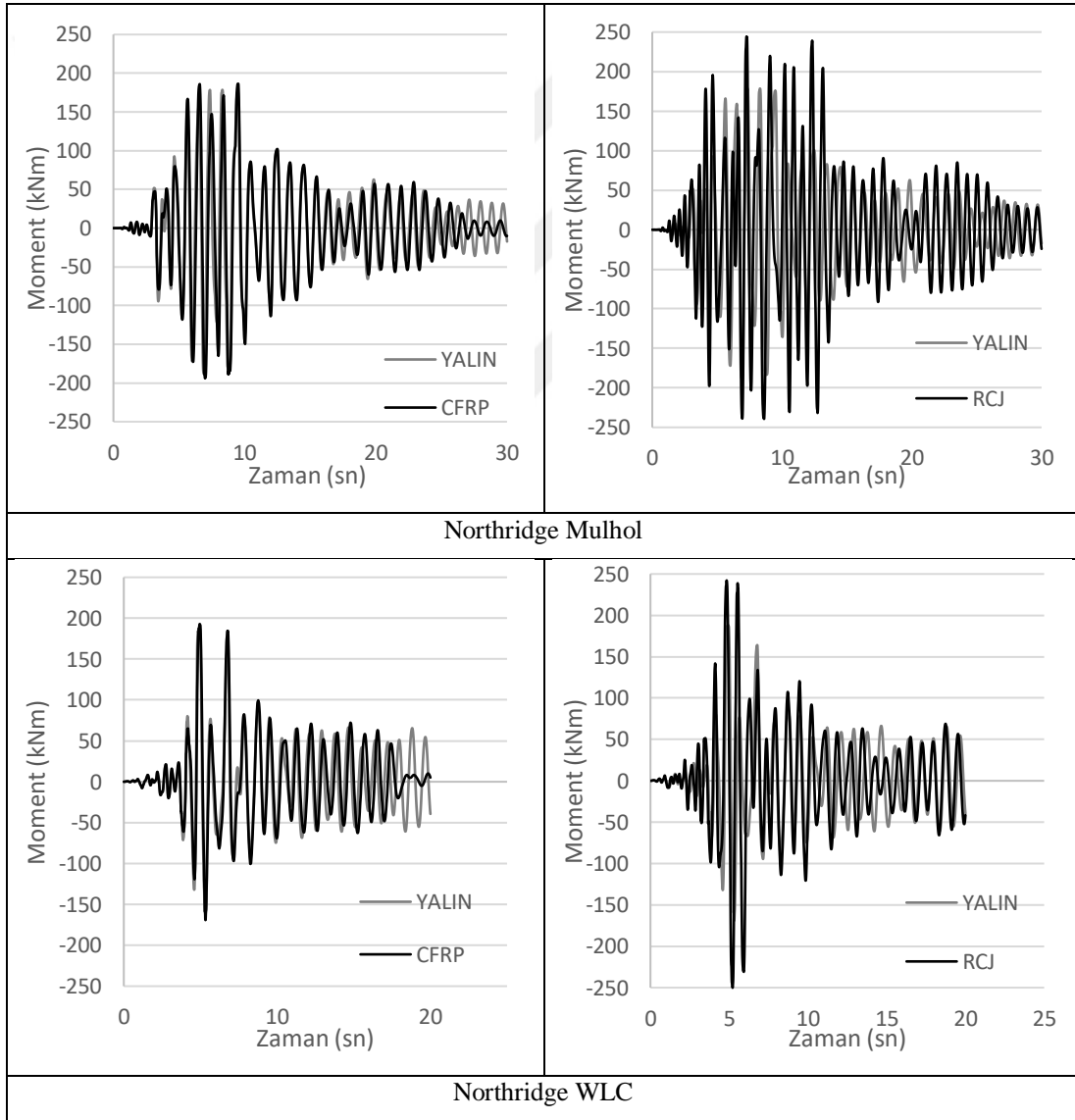
MOMENT (kN.m)																
YALIN		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	ORT.	
		189,299	188,407	185,100	185,482	186,074	190,854	188,767	186,461	184,163	185,685	176,274	183,735	159,985	183,868	
CFRP	h=2 m	194,011	192,813	189,942	191,733	191,720	196,721	188,771	198,240	181,441	199,298	172,961	134,394	135,494	182,118	
	h=4 m	192,067	191,757	188,136	189,634	191,118	193,574	187,912	198,412	180,959	199,192	178,750	146,732	151,507	183,827	
	h=6 m	191,724	191,114	189,285	189,190	191,482	194,545	187,768	197,613	180,817	199,477	180,697	146,081	149,859	183,819	
RCJ	h(m)	t(cm)														
	1	10	244,243	250,147	250,832	243,735	249,305	237,345	253,269	243,249	257,141	258,320	178,344	237,063	237,187	241,552
	2		390,565	396,338	404,741	385,304	390,242	346,962	380,617	344,684	388,200	405,597	263,623	332,842	381,610	370,102
	3		615,173	605,723	619,160	568,977	609,773	515,491	390,387	546,207	600,002	609,203	379,002	444,968	456,859	535,456
	4		545,199	613,197	626,779	543,454	526,362	549,072	517,297	549,646	620,812	565,313	404,183	521,319	544,109	548,211
	5		542,083	611,792	624,292	547,646	514,227	543,977	515,563	554,081	624,507	533,015	413,635	292,282	550,790	528,299
	6		538,835	612,521	620,965	552,407	488,398	545,707	355,494	544,080	613,124	533,993	436,210	310,708	547,877	515,409
	1	20	244,116	248,855	251,349	231,781	254,203	242,704	252,830	248,532	259,783	258,412	208,565	252,794	238,839	245,597
	2		386,460	397,016	394,759	374,964	362,808	361,591	334,105	376,878	401,016	399,582	236,955	237,697	357,556	355,491
	3		107,192	624,786	630,633	553,786	414,771	399,984	510,960	566,581	592,151	619,547	491,037	489,135	540,987	503,196
	4		127,115	674,677	857,142	905,701	687,253	605,354	613,882	812,024	677,392	931,245	608,789	488,760	675,374	666,516
	5		90,399	668,283	893,350	729,723	727,255	617,962	648,115	835,364	774,870	916,621	719,491	513,138	804,860	687,649
	6		91,485	661,552	947,914	802,818	721,148	548,779	618,696	826,896	923,596	918,705	720,205	490,104	786,184	696,776
	1	30	244,115	248,880	251,511	228,248	253,742	241,166	252,383	249,648	259,829	258,360	223,217	252,447	239,191	246,364
	2		384,365	399,390	393,695	375,605	359,867	369,533	324,811	390,992	400,409	398,470	232,873	293,952	363,571	360,579
	3		494,049	613,856	629,861	532,660	410,050	484,682	496,608	574,438	549,231	632,926	463,466	470,204	546,859	530,684
	4		1148,006	949,701	927,426	1216,403	1194,813	407,019	652,742	1228,860	1176,379	1088,714	619,838	425,187	1206,999	941,699
	5		1115,826	1126,659	1225,530	968,754	1231,083	486,233	601,338	1232,872	1171,803	1227,726	632,592	331,631	1036,990	953,003
	6		1118,511	1145,737	1187,849	926,862	1213,061	483,420	618,696	1163,365	1096,383	1232,937	653,480	342,180	1111,041	945,656

Sisteme etki ettirilen deprem ivmeleri sonucunda yapı içerisinde genel olarak moment artışı gözlenmektedir. CFRP ile mantolama yapılan yapı sistemlerindeki moment artışı oldukça az iken betonarme mantolama yapılan yapı sistemleri bazı durumlarda hafif düzeyde artış gösterirken bazı durumlarda 7 kata kadar artış göstermektedir. 2 numaralı deprem bölgesinde yalın durumda moment değeri 188,407 kN.m iken sisteme 2 metre sargı boyunca CFRR malzemesi ile mantolama yapıldığında moment değeri 192,813 olarak %2 artmıştır. CFRP ile mantolamada sargı boyunu arttırmakta moment değerini pek etkilememektedir. Aynı deprem bölgesinde CFRP ile sargı boyunu 4 metreye çıkardığımızda moment değeri 2 metre sargı boyuna sahip olan duruma göre biraz azalmış olsa da yalın duruma göre %1,7 artarak 191,757 kN.m olmuştur. Kolon elemanlarının tamamını CFRP ile mantolama yaptığımız zaman moment değerinin 191,114 kN.m olduğu görülmüştür.

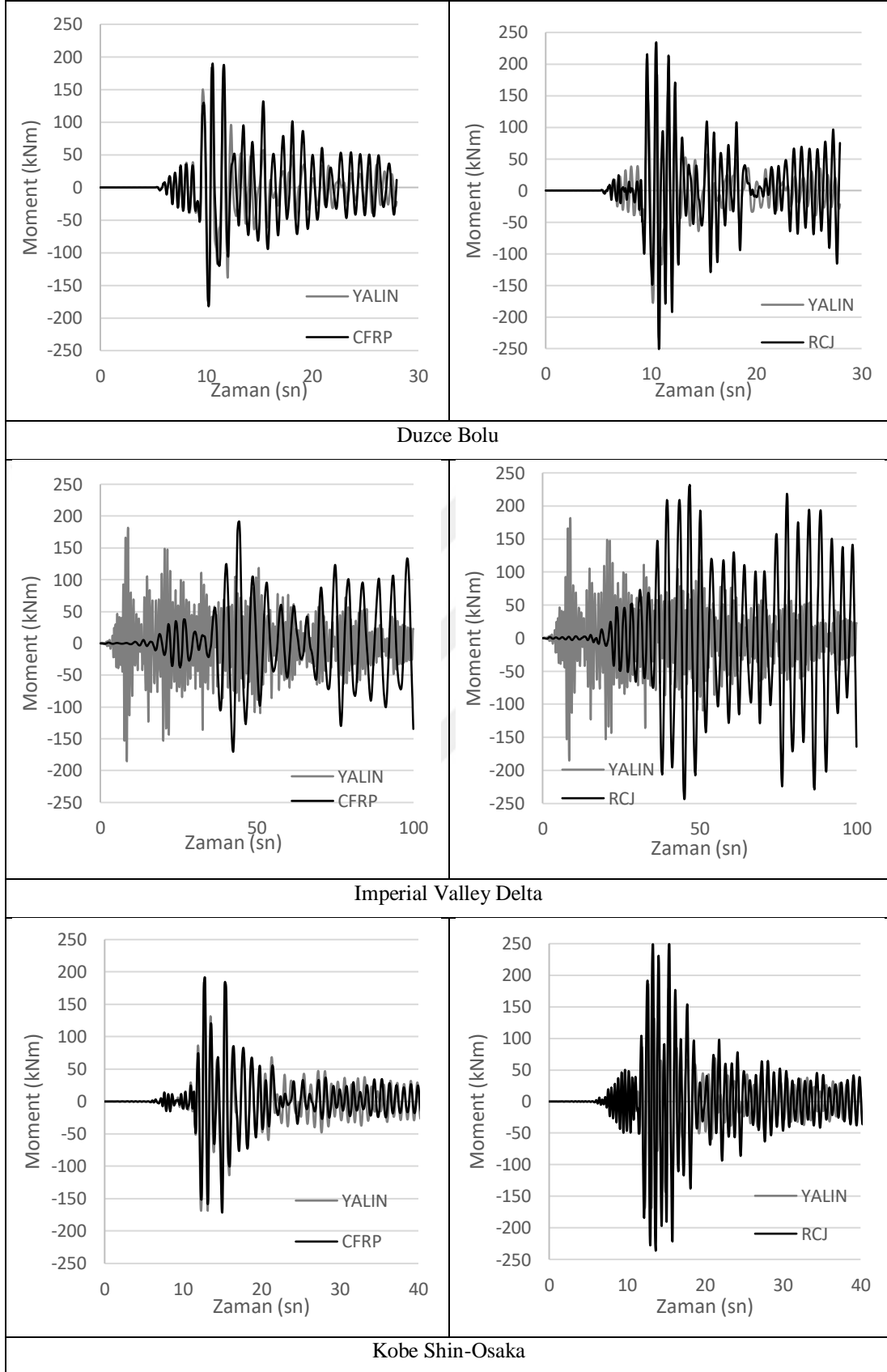
Betonarme mantolama yapılan sistemde moment değerleri gözle görülür bir şekilde artış göstermektedir. Yalın durum da 8 numaralı deprem bölgesi etki eden sistemde moment değeri 186,461 kN.m iken 1 metre manto boyu ve 10 cm manto kalınlığı olan betonarme mantolu sistemde moment değeri %30 artarak 243,249 kN.m olmuştur. Betonarme mantolu sistemde manto kalınlığı ve manto yüksekliği belli bir noktaya kadar sistem içerisindeki moment değerinde önemli bir artış göstermez iken manto kalınlığı ve manto yüksekliği arttıkça moment değeri de ani bir şekilde artmaktadır. Aynı deprem bölgesi manto yüksekliği 1 metrede sabit tutulup manto kalınlığı 20 cm' e çıkarıldığında moment değeri 248,532 kN.m olmuştur. 10 cm manto kalınlığına sahip sistem ile 20 cm manto kalınlığına sistem arasında sadece 5 kN.m' lik bir artış olmuştur. Manto kalınlığı 10 cm olan ve manto yüksekliği 2 metre olan sistemde moment değeri 344,684 kN.m olmuş ve yalın duruma göre %84 artmıştır. Bu artışlar 3 metre manto yüksekliğine ulaştığında ani bir şekilde artmaktadır. 3 metre manto yüksekliğine sahip sistemde moment değeri 546,207 kN.m olmuştur. Manto kalınlığı 10 cm' de sabit tutulup manto yüksekliği 4,5 ve 6 metreye çıkarıldığında ise ani bir değişiklik görülmemektedir. Manto kalınlığını 10 cm' den 30 cm' ye çıkardığımızda yapı sisteminde 1,2 ve 3 metre manto yüksekliğine sahip durumlardaki moment değerlerinde çok az bir değişiklik olmasına rağmen 4,5 ve 6 metre manto yüksekliğine sahip durumda oldukça fazla artış görülmektedir. Manto yüksekliği 6

metre olan yapı sisteminde moment değeri yalın duruma göre %623 artarak 1163,365 kN.m olmuştur.

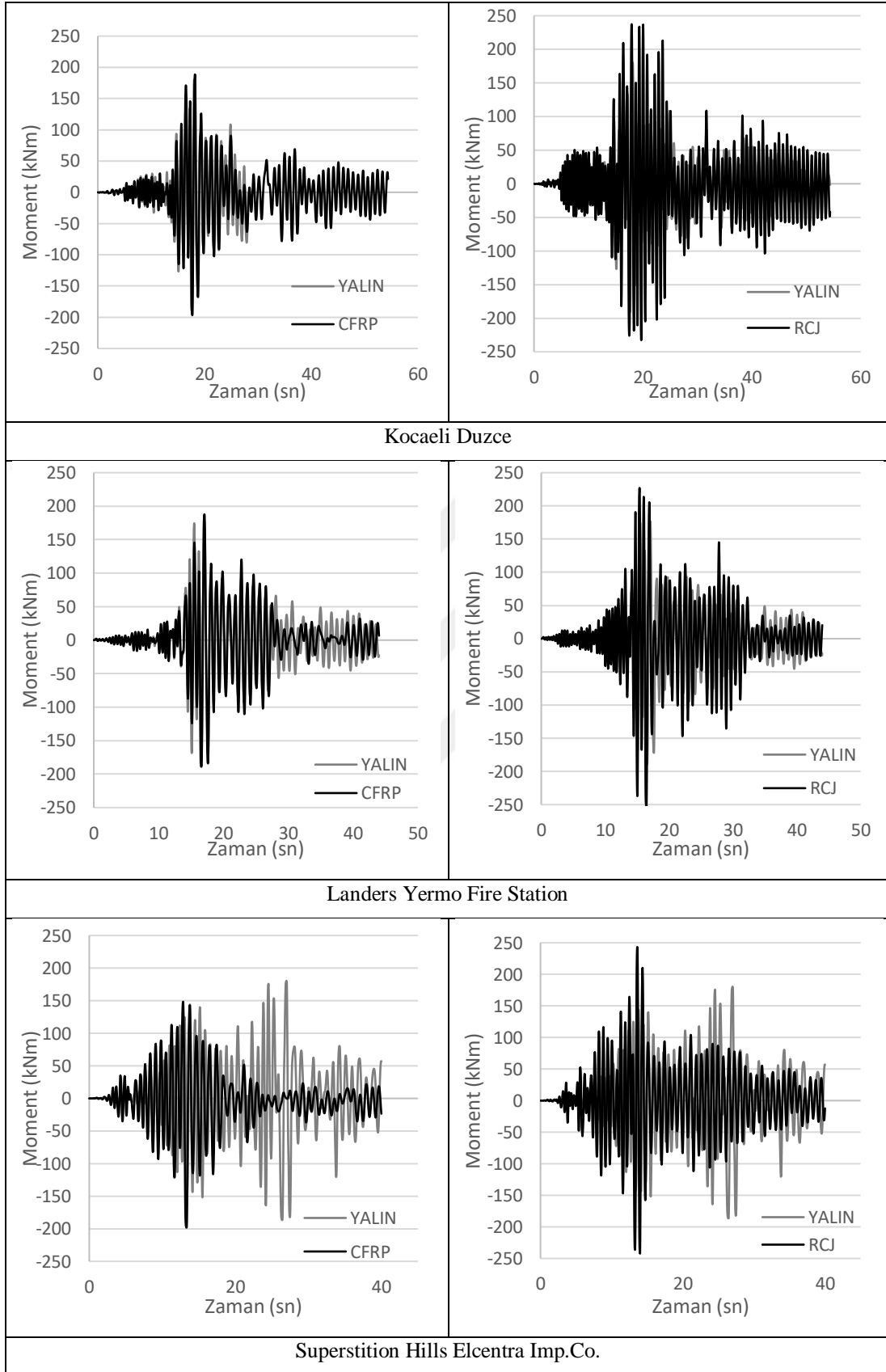
Moment değerlerinin zamana bağlı olarak karşılaştırılması grafikler halinde **Şekil 30**'da verilmiştir. Bu karşılaştırma yapılırken betonarme mantolama modellerinde 1 metre manto yüksekliği ve manto kalınlığı 10 cm olan model referans alınmıştır. CFRP durumunda ise manto sargı yüksekliği 2 metre olan modelden elde edilen moment değerlerine yer verilmiştir. 13 adet deprem ivme değerleri ile modeller üzerinde analiz yapılarak elde edilen sonuçlar “*Yalın Durum-RC Jacketing ve Yalın Durum-CFRP*” şeklinde karşılaştırılmıştır.



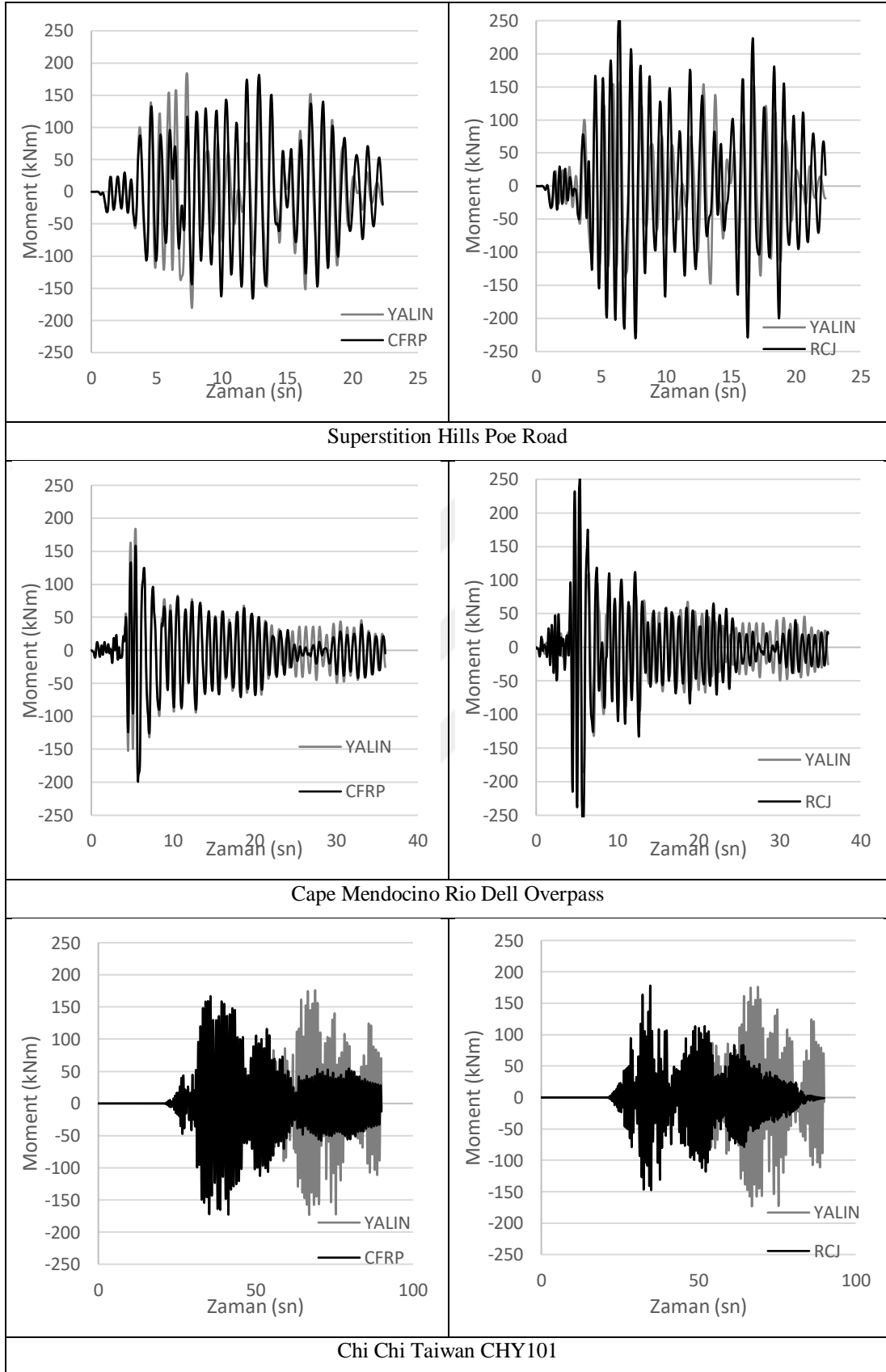
Şekil 30: Deprem Bölgelerine Ait Yalın Durum-RC Jacketing ve Yalın Durum-CFRP Moment (kN.m) – Zaman (sn) (şekil devam ediyor)



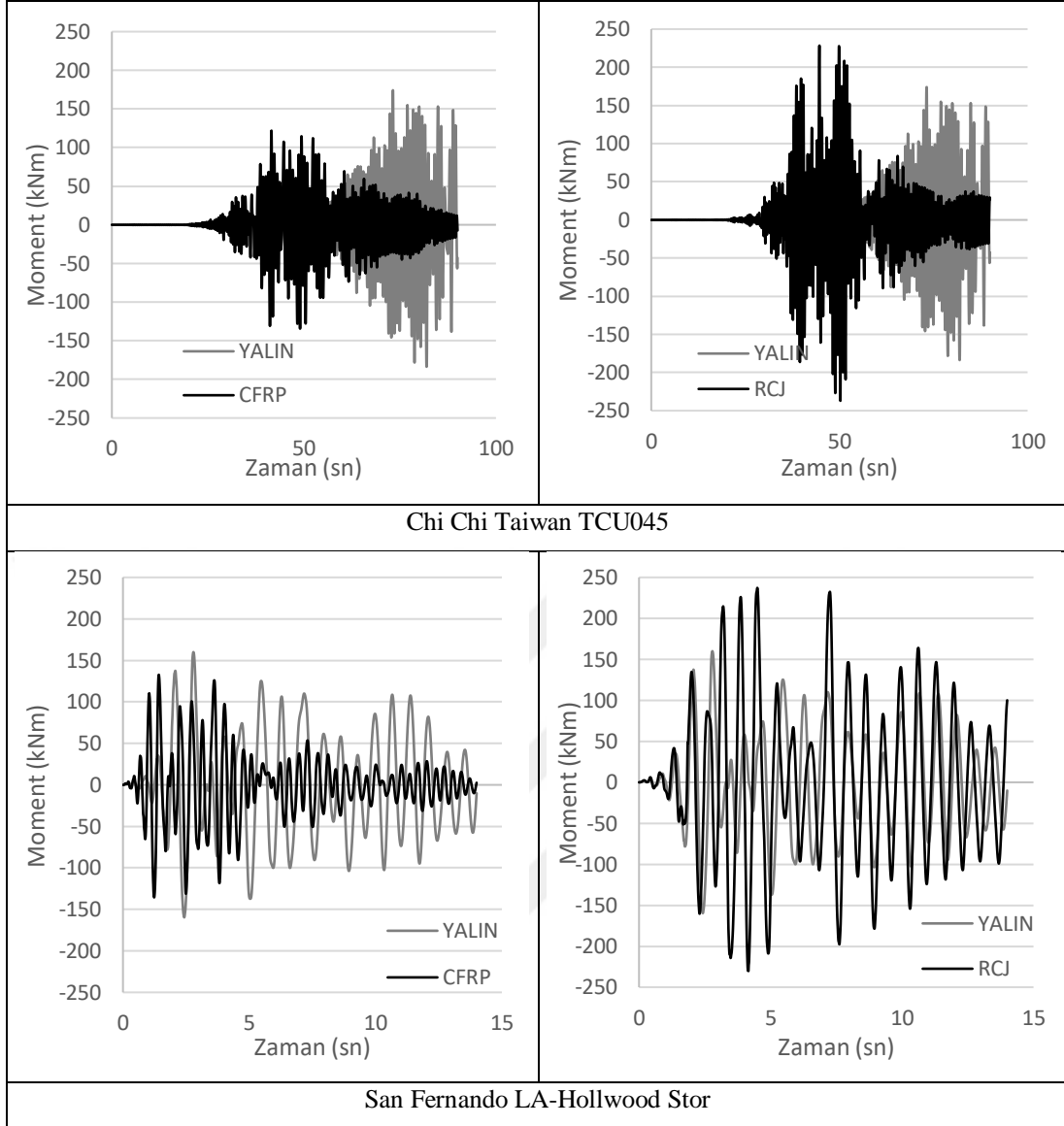
Şekil 30: Deprem Bölgelerine Ait Yalın Durum-RC Jacketing ve Yalın Durum-CFRP Moment (kN.m) – Zaman (sn) (şekil devam ediyor)



Şekil 30: Deprem Bölgelerine Ait Yalın Durum-RC Jacketing ve Yalın Durum-CFRP Moment (kN.m) – Zaman (sn) (şekil devam ediyor)

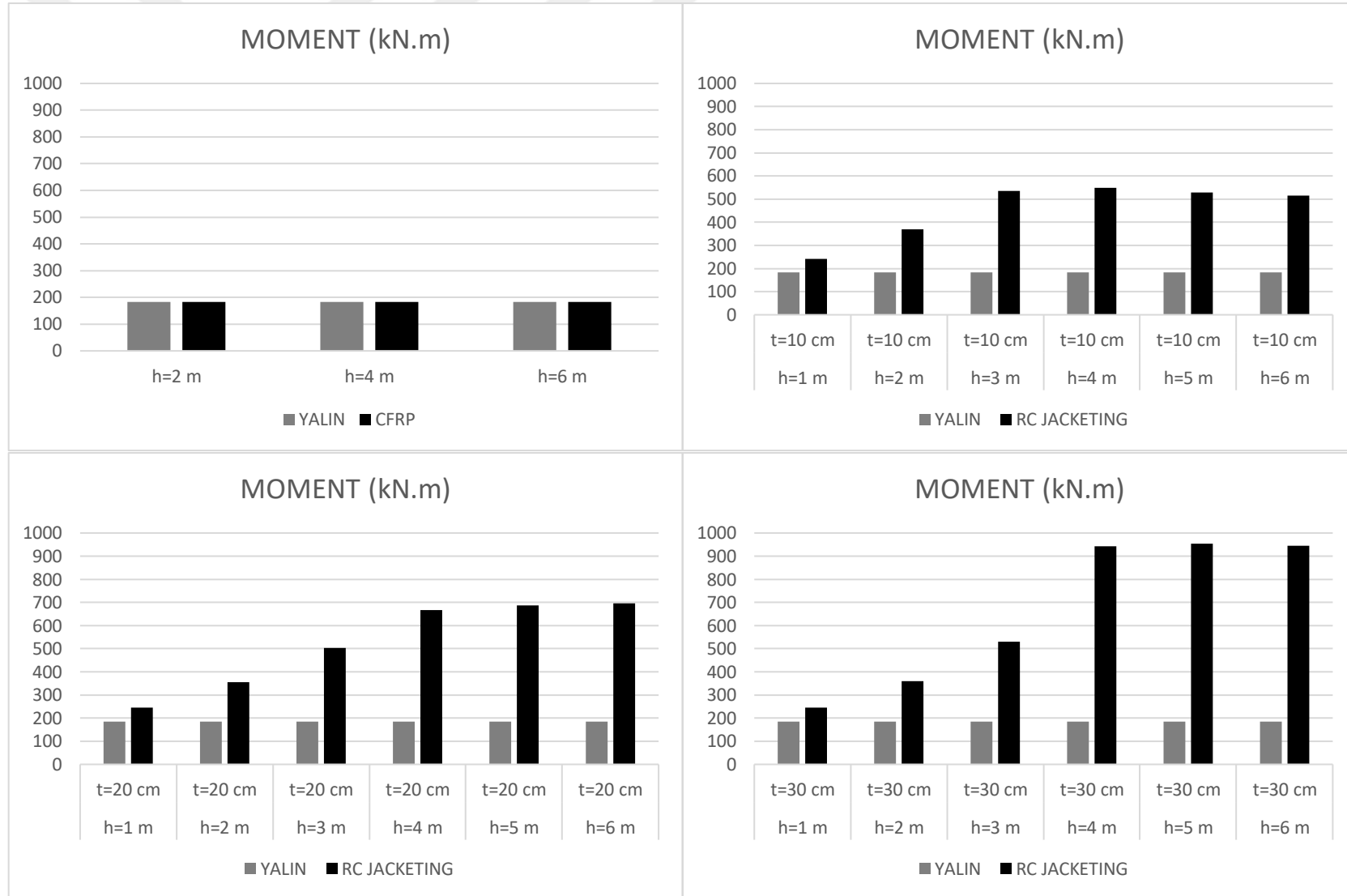


Şekil 30: Deprem Bölgelerine Ait Yalın Durum-RC Jacketing ve Yalın Durum-CFRP Moment (kN.m) – Zaman (sn) (şekil devam ediyor)



Şekil 30: Deprem Bölgelerine Ait Yalın Durum-RC Jacketing ve Yalın Durum-CFRP Moment (kN.m) – Zaman (sn)

Yapı sisteminde uygulanan güçlendirme yöntemlerine genel olarak baktığımızda betonarme mantolamanın baskın bir şekilde CFRP ile mantolamanın önünde olduğu görülmektedir. Betonarme mantolama ile güçlendirme yapılan bir sistem içerisindeki moment değerleri ani bir şekilde artarken CFRP ile mantolama yapılan sistemlerde bu artış oldukça az olmuştur.



Şekil 31: Deprem Bölgelerine Ait Moment Ortalama Değerlerinin Karşılaştırılması

Sisteme etki ettirilen deprem ivmeleri sonucunda çıkan moment değerlerinin ortalamasına baktığımızda yalın duruma CFRP ile mantolama yapıldığında, moment değerlerinde pek artış gerçekleşmezken betonarme mantolama yapılan sistemlerde moment artışı oldukça fazladır. 2 metre boyunca CFRP malzemesi ile mantolama yapılarak güçlendirilen sistemde etki eden deprem ivmeleri sonucunda ortalama moment değeri yalın durumdaki ortalama moment değerine göre %1 azalmıştır. Sistem içerisinde CFRP sargı boyunu arttırmak ortalama moment değeri pek etkilememektedir. Yalın durumda ortalama moment değeri 183,868 kN.m iken CFRP sargı boyu 4 metre olan sistemde etki ettirilen depremler sonucunda ortalama moment değeri 183,827 kN.m olmuştur. Aynı şekilde kolonun tamamını CFRP ile mantolama yaptığımızda ortalama moment değerinde herhangi bir değişiklik olmamaktadır.

Betonarme mantolama ile güçlendirilen sistemde moment değerleri manto kalınlığı ve manto yüksekliğine bağlı olarak artış göstermektedir. 1 metre manto yüksekliği ve 10 cm manto kalınlığına sahip sistemde ortalama moment değeri 241,552 kN.m iken manto yüksekliğini 2 metreye çıkardığımızda bu değer 370,102 kN.m olmuştur. 10 cm manto kalınlığına sahip sistemde manto yüksekliği 3 metre olduğunda moment değeri oldukça artmış ve daha sonra manto yüksekliği artmasına rağmen moment değerinde pek değişiklik olmamıştır. Manto kalınlığı 10 cm' den 20 cm ve 30 cm'ye çıkardığımızda manto yüksekliği 1,2 ve 3 metre olan sistemlerde moment değişikliği pek görülmemektedir. Ancak manto yüksekliğini 4 metreye çıkardığımızda 20 cm ve 30 cm manto kalınlığına sahip sistemlerde ani moment değişiklikleri meydana gelmektedir. Ama manto kalınlığı 20 cm ve 30 cm olan sistemlerde manto yüksekliği 4 metreden sonra kendi aralarında moment değerlerinde çok fazla değişiklik görülmemektedir. 20 cm manto kalınlığı ve 4 metre manto yüksekliği olan sistemde ortalama moment değeri 666,516 kN.m iken manto yüksekliği 5 metreye çıkarıldığında ortalama moment değeri 687,649 kN.m olur. Manto kalınlığı 30 cm olan sistemde ise manto yüksekliği 4 metre olduğunda ortalama moment değeri 941,699 kN.m iken manto yüksekliği 5 metreye çıkarıldığında bu değer 945,656 kN.m olmuştur. Manto kalınlığı belirli bir mantolama yüksekliğine kadar sisteme etki etmezken manto yüksekliği arttıkça sistemde kalınlık faktöründe etkili olmaktadır.

SONUÇLAR

Prefabrike yapıda gerçekleştirilen güçlendirme metotlarının lineer olmayan dinamik analiz sonuçları kıyaslama yapılarak incelenmiştir. Yapılan çalışma neticesinde vardığımız somut sonuçlar aşağıdaki gibi sıralanmaktadır;

1. Yalın durumda bulunan yapı sistemindeki kolon elemanlarına uygulanan CFRP güçlendirme metodu tepe yatay yerdeğiştirme miktarını olumlu yönde pek etkilememektedir. Tepe yatay yerdeğiştirme miktarında herhangi bir azalma söz konusu olmamıştır.
2. RCJ güçlendirme metodu uygulanan yapı sisteminde deprem esnasında oluşacak tepe yatay yerdeğiştirme miktarı mantolama kalınlığı ve mantolama yüksekliğine göre değişiklik göstermektedir. Ancak 1 metre manto yüksekliğine sahip sistemde manto kalınlığı yerdeğiştirme miktarını etkilememektedir.
3. Sisteme etki eden deprem sonuçlarının ortalamasına baktığımız takdirde 10 cm manto kalınlığı ve 1 metre manto yüksekliği olan kolonlara sahip sistemde tepe yatay yerdeğiştirme miktarı %22 azalırken, 30 cm manto kalınlığı ve 6 metre manto yüksekliği olan sistemde tepe yatay yerdeğiştirme miktarı %95 azalmıştır.
4. CFRP metodu ile güçlendirme yapılan yapı sisteminde taban kesme kuvveti artış göstermektedir. 2 metre sargı boyu uygulanan kolonlarda taban kesme kuvveti ortalama %1.76 artarken aynı sistemde kolonlara 6 metre sargı boyu uygulandığı takdirde taban kesme kuvveti %3.84 artmıştır.
5. Betonarme mantolamada 10 cm manto kalınlığı ve 1 metre manto yüksekliği olan kolonlarda taban kesme kuvveti ortalama %17.75 artarken 30 cm manto kalınlığı ve 6 metre manto yüksekliği olan kolonlarda taban kesme kuvveti %117 artış göstermiştir.
6. Betonarme mantolama uygulanan sistemde manto yüksekliği kadar manto kalınlığı taban kesme kuvvetine etki etmemektedir. Manto yüksekliği 3 metre manto kalınlığı 10 cm ve 30 cm olan yapı sistemlerinde taban kesme kuvveti değerleri sırasıyla 1808,011 kN ve 1742,532 kN' dur.

7. Betonarme mantolama metodu ile güçlendirilen sistemde manto kalınlığı 10 cm ve manto yüksekliği 3 metre olan yapı sisteminde taban kesme kuvveti değeri en yüksek seviyesine ulaşmıştır. Daha sonraki analizlerde manto yüksekliği artırılırsa taban kesme kuvveti değeri azalmış ancak önemli düzeyde değişiklik görülmemiştir. 3 metre manto yüksekliğine sahip sistemde taban kesme kuvveti değeri 1808,011 kN iken 6 metre manto yüksekliğine sahip durumda bu değer 1750,492 kN olmuştur.
8. Betonarme mantolama metodu ile güçlendirilene sistemde 20 cm ve 30 cm manto kalınlığına sahip sistemlerde manto yüksekliği 4 metreye ulaştıktan sonra taban kesme kuvveti değerlerinde pek değişiklik gözlemlenmemektedir. Manto kalınlığı 30 cm olan sistemde manto yüksekliği 4 metre ve 6 metre olan durumlarda taban kesme kuvveti değerleri sırasıyla 2023,4374 kN ve 2029,8357 kN'dur. Bu durumda manto yüksekliği 4 metreye ulaştıktan sonra sistem üzerinde manto yüksekliğini değiştirmek pek anlam ifade etmemektedir.
9. Yerdeğiştirme miktarında manto kalınlığı ve manto yüksekliği etkili olurken, taban kesme kuvveti değerlerinde manto kalınlığı ve manto yüksekliği belirli bir noktaya kadar etkili olabilmektedir.
10. CFRP ile güçlendirilen kolonlarda moment değeri yalın haldeki duruma göre pek değişiklik göstermemektedir. Yalın durumda ortalama moment değeri 183,868 kN.m iken 2 metre sargı boyunca CFRP ile mantolama yapılan sistemde ortalama moment değeri 182.118 kN.m olmuştur.
11. CFRP ile mantolama yönteminde sargı boyunca etkisi olmadığı gözlemlenmiştir. 4 metre sargı boyuna sahip sistemde ortalama moment değeri 183,827 kN.m iken 6 metre sargı boyuna sahip sistemde ortalama moment değeri 183,819 kN.m olmuştur.
12. Betonarme mantolama yöntemi ile güçlendirilen kolonlarda moment değeri mantolama boyuna bağlı olarak artış gösterirken belirli bir mantolama yüksekliğinden sonra pek fazla değişmemektedir.
13. Betonarme mantolama yöntemi ile güçlendirmede mantolama yüksekliği baz alınarak karşılaştırma yaparsak, manto kalınlığı 10 cm ve manto yüksekliği 1 metre olan kolonlara sahip yapı sisteminde ortalama moment

değeri yalın duruma göre %32 artmışken, 10 cm manto kalınlığı ve 3 metre manto yüksekliği olan kolonlara sahip yapı sisteminde moment değeri %191 artmıştır. 10 cm manto kalınlığı ve 6 metre manto yüksekliği olan kolonlara sahip sistemde ise moment değeri yalın duruma göre %180 azalmıştır.

14. Manto yüksekliğinde herhangi bir değişiklik yapılmadan manto kalınlıkları baz alınarak karşılaştırma yaparsak, 4 metre manto yüksekliği olan kolonlara sahip yapı sisteminde manto kalınlığı 10 cm olduğunda yalın durumdaki moment değerine göre 2 kat, manto kalınlığı 20 cm olduğunda yaklaşık 4 kat, manto kalınlığı 30 cm olduğunda yaklaşık 5 kat artmıştır.
15. CFRP ile mantolama yapılan sistemin yalın durumda bulunan sisteme göre etkili olduğu söylenememektedir.
16. CFRP ile mantolama sonucunda yerdeğiştirme miktarında %1-2 artış gözükürken, betonarme mantolama yapılan sistemlerde yerdeğiştirme miktarı %22 ile %95 arasında azalmalar meydana gelmiştir.
17. Betonarme mantolama uygulanan sistemlerde taban kesme kuvveti ve moment değerleri manto kalınlığı ve manto yüksekliği değerleri açısından aynı tepkileri göstermektedir. 10 cm manto kalınlığı olan sistemde mantolama yüksekliği 3 metreye oluştuktan sonra taban kesme kuvveti ve moment değerlerinde ani değişiklikler olmamıştır.

KAYNAKÇA

- [1] Türkiye’de Deprem Gerçeği ve TMMOB Makina Mühendisleri Odasının Önerileri Oda Raporu.
- [2] Ersoy, U., (16-20 Ekim 2007). **Betonarme Yapıların Onarımı ve Güçlendirilmesi Uygulama ve Araştırmalar**. Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, İstanbul.
- [3] Coşkun, E., **Betonarme Yapıların Geleneksel Yöntemlerle Depreme Karşı Güçlendirilmesi**, <http://web.iku.edu.tr/~ecoskun/Guclendirme.pdf>, 2018.
- [4] Dündar, B., **Kesme Yönünden Yetersiz Dikdörtgen Kesitli Betonarme Kirişlerin CFRP İle Güçlendirilerek Kesme Kapasitelerinin Arttırılması**, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, 2008.
- [5] Şengün, K., **CFRP İle Güçlendirilen Çelik Lifli Betonarme Kirişlerde Dayanım Artışlarının İrdelenmesi**, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, 2016.
- [6] Köroğlu, N.G., **CFRP İle Güçlendirilmiş Betonarme Kolonların Moment-Eğrilik İlişkilerinin İncelenmesi**, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, 2018.
- [7] Can, Ö., **Hasarlı Dikdörtgen Kesitli Betonarme Kirişlerin Betonarme Mantolama Onarımı Üzerinde Deneysel Bir Araştırma**, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, 2002.
- [8] Ceritli, Y.S., **Depremde Hasar Görmüş Yapıların Mantolama ve Perdelerle Güçlendirilmesi**, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, 2006.
- [9] Erdem, M.F., **Perde Duvar ve Betonarme Mantolama Yöntemleriyle Güçlendirilen Binalarda Güçlendirme Maliyetinin İncelenmesi Akşehir İHL Örneği**, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, 2008.
- [10] Durakoğlu, S., **Depremde Hasar Görmüş Prefabrike Betonarme Yapıların Onarım ve Güçlendirme Yöntemleri**, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, 2006.
- [11] Şirin, C., **Yapılarda Oluşan Hasar Biçimleri ve Nedenleri ve Yapıların Onarım ve Güçlendirilmesi Teknikleri İle Bir Yapının Güçlendirilmesi**, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, 2006.
- [12] Yıldırım, M., **Deprem Etkisindeki Betonarme Yapıların Onarım ve Güçlendirilmesi**, Yüksek Lisans Tezi, Mustafa Kemal Üniversitesi, 2008.
- [13] Keskin, E., **Betonarme Yapıların Onarımı Güçlendirilmesi ve Lifle Güçlendirilmiş Polimerler**, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, 2005.

- [14] Köse, S., **Betonarme Yapılarda Onarım ve Güçlendirme Tekniklerinin İrdelenmesi**, Yüksek Lisans Tezi, Niğde Üniversitesi, 2006.
- [15] Yörükçü, B., **Hasarlı Yapıların Onarım ve Güçlendirme İlkeleri**, Yüksek Lisans Tezi, Osmangazi Üniversitesi, 2007.
- [16] Bawary, M. S., **Betonarme Binaların Farklı Güçlendirme Yöntemleri İle Yapısal Analizi**, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, 2018.
- [17] Kaya, E. M., **İki ve Üç Boyutlu CFRPL'li Eğilme Kirişlerinde Boyut Etkisi**, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, 2010.
- [18] Akgönen, A. R., **Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı ve Onarım-Güçlendirme Tekniklerinin İncelenmesi**, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, 2005.
- [19] Yiğit, Y., **Betonarme Yapılarda Onarım ve Güçlendirme Yöntemleri ve Bir Güçlendirme Uygulaması**, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, 2002.
- [20] He, Z., Shi, D., **Effect of Sustained Load on Static Lateral Responses of CFRP Confined Columns**, Pacific Science Review, Vol.11, No.2 (2009), 144-149.
- [21] Perrone, M., Barros, J. A. O., ve Aprile, A., **CFRP-Based Strengthening Technique to Increase the Flexural and Energy Dissipation Capacities of RC Columns**, JOURNAL OF COMPOSITES FOR CONSTRUCTION, Vol.13, No.5 (2009), 372-383.
- [22] Kachlakev, D. I., McCurry, D. D., **TESTING OF FULL-SIZE REINFORCED CONCRETE BEAMS STRENGTHENED WITH FRP COMPOSITES: EXPERIMENTAL RESULTS AND DESIGN METHODS VERIFICATION, Final Report**, Oregon State Universty, Oregon, 2000.
- [23] Aykaç, S., **Onarılmış/Güçlendirilmiş Betonarme Kirişlerin Deprem Davranışı**, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, 2000.
- [24] Kaltakçı, M. Y. ve Yavuz, G.,(2006). **Kısmi Betonarme Perde Duvar ile Güçlendirilmiş Betonarme Çerçevelerin Depremi Benzeştiren Yatay Yük Etkisindeki Davranışı**, 7. Uluslararası İnşaat Mühendisliğinde Gelişmeler Kongresi, İstanbul.
- [25] Kamanlı, M., **Değişken Kesitli Kirişlerin Davranışının Teorik ve Deneysel Olarak İncelenmesi**, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, 1999.
- [26] Yazar, E., **Hasar Görmüş Kirişlerin Takviyesi**, Yüksek Lisans Tezi, Celal Bayar Üniversitesi, 1997.

- [27] Ünsal, G. T., **Güçlendirilmiş Betonarme Kirişlerin Davranış ve Dayanımları**, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, 1989.
- [28] Özcan, O., Binici, B., Özçebe, G., **Improving seismic performance of deficient reinforced concrete columns using carbon fiber-reinforced polymers**, Elsevier Engineer Structures, 30, (2008), 1632-1646.
- [29] Arslan, M.H., Ceylan, M., Kaltakçı, M.Y., ve Özbay, Y., **Prediction of force reduction factor (R) of prefabricated industrial buildings using neural networks**, Structural Engineering and Mechanics, Vol. 27, No. 2 (2007), 117-134.
- [30] Eduardo N. B. S. Júlio and Fernando A. B. Branco, **Reinforced Concrete Jacketing-Interface Influence on Cyclic Loading Response**, ACI STRUCTURAL JOURNAL, Technical Paper, Title NO: 105-S45.
- [31] Seismosoft. **SeismoStruct v7.0 – A computer program for static and dynamic nonlinear analysis of framed structures**, 2014, <http://www.seismosoft.com>, 24/02/2017.
- [32] FEMA, **Quantification of Building Seismic Performance Factors**, 2009, P695, 285, https://www.fema.gov/media-library-data/20130726-1716-25045-9655/fema_p695.pdf, 14/01/2018.

ÖZGEÇMİŞ

1993 yılında İstanbul'da doğdu. İlköğretimi Kağıthane Zuhâl İlköğretim Okulu'nda, ortaöğretimi Hasköy Güner Akın Lisesi'nde tamamladıktan sonra 2015 yılında Bayburt Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği bölümünden mezun oldu. Aynı yıl Beykent Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Deprem Riskli Yapılar ve Kentsel Dönüşüm bilim dalında yüksek lisansa başladı. 2015 yılında özel bir şirkette İnşaat Mühendisi olarak göreve başladı ve halen bu göreve devam etmektedir.

