

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**BETONARME BİNALARIN FARKLI GÜÇLENDİRME YÖNTEMLERİ İLE
YAPISAL ANALİZİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnş. Müh. Mohammad Sameer BAWARY

**NİSAN 2018
TRABZON**



**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**BETONARME BİNALARIN FARKLI GÜÇLENDİRME YÖNTEMLERİ İLE
YAPISAL ANALİZİ**

Mohammad Sameer BAWARY

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
“İNŞAAT YÜKSEK MÜHENDİSİ”
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

Tezin Üniversiteye Verildiği Tarih:29/03/2018

Tezin Savunma Tarihi :19/04/2018

Tez Danışmanı : Prof.Dr. Süleyman ADANUR

Trabzon 2018

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında
Mohammad Sameer BAWARY Tarafından Hazırlanan

BETONARME BİNALARIN FARKLI GÜÇLENDİRME YÖNTEMLERİ İLE
YAPISAL ANALİZİ

başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun 09/01/2018 gün ve 1735 Sayılı
kararıyla oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda
YÜKSEK LİSANS TEZİ
olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan : Prof. Dr. Süleyman ADANUR

Üye : Prof. Dr. Ahmet Can ALTUNIŞIK

Üye : Prof. Dr. Abdulkadir Cüneyt AYDIN

Prof. Dr. Sadettin KORKMAZ
Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ

Bu çalışma Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak gerçekleştirilmiştir.

Tez konusu üzerinde çalışma fırsatını veren, bilimsel düşünce ve tecrübelerinden yararlandığım danışman Hocam Sayın Prof. Dr. Süleyman ADANUR başta olmak üzere, Prof. Dr. Ahmet Can ALTUNIŞIK ve öğrenimim boyunca emeği geçen bütün hocalarıma sonsuz saygılarımı sunarım.

Yüksek lisans eğitimi süresince, bilgi ve dayanımlarımızı paylaştığım değerli arkadaşlarıma teşekkür eder, yardım ve özverilerinden dolayı meslektaşım ve çok değerli arkadaşım İnş. Yük. Müh. Mohammad Manzor NASERY'a da teşekkür ederim.

Hayatım boyunca her konuda maddi ve manevi desteğini esirgemeyen, başta çok değerli annem ve babam olmak üzere ailemin bütün fertlerine sonsuz şükranlarımı sunarım.

Mohammad Sameer BAWARY

Trabzon 2018

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Betonarme Binaların Farklı Güçlendirme Yöntemleri ile Yapısal Analizi” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Prof. Dr. Süleyman ADANUR’un sorumluluğunda tamamladığımı, verileri kendim topladığımı, analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 19/04/2018

Mohammad Sameer BAWARY

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
ÖNSÖZ.....	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET	VIII
SUMMARY	IX
ŞEKİLLER DİZİNİ	X
TABLolar DİZİNİ.....	XII
SEMBOLLER DİZİNİ	XIV
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Yapı Türleri ve Özellikleri	2
1.3. Betonarme Binalar	3
1.3.1. Betonarme Bina Elemanları ve İşlevleri.....	4
1.3.2. Betonarme Binaların Doğru Malzemeyle Üretimi	5
1.4. Depreme Dayanıklı Yapıların Temel Özellikleri.....	8
1.5. Betonarme Yapıların Deprem Davranışını Etkileyen Faktörler.....	9
1.6. Yapı Elemanları ve Özellikleri.....	9
1.7. Yapı Taşıyıcı Elemanları ve Özellikleri.....	10
1.8. Yapı Elemanlarında Hasar Sınırları ve Hasar Bölgeleri	10
1.9. Betonarme Binaların Güçlendirilmesi.....	10
1.10. Deprem Güvenliğinin Belirlenmesi ve Güçlendirme Gerekliği.....	11
1.11. Güçlendirme Yöntemleri	12
1.12. Kolonların Mantolama ile Güçlendirilmesi.....	13
1.13. Betonarme Binaların Yerinde Dökme Betonarme Perdeler ile Güçlendirilmesi	14

2.	MEVCUT BETONARME BİNALARIN DEĞERLENDİRİLMESİ VE GÜÇLENDİRİLMESİ	18
2.1.	Mevcut Bir Binanın Deprem Performansının Belirlenmesi.....	18
2.2.	Mevcut Bir Binanın Deprem Performansının Belirlenmesindeki Temel Amaç	19
2.3.	Mevcut Bir Bina için Hedeflenen Deprem Performans Seviyesi.....	19
2.4.	Mevcut Bir Bina için Öngörülen Sismik Tehlike Seviyesi	20
2.5.	Mevcut Bir Binaya Ait Bilgilerin Elde Edilmesi	21
2.6.	Mevcut Binanın Deprem Performansının Belirlenmesinde Kullanılacak Hesap Yöntemi.....	21
2.7.	Yapıların Güçlendirilmesine Yönelik Yapılmış Olan Çalışmalar	22
2.8.	Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	35
3.	YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	36
3.1.	Yapıların Analizinde Kullanılan Doğrusal Yöntemler	36
3.1.1.	Statik Analiz	36
3.1.2.	Zaman Tanım Alanı Hesap Yöntemi.....	36
3.1.3.	Tepki Spektrum Analizi.....	36
3.2.	Uygulama Olarak Seçilen Bina ile İlgili Bilgiler	38
3.2.1.	Güçlendirme Öncesi Mevcut Binanın Analizi.....	39
3.2.2.	Mevcut Yapının X ve Y Doğrultusunda Meydana Gelen Deprem Kuvvetleri	40
3.2.3.	Mevcut Yapının Periyot ve Frekansları.....	40
3.2.4.	Mevcut Yapının Maksimum Kat Yerdeğiştirmesi	41
3.2.5.	Mevcut Yapının Görelî Kat Ötelemeleri	42
3.2.6.	Mevcut Yapının Yanal Rijitliği	44
3.2.7.	Mevcut Yapının Seçilmiş Çerçeve'deki Kolonlarında Oluşan Normal Kuvvet, Kesme kuvvetleri ve Eğilme momenti	45
3.3.	Kolonların Mantolaması ile Güçlendirme.....	47
3.3.1.	Kolonların Mantolanması Sonrası Yapının X ve Y Doğrultusunda Meydana Gelen Deprem Kuvvetleri	47
3.3.2.	Kolonların Mantolanması Sonrası Yapının Periyot ve Frekansları.....	48

3.3.3. Kolonların Mantolanması Sonrası Yapının Maksimum Kat Yerdeğiştirmesi	49
3.3.4. Kolonların Mantolanması Sonrası Yapının Görelî Kat Ötelemeleri	50
3.3.5. Kolonların Mantolanması Sonrası Yapının Yanal Rijitliği	50
3.3.6. Kolonların Mantolanması Sonrası Yapının Seçilmiş Çerçeve Kolonlarında Oluşan Normal Kuvvetler, Kesme Kuvvetleri ve Eğilme Momenti	51
3.4. Betonarme Perde ile Güçlendirme	53
3.4.1. Betonarme Perde Sonrası Yapının X ve Y Doğrultusunda Meydana Gelen Deprem Kuvvetleri	54
3.4.2. Betonarme Perde Sonrası Yapının Periyot ve Frekansları	54
3.4.3. Betonarme Perde Sonrası Yapının Maksimum Kat Yerdeğiştirmesi	55
3.4.4. Betonarme Perde Sonrası Yapının Yanal rijitliği	56
3.4.5. Betonarme Perde Sonrası Yapının Görelî Kat Ötelemeleri	56
3.4.6. Perde eklenmesi sonrası Yapının Seçilmiş Çerçeve kolonlarında oluşan normal kuvvet, Kesme kuvvetleri ve Eğilme momenti	58
3.5. Bulgular ve İrdelâmeler	58
4. SONUÇLAR	66
5. KAYNAKLAR	67

ÖZGEÇMİŞ

Yüksek Lisans Tezi

ÖZET

BETONARME BİNALARIN FARKLI GÜÇLENDİRME YÖNTEMLERİ İLE
YAPISAL ANALİZİ

Mohammad Sameer BAWARY

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Süleyman ADANUR
2018, 71 Sayfa,

Bu tez çalışmasında dayanımı yetersiz betonarme bir binanın kolon mantolama ve betonarme perdeler ile güçlendirilmesi konusu araştırılmıştır. Bu amaçla bir betonarme bina sonlu elemanlar yöntemi yardımıyla modellenmiştir. Tez dört bölümden oluşmaktadır. Tezin birinci bölümünde betonarme binalar ve binaların güçlendirilmesi ile ilgili genel bilgiler verilmektedir. İkinci bölümde binaların güçlendirmeden önce ve güçlendirildikten sonraki değerlendirilmeleri, ayrıca konu ile ilgili yapılan çalışmalar sunulmaktadır. Üçüncü bölümde yapılan analizler neticesinde elde edilen bulgular yer almaktadır. Dördüncü bölümde ise çalışmadan elde edilen sonuçlar bulunmaktadır. Çalışma sonucunda kolonların mantolanması ve betonarme perdeler ile yapılan güçlendirmenin betonarme binalara olumlu katkısının olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Betonarme bina, Güçlendirme, Kolon mantolama, Betonarme perde, Sonlu eleman yöntemi, Maksimum kat yerdeğiştirmesi, Görelî kat ötelemesi, Periyot, Frekans

Master Thesis

SUMMARY

STRUCTURAL ANALYSIS OF REINFORCED CONCRETE BUILDINGS WITH DIFFERENT
STRENGTHENING METHODS

Mohammad Sameer BAWARY

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Civil Engineering Graduate Program
Supervisor: Prof. Dr. Süleyman ADANUR
2018, 71 Pages,

In this thesis strengthening of a reinforced concrete building by reinforced concrete jacketing of column and shear walls has been analatically analysed. For this purpose a reinforced concrete building has been taken into analysis using finite element method. The thesis consists of four chapters. In the first chapter of the thesis general information concerning reinforced concrete buildings and strengthening of the buildings has been given. In the second part, the evaluations of the buildings before and after strengthening, as well as the studies about the subject are presented. The findings of the analyses are presented in the third chapter. The final chapter includes the results of the analyses. As a result of the study, it is seen that the reinforced concrete jaceketing of columns and reinforced concrete shear walls are of positive contributions to reinforced concrete buildings.

Keywords: Reinforced concrete building, Reinforced concrete jacketing of column, Shear walls, Finite element method, Maximum story displacement, Story drifts, Period, Frequency

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.1. Malzemelerine göre yapılar	3
Şekil 1.2. Betonarme bir binanın elemanları	4
Şekil 1.3. Düz ve nervürlü inşaat çeliği	6
Şekil 1.4. Betonarme elemanlardaki boyuna ve enine donatı	7
Şekil 1.5. Doğru etriye (135° kanca) ve hatalı etriye (90° kanca)	7
Şekil 1.6. Betonarme binalara uygulanan güçlendirme yöntemlerinin sınıflandırılması	12
Şekil 1.7. Kolon mantolamasına ait örnekler	15
Şekil 1.8. Mevcut binaya eklenen betonarme perdeler	16
Şekil 2.1. Mevcut bir binanın deprem performansının değerlendirilmesinde izlenen adımlar	17
Şekil 2.2. Performans analizlerinde dikkate alınan spektrum eğrileri	19
Şekil 3.1. Uygulama olarak seçilen betonarme bina	37
Şekil 3.2. Zemin, 1., 2., 3. ve 4. kat planı	37
Şekil 3.3. Dayanımı yetersiz olan kolonlar	38
Şekil 3.4. X ve Y doğrultularında kat yerdeğiştirmesi	41
Şekil 3.5. Mevcut yapının X ve Y doğrultusunda görel kat ötelemeleri	42
Şekil 3.6. Mevcut yapının X ve Y doğrultusunda rijitlik	44
Şekil 3.7. Normal kuvvet, kesme kuvveti ve eğilme momenti için seçilen çerçeve	44
Şekil 3.8. Kolonların mantolanması	46
Şekil 3.9. Kolon mantolaması sonrası her iki doğrultuda kat yerdeğiştirmesi	48
Şekil 3.10. Kolonların mantolanması sonrası X ve Y doğrultularında görel kat ötelemeleri	49
Şekil 3.11. Kolonların mantolanması sonrası katlardaki rijitlikler	50
Şekil 3.12. Binaya eklenen betonarme perdeler	52
Şekil 3.13. Betonarme perde sonrası katların her iki doğrultuda yerdeğiştirmeleri	54
Şekil 3.14. Betonarme perde sonrası katlardaki rijitlikler	55
Şekil 3.15. Betonarme perde sonrası katların görel kat ötelemeleri	56
Şekil 3.16. X doğrultusunda katların yerdeğiştimelerinin karşılaştırılması	59
Şekil 3.17. Y doğrultusunda katların yerdeğiştimelerinin karşılaştırılması	59
Şekil 3.18. X doğrultusunda katlarda rijitlik değerlerinin karşılaştırılması	60
Şekil 3.19. Y doğrultusunda katlarda rijitlik değerlerinin karşılaştırılması	61

Şekil 3.20. X doğrultusunda görelî kat ötemelerinin karşılaştırılması	61
Şekil 3.21. Y doğrultusunda görelî kat ötemelerinin karşılaştırılması	62
Şekil 3.22. Kolonlarda normal kuvvetlerin karşılaştırılması	63
Şekil 3.23. Kolonlarda kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması	64
Şekil 3.24. Kolonlarda eğilme momentlerinin karşılaştırılması	64



TABLolar DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 2.1. Binalar için hedeflenen minimum performans düzeyleri (DBYBHY-2007)	18
Tablo 2.2. Binalar için bilgi düzeyi katsayıları (DBYBHY-2007)	20
Tablo 3.1. X ve Y doğrultularındaki kesme kuvvetleri ve devrilme momentleri.....	39
Tablo 3.2. Mevcut yapının periyot ve frekans değerleri.....	40
Tablo 3.3. Mevcut yapının kat yerdeğiştirmeleri	41
Tablo 3.4. X ve Y doğrultularında görelİ kat ötelemeleri	42
Tablo 3.5. Mevcut yapının X ve Y doğrultularında rijitlik	43
Tablo 3.6. Normal kuvvet, kesme kuvveti ve eğilme momenti.....	45
Tablo 3.7. Kolonların mantolanması sonrası katlardaki deprem kuvvetleri.....	47
Tablo 3.8. Kolonların mantolanması sonrası yapının periyot ve frekansları.....	47
Tablo 3.9. Kolonların mantolanması sonrası her iki doğrultuda kat yerdeğiştirmesi.....	48
Tablo 3.10. Kolon mantolanması sonrası yapının görelİ kat ötelemeleri	49
Tablo 3.11. Mantolama Sonrası Katlardaki Rijitlik	50
Tablo 3.12. Kolonların mantolanması sonrası normal kuvvet, kesme kuvveti ve eğilme momenti	51
Tablo 3.13. Betonarme perde sonrası katlarda oluşın deprem kuvvetleri ve devrilme momentleri.....	52
Tablo 3.14. Betonarme perde sonrası yapının periyot ve frekansları	53
Tablo 3.15. Betonarme perde sonrası katlardaki yerdeğiştirme değerleri	54
Tablo 3.16. Betonarme perde sonrası katlardaki rijitlik değerleri	55
Tablo 3.17. Betonarme perde sonrası katların görelİ kat ötelemeleri.....	56
Tablo 3.18. Betonarme perde sonrası elemanlarda oluşın normal kuvvet, kesme kuvveti ve eğilme momenti	57
Tablo 3.19. Katlara gelen kesme kuvvetleri ve devrilme momentlerinin karşılaştırılması .	57
Tablo 3.20. Periyot ve frekansların karşılaştırılması	58
Tablo 3.21. X doğrultusunda kat yerdeğiştirmelerinin karşılaştırılması	58
Tablo 3.22. Y doğrultusunda kat yerdeğiştirmelerinin karşılaştırılması	59
Tablo 3.23. X doğrultusunda katlarda rijitlik değerlerinin karşılaştırılması	60
Tablo 3.24. Y doğrultusunda katlarda rijitlik değerlerinin karşılaştırılması	60
Tablo 3.25. X doğrultusunda görelİ kat ötelemelerinin karşılaştırılması	61
Tablo 3.26. Y doğrultusunda görelİ kat ötelemelerinin karşılaştırılması	62

Tablo 3.27. Normal kuvvet, kesme kuvveti ve eğilme momentlerinin karşılaştırılması..... 63



SEMBOLLER DİZİNİ

A_0	Etkin yer ivme katsayısı
Z_1	Yerel zemin sınıfı
R	Taşıyıcı sistem davranış katsayısı
I	Yapı önem katsayısı
R	Taşıyıcı sistem davranış katsayısı
M_x, M_y	Devrilme momentleri
V_x, V_y	Taban kesme kuvvetleri
U_x, U_y	Yapının doğal titreşim periyotları

1.GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Betonarme binalar genellikle tercih edilen yapılar oldukları için Türkiye'deki mevcut yapı stokunun büyük bir bölümünü oluşturmaktadırlar. Bundan dolayı Türkiye'de özellikle son 20 yılda, meydana gelen depremlerin de etkisiyle betonarme binalar konusunda gerek analitik olarak gerekse laboratuvarda birçok araştırma ve deneyler gerçekleştirilmiştir. Günümüzde betonarme binaların deprem karşısındaki davranışı konusunda her şeyin bilindiğini iddia etmek mümkün olmasada yıllardır yapılan çalışmalar ve kazanılan deneyimler sayesinde, betonarme binaların temel tasarım ve davranış prensipleri ortaya konulmuştur.

Betonarme binaların deprem yükleri altındaki davranışını belirlemek, yapıyı oluşturan elemanların davranışını araştırmakla başlayabilir. Yapı elemanlarının davranışı, etkilemesi ihtimal ağırlıklara ve değişkenlere bağlı olarak yapılan bilimsel deneyler neticesinde çıkarılmakta ve kazanılan bilgiler mühendislik alanının kullanımına tahsis edilmektedir. Söz konusu bilgiler sayesinde, yapı elemanlarının uygun bir biçimde ayrıntılandırılması ile yapının davranışına da kısıtlı biçimde müdahale etmenin olanaklı olduğu tespit edilmiştir. Ne var ki, bu kısıtlı müdahalelerin etkili olabilmesi için tasarımın başında genel davranışı tespit edebilmek için aşağıda verilmiş üç oranın dikkatli bir biçimde seçilmesinin gerektiği anlaşılmıştır.

- Yanal deplasmanın yüksekliğe oranı
- Ağırlığın dayanıma oranı
- Kütlenin rijitliğe oranı

Depreme karşı dayanımlı betonarme bir yapı üç esas şartı sağlamalıdır;

- Yapı ayrıntılandırılırken tersinir deplasmanlara yeteri düzeyde karşı koyacak kadar sünek olmalıdır.
- Güçlü yer hareketlerinden dolayı meydana gelen atalet kuvvetlerine karşı yeterli dayanımda olmalıdır.
- Yanal deplasmanları kabul edilebilir düzeyde tutacak kadar rijitlikte olmalıdır.

Rijitlik, yapının dinamik değişkenlerini tespit ederek, kütle beraberinde yapının yer hareketlerine karşı davranışını belirlemektedir. Tasarım sırasında çoğunlukla rijitliği tercih etmek ve uyarlamak kütleyle müdahaleye kıyasla daha basit olmaktadır.

Betonarme yapı bir bütün olarak, tüm elemanları ve parçaları ile güçlü yer hareketleri ile meydana gelen ölü yüklere ve atalet kuvvetlerine karşı yeteri kadar dayanım sağlamalıdır. Yapı içerisindeki herhangi bir kesit düşey yük, bükülme momenti, kesme kuvveti veya burulma momentleri ile zorlanabilir. Ancak tasarım sırasında elverişli kesit boyutlaması, donatı tercihi ve ayrıntılandırılması ile yapının direncine müdahale yapılabilmektedir. Bir düğüm noktasında kirişin eğilme kapasitesine kolondan önce varmasını temin etmek bunun bir örneği olabilir.

Betonarme binaların doğrusal olmayan davranışları rijitlik azalması ve sönümün artışıyla, şekil değiştirme yaparak meydana gelmektedir. Süneklik kavramı, betonarme yapının yer hareketleriyle gerçekleşen tersinir yükleme hareketlerine karşı, dayanımın kritik derecenin altına inmeden, sönüm mekanizmasının da yer hareketlerinin tesirlerini azaltıcı şekilde çalışması ile, enerjinin yutulması anlamına gelmektedir. Ancak söz konusu mekanizmanın işleme için donatının özel olarak ayrıntılandırılmasına ihtiyaç duyulmaktadır.

Üstte söz edilen temel bilgilerin daha detaylı incelenmesi ve mühendis bakışıyla yorumlanması neticesinde, günümüzde şiddetli depremlere dayanıklı yapılar yapılabilmektedir. Fakat var olan bilgi ve tecrübe birikiminin daha önceden yapılmış ve mevcut olarak hizmet vermekte olan yapılara herhangi bir faydası olmamaktadır. Diğer yandan bahsedilen mevcut yapılar göz ardı edilemeyecek kadar fazladır. Bu yüzden söz konusu yapıların da deprem karşısındaki tepkileri önemlidir ve bu binaların incelemeye alınıp ihtiyaç duyulduğu halde güçlendirilmesi gerekmektedir.

1.2. Yapı Türleri ve Özellikleri

Yapı belirli bir kullanım amacı için belirli bir taşıyıcı sistem ve belirli bir malzemeyle, sisteme etki edecek her türlü yük ve etkiye karşı koymak amacıyla yapılmış mühendislik ürünü olarak tanımlanabilir.

Yapılar malzemelerine göre; betonarme yapı, çelik yapı, ahşap yapı, taş yapı, kerpiç yapı şeklinde sınıflandırılabilir.



Şekil 1.1. Malzemelerine göre yapılar

Yapılar sahip oldukları taşıyıcı sistem türlerine göre ise çerçeve sistem, perde sistem, perde-çerçeve sistem, yığma sistem, kâgir sistem, karma sistem şeklinde sınıflandırılabilir (Tüzün vd., 2009).

Türkiye ve Afganistan'daki yapı stokunun önemli bir bölümünü betonarme ve yığma yapılar oluşturmaktadır.

1.3. Betonarme Binalar

Beton içerisine belirli bir biçimde yerleştirilmiş donatı adı verilen inşaat çeliğiyle üretilen parçalar betonarme yapıyı oluşturur.

Geçmiş depremler var olan yapı stoku içindeki betonarme binaların mühtemel bir deprem durumunda hasar görme tehlikesinin yüksek olduğunu göstermiştir. Bunun başlıca

sebepleri, binaların ehliyetsiz kişiler tarafından, kontrol edilmeden, kötü malzemeyle yapılmış olması ve tasarımın doğru bir şekilde yapılmamasıdır (Tüzün vd., 2009).

1.3.1. Betonarme Bina Elemanları ve İşlevleri

Betonarme bir binadaki elemanlar taşıyıcı eleman ve taşıyıcı olmayan eleman olmak üzere ikiye ayrılabilir. Yapıda mevcut olan taşıyıcı sisteme bağlı olarak kirişler, perdeler, kolonlar ve temeller taşıyıcı; dolgu duvarlar, döşemeler ve çatılar ise taşıyıcı olmayan elemanlar olarak ayrılabilir. Betonarme bir binanın elemanları aşağıda gösterilmiştir.



Şekil 1.2. Betonarme bir binanın elemanları

Taşıyıcı elemanlar ve nitelikleri şöyle özetlenebilir:

- Kolonlar düşey taşıyıcı elemanlardır; az, orta ve çok katlı binalarda perdelerle beraber düşey taşıyıcılar olarak kullanılırlar.
- Bir başka kolon türü olan perdeler, uzunluğu genişliğinin en az yedi katı olan düşey taşıyıcı elemanlardır. Deprem bölgelerinde yapılan yapılarda, özel olarak çok katlı binalarda kullanılırlar.
- Kirişler, düşey taşıyıcılar olan perde ve kolonları yatayda her iki yönde birbirine bağlayan ve taşıyıcı sistemin bütünlüğünü temin eden yatay taşıyıcılardır.

- Temeller kiriş, kolon ve perdelerden gelen yükleri güvenli bir biçimde zemine ileten ve yapının dış ortamla bağlantısını temin eden elemanlardır.

Taşıyıcı olmayan elemanlar ve nitelikleri de aşağıdaki gibidir:

- Döşemeler, kirişlerle etrafı çevrili olan, yapının içerisindeki eşya ve insanlardan kaynaklanan yükleri kirişlere ileten, kalınlığı plan boyutlarına göre ince olan, bir başka deyişle bina içerisinde, üzerinde yürüdüğümüz elemanlardır.
- Dolgu duvarlar, yapının işlevine göre tespit edilen yerleri birbirinden ayıran, ısı ve ses yalıtımı görevini yerine getiren, boşluklu tuğladan üretilen elemanlardır.
- Çatılar ise yapının en yukarı düzeyinde, yağmur, kar, ısı gibi çevre koşullarından yalıtımı sağlamak amacıyla çeşitli malzemelerden ve farklı geometrik niteliklerde inşası yapılmış elemanlardır (Tüzün vd., 2009).

1.3.2. Betonarme Binaların Doğru Malzemeyle Üretimi

Yapıların tasarımı sırasında tüm hesaplamalar ve işlemler prensiplerine uygun biçimde, alanında uzman mühendisler tarafından yapılsa bile yapım sırasında aynı dikkatin gösterilmemesi durumunda yapının depreme dayanıklı olması imkansızdır. Bu sebeple uygulama ve bakım aşaması da diğer aşamalar kadar önem arz etmektedir.

Betonarme, beton ile donatı adı verilen çelik malzemelerinin birlikte kullanılmasıyla oluşur. Betonun meydana getiren ise çimento, su ve agrega olarak adlandırılan farklı boyuttaki kum ve çakılın belirli bir oranda birleştirilmesidir. Donatı çeliği, içerisinde bulunan karbon oranlarına göre ayrıştırılan, fabrikada üretilen bir malzemedir.

Önceki depremlerde gözlemlenen veriler ve diğer gözlemler, mevcut yapılardaki beton kalitesinin standartların altında kaldığını göstermektedir. Mevcut bir binanın beton basınç dayanımı, binanın ekonomik yaşam süresine ve çevresel şartlara bağlı olarak bir miktar kayba maruz kalır. Fakat beton kalitesinin düşük olmasının esas sebebi kontrolsüz ve bilinçsiz inşa edilen yapılardır. Bilhassa kendi imkânlarıyla bina inşa eden şahısların kalitesi düşük ve kontrolü yapılmamış malzemeler kullanması neticesinde, ihtiyaç duyulan beton kalitesi temin edilememekte ve yapı stoku deprem tehlikesi altında kalmaktadır. Deprem yönetmeliğinde, kullanılacak asgari beton dayanımının olabileceği en küçük değer $20 \text{ MPa} = 200 \text{ kg/cm}^2$ olarak tespit edilmiştir. Tespit edilen bu değerden daha az dayanıma sahip beton kullanılamaz.

Kaliteli çimento ve agregadan doğru miktarlarda ve doğru bir uygulamayla üretilmiş olsa bile, betonun gerçek dayanımını elde edene kadar yapılacak bakım çok önem arz etmektedir. Üretilen betonda dış ortamlardan ve kendi iç yapısından doğabilecek olumsuz etkileri bertaraf etmek gereklidir.

Yeni dökülen betonun sağlıklı bir biçimde önceden tespit edilen dayanıma ulaşabilmesi için yapılması gereken bakım işlemleri betonun kürü olarak nitelendirilir. Bu işlem üretimin yapıldığı ortamın durumuna göre farklılık gösterir. Beton katılaşıncaya kadar geçen sürede çimentonun suyla karıştırılmasından meydana gelen kimyasal tepkimeler dış ortama ısı yansıtmaktadır. Ortaya çıkan bu ısı sebebiyle su miktarı düşeceğinden, buharlaşacak bu suyun içeride kalabilmesi için betonun bu zaman içerisinde nemli tutulmasına ihtiyaç vardır. Aksi halde beton katılaşıncaya kadar iç yapısı bozulacak ve “büzülme çatlakları” adı verilen çatlaklar meydana gelecek, kür uygulanmayan beton arzu edilen dayanımı kazanamayacaktır. Bu sebeple, beton dayanımını elde edene kadar uygulanacak bakım çok önemlidir.

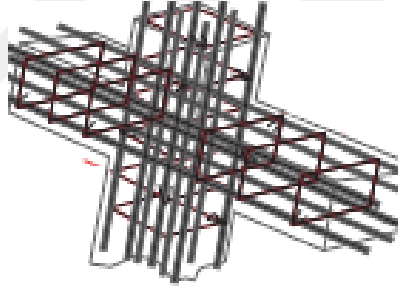
Bir başka konu ise betonun kalıp içerisine vibratör aracılığıyla yerleştirilmesidir. Betonun donatıları iyi biçimde sarması ve içinde hava boşlukları bırakmaması için, vibratör yardımıyla yapılan titreşimle iyi bir şekilde yerleşmesi sağlanır. Vibratör kullanımı deprem yönetmeliğine de bir madde olarak koyulmuştur. Şu anda beton içine özel kimyasal katkıları eklenerek kendiliğinden yerleşen akışkan betonlar üretmek imkanı da vardır.

Donatı çeliği Türkiye’de iki sınıfa ayrılır. Bunlar düz ve nervürlü inşaat çeliğidir. Adı geçen çelikler dayanım ve geometri açısından birbirinden farklı çeşittedir. Nervürlü demirin dayanımı düz demirinkinden daha çoktur ve üzerinde betonla bağlantısının iyi olmasını temin edecek çıkıntılar mevcuttur. Betonarme bir yapıda taşıyıcı elemanların içerisinde olan donatıların yerleri ve konumlanış biçimleri çok önemlidir ve belirli kurallara uyulmaması durumunda sorunlar ortaya çıkabilir.



Şekil 1.3. Düz ve nervürlü inşaat çeliği

Betonarme bir elemanda enine ve boyuna yönde donatılar bulunur. Bunlardan uzun olarak yerleştirilen, yatay ve düşey olabilen demirlere boyuna donatı, boyuna donatıların etrafını saran demirlere ise enine donatı (etriye) denir.

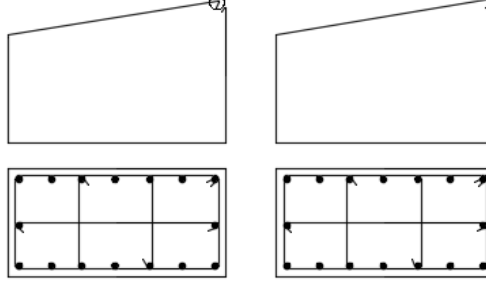


Şekil 1.4. Betonarme elemanlardaki boyuna ve enine donatı

Boyuna ve enine donatılar özel görevler alırlar. Bunlardan etriye olarak isimlendirilen enine donatı, boyuna donatıları etrafını sararak içeride kalan betonun deprem anında parçalara ayrılıp dağılmasının önüne geçer. Fakat bu görevi yapabilmeleri için etriyelerin tespit edilmiş biçimlerde imal edilip belirli aralıklarla monte edilmesi gerekir.

Deprem yönetmeliğinde, bükülme yerlerinde etriyelerin 135° kancaya sahip olmasının şart olduğu bildirilir. Buna ek olarak etriye aralıkları, depremde en çok zorlanan kolon ve kirişlerin birleşme noktalarında sıklaştırılmalıdır. Uygulanmasına ihtiyaç duyulan bu sıklaştırma, yapının salınım yapma becerisini de yükselten önemli bir faktördür. Binalar

deprem anında gerek dayanıklı olacak, gerekse de salınım yaparak deprem kuvvetlerine karşı konacak şekilde tasarlanır.



Şekil 1.5. Doğru etriye (135° kanca) ve hatalı etriye (90° kanca)

Betonarme elemanların imal edilmesi aşamasında kullanılan inşaat çeliğinin sadece miktarına değil, doğru yerde doğru biçimde yerleştirilmiş olmasına da dikkat edilmelidir. Bu uygulama da belirli bir deneyim ve uzmanlık gerektir (Tüzün vd., 2009).

1.4. Depreme Dayanıklı Yapıların Temel Özellikleri

Depreme dayanıklı yapılarda taşıyıcı sistem ya da malzemeden bağımsız olarak bulunması gereken bazı temel nitelikler bulunur. Bunların yapının hem tasarım, hem üretim, hem de kullanım sırasında dikkate alınması ve korunması gerekir.

Bir yapıda dikkate alınması gereken üç esas kuraldan bahsedilebilir: iyi bağlanma, dengeli dağılım ve süreklilik.

Süreklilik, kuralıyla üzerinde durulmak istenen, yapının taşıyıcı sisteminde, diğer bir deyişle yük aktarma sisteminde olan elemanların yapı boyunca kesintiye meydan vermeyecek şekilde en aşağı noktadan en yukarı noktaya kadar devam etmesi, bütün katlardaki kolonların alt katlarda da aynı doğrultuda olmasıdır.

Dengeli dağılım kuralı, yapının taşıyıcı sistemini meydana getiren elemanların planda olabildiğince simetrik bir biçimde yerleştirilmesini ifade eder.

İyi bağlanma kuralı ise yapının taşıyıcı sistemini meydana getiren elemanların, kolonların en az iki doğrultuda kirişler tarafından, her iki doğrultuda uygun biçimde birbirlerine bağlanmasının temin edilmesidir.

Burada üzerinde durulması gereken nokta, depreme dayanıklı yapı tasarımının birbirine bağı bir kurallar dizisini içerdiği ve bu dizinin her bir aşamasına gereken önemin verilmesi gerektiğidir. Aksi bir halde dizi en zayıf bölgeden bozularak işlevini yitirir ve diğer aşamalar için yerine getirilen çalışmalar, harcanan emek ve ekonomik masraf boşa gitmiş olur. Ancak uzman bir mühendis ekibi tarafından bahsi geçen kurallara bağı kalınıp diğer etkenler doğru bir biçimde göz önünde bulundurularak yapılacak tasarım, üretim ve bakım neticesinde depreme dayanıklı yapı inşa edilmiş olur (Tüzün vd., 2009).

1.5. Betonarme Yapıların Deprem Davranışını Etkileyen Faktörler

Betonarme yapıların deprem altında güvenli bir biçimde davranış göstermesi için önceden sözü geçen süreklilik, iyi bağlanma ve dengeli dağılım koşullarına her şartta gerek duyulur. Konu edinilen şartların olmamasının yapıların deprem davranışında olumsuz etki yapacağı bellidir. Bunlara ilaveten hem işlevsel zorunluluklar hem de tasarım sırasındaki hatalardan meydana gelen bazı uygulamalar da yapıların deprem davranışını olumsuz etkileyebilir. Yapıların deprem davranışına etki eden önemli faktörler; yapı geometrisi, zemin durumu, yumuşak kat, bitişik bina durumu, kısa kolon etkisi şeklinde sıralanabilir (Tüzün vd., 2009).

1.6. Yapı Elemanları ve Özellikleri

Yapıların görevlerini güvenli bir biçimde yapabilmeleri için ilk olarak belirli bir dayanımda olmaları gerekir, bu dayanımı temin eden unsur ise taşıyıcı sistemdir. Taşıyıcı sistem bir yapının dış etkenlere güvenli bir biçimde karşı koyabilmesi için oluşturulan elemanların tümünü içine alır. Bu sistemi meydana getiren her bir eleman taşıyıcı, söz konusu elemanların dışında olan yapıyı oluşturan diğer elemanlar ise taşınan, yapısal olmayan veya taşıyıcı olmayan eleman olarak adlandırılabilir. Betonarme yapıların taşıyıcı sistemini kolon, perde, kiriş ve temel olarak adlandırılan yapı elemanları meydana getirir (Tüzün vd., 2009).

1.7. Yapı Taşıyıcı Elemanları ve Özellikleri

Binanın çeşidine göre taşıyıcı sistemi kolon, perde, kiriş ve temel ya da yığma duvarlar meydana getirebilir. Bunlardan perde, kolon ve yığma duvarlar düşey kirişler ise yatay elemanlardır. Yapılarda bahsi geçen taşıyıcılar birlikte kullanılarak farklı taşıyıcı sistemler oluşturulmaktadır.

Çerçeve sistem: taşıyıcı elemanları kiriş ve kolonlardan oluşan az katlı yapıların yapımında kullanılan sistemdir.

Perde sistem: taşıyıcı elemanları sadece perdelerden oluşan çok katlı yapıların yapımında kullanılan sistemdir.

Perde-çerçeve sistem: taşıyıcı elemanları kiriş, perde ve kolonlardan meydana gelen çok katlı yapıların yapımında kullanılan sistemdir (Tüzün vd., 2009).

1.8. Yapı Elemanlarında Hasar Sınırları ve Hasar Bölgeleri

Deprem hasarları kolon, kiriş, perde ve birleşme noktası gibi taşıyıcı elemanlarda ortaya çıkar. Eleman hasarlarının değerlendirilmesinde ilk olarak hasarın üzerinde durulan elemanın sünek ya da gevrek davranışından ortaya çıktığının tespit edilmesi gereklidir. Gevrek olarak hasar alan elemanlar, diğer bir deyişle kesme hacmi aşılmış olan elemanlar göçmüş kabul edilir (kesme kırılması). Sünek olarak hasar alan elemanların hasarları ise hesaplanan iç kuvvet (moment) veya birim şekil değiştirme seviyelerine göre minimum hasar, ileri hasar, belirgin hasar veya göçme olarak sınıflandırılır (TDY, 2007).

1.9. Betonarme Binaların Güçlendirilmesi

Güçlendirme, binaların deprem güvenliğini artırmak için yapılan işlemleri içerir. Bu işlemler bazen binanın tümüne, bazen de sadece bir takım taşıyıcı sistem elemanlarına uygulanır. Binaların güçlendirilmesi iki nedenden dolayı gerekebilir. Bunlardan birincisi, depremden kaynaklanan bir hasardan dolayı güvenliğin artırılmasına karşı duyulan ihtiyaçtır. İkincisi ise, herhangi bir hasar bulunmadığı halde, binanın depreme karşı yeterince güvenli olmadığını yapılan çalışmalarla tespit edilmesidir. Her iki durumda da temel amaç binanın deprem performansını yürürlükteki deprem yönetmeliğinin belirlediği

seviyelere çıkarmaktır. Bu durumda, söz konusu binanın tümünün veya bazı elemanlarının çeşitli yöntemler kullanarak güçlendirilmesi gerekmektedir.

1.10. Deprem Güvenliğinin Belirlenmesi ve Güçlendirme Gerekliliği

Deprem yönetmeliğinde yeni yapılacak binaların depreme dayanıklı yapı tasarımında dikkate alınan ana ilkeler şu şekilde belirtilmiştir;

- Hafif şiddetteki depremlerde binalardaki yapısal ve yapısal olmayan sistem elemanlarının herhangi bir hasar görmemesi gerekmektedir.
- Orta şiddetteki depremlerde yapısal ve yapısal olmayan elemanlarda oluşabilecek hasarlar onarılabilir düzeyde kalmalıdır.
- Şiddetli depremlerde ise can kaybını önlemek amacı ile binaların kısmen veya tamamen göçmesi önlenmelidir.

Yeni yapılacak binalar dışında, mevcut binaların da deprem karşısındaki performansları yönetmeliğin konularından birisidir. Yapıların performans değerlendirilmesi ve güçlendirilmesinde uygulanacak hesap kuralları ve ilkeleri Türkiye Deprem Yönetmeliği'nin (2007) 7. bölümünde yer almaktadır. Binaların deprem performansı, uygulanan deprem etkisi altında binada oluşması beklenen hasarların durumu ile ilişkilidir ve dört farklı hasar durumu esas alınarak tanımlanmıştır. Bu performans düzeyleri en az hasar durumundan en çok hasar durumuna göre aşağıdaki şekilde sıralanmaktadır;

- Hemen kullanım performans düzeyi
- Can güvenliği performans düzeyi
- Göçme öncesi performans düzeyi
- Göçme durumu

Burada tanımlanan performans seviyeleri yönetmelikte tanımlanan farklı olasılıklarla aşılması beklenen deprem yer hareketleri (50 yıl içerisinde % 2, % 10 ve % 50 olasılıkla) karşısında belirlenmektedir.

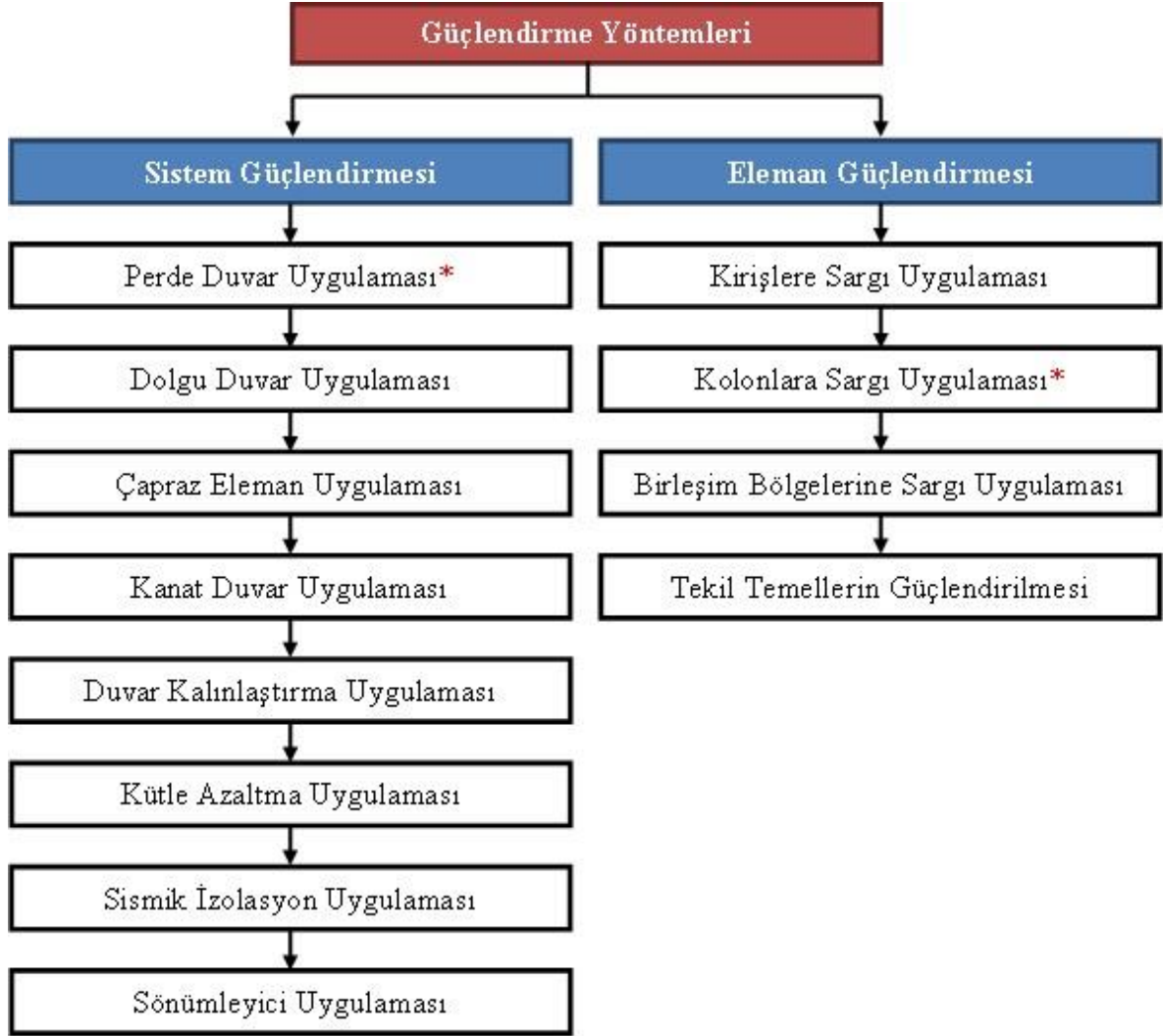
Yukarıda bahsedilen hasarlar meydana geldiğinde bunları gidermek ve binaları yürürlükteki deprem yönetmeliğinin belirlediği performans seviyesine çıkarabilmek için çeşitli güçlendirme yöntemlerinin uygulanması gerekmektedir. Bunun yanında, proje ve yapım hatası nedeniyle güçlendirilmesi gereken binalar da vardır. Bazen mimari nedenler

ve kullanım ihtiyaçları nedeniyle yapılan taşıyıcı sistemdeki değişiklikler, güçlendirme gereğini ortaya çıkarabilir. Yürürlükteki deprem yönetmeliğine uyum sağlanması ve değişen deprem performans beklentileri nedeniyle de binaların güçlendirilmesi gerekebilir. Bunlar dışındaki nedenlerden bazıları ise, binanın konumu, işlevi ve tarihi önemidir (DBYBHY 2007).

1.11. Güçlendirme Yöntemleri

Betonarme binalara uygulanan güçlendirme teknikleri eleman ve sistem bazında güçlendirme olarak ikiye ayrılmaktadır. Binanın kolon, kiriş, perde ve birleşim bölgesi gibi deprem yüklerini karşılayan elemanlarında dayanım ve şekil değiştirme kapasitelerinin arttırılmasına yönelik olarak uygulanan işlemler, eleman güçlendirmesi olarak tanımlanmaktadır (DBYBHY, 2007). Binanın taşıyıcı sisteminin dayanım ve şekil değiştirme kapasitesinin arttırılması, iç kuvvetlerin dağılımında sürekliliğin sağlanması, binaya yeni elemanlar eklenmesi, birleşim bölgelerinin güçlendirilmesi ve deprem etkilerinin azaltılması amacıyla binanın kütesinin azaltılması işlemleri ise sistem güçlendirmesi olarak tanımlanmaktadır (DBYBHY, 2007).

Betonarme binalara uygulanan güçlendirme yöntemlerinin sınıflandırılması Şekil 1.6.'da verilmektedir.



Şekil 1.6. Betonarme binalara uygulanan güçlendirme yöntemlerinin sınıflandırılması

1.12. Kolonların Mantolama ile Güçlendirilmesi

Kolonların güçlendirilmesi için en sık kullanılan yöntemlerden biri betonarme mantolamadır. Kolonun yeni ve daha kaliteli betonarme elemanlarla sarılması olarak tanımlanabilecek mantolama, yapı elemanındaki eksikliklerin türüne göre çeşitli amaçlarla uygulanabilir. Kırılma hasarına maruz kalmış kolonlar kesme ve/veya eksenel yüklerle karşı direnci artırmak için mantolanabilir. Bu durumda, mantolamanın amacı sadece eksenel yükü veya kesme mukavemetini arttırmak olsa da mantolama uygulamasından sonra elemanın bükülme direnci ve moment kapasitesinde bazı değişimler meydana gelecektir. Mantolama tasarımı sırasında bu değişimler göz önüne alınarak, mantolanmış

bölümün yeterli kesme ve aksiyal yük kuvveti elde etmesi sağlanır. Bu tür kırılma hasarları dışında, mantolama, yetersiz bükülme kapasitesi veya sünekliğe sahip elemanlara uygulanır. Bu yolla, bükülme sonucunda bağlantı noktası sorunu sergileyen kolonların mukavemeti de iyileştirilebilir. Kolonların mantolanmasında en iyi sonuç kolonun dört yanına uygulanmasıyla elde edilir. Gerekğinde, 3 yanlı mantolama ile de yeterli performans sağlanabilir. Fakat mantolamanın 1 veya 2 yanda uygulanması genellikle tavsiye edilmez. Çünkü bu gibi mantolama uygulamaları ile elemanın sargı özelliklerinde anlamlı bir değişim elde edilemez (Dritsos, 2015). Kolon mantolanmasına ait örnekler Şekil 1.7.'de gösterilmektedir.

1.13. Betonarme Binaların Yerinde Dökme Betonarme Perdeler ile Güçlendirilmesi

Yeni betonarme perde duvarların eklenmesi, mevcut binaların güçlendirilmesi için kullanılan en yaygın yöntemlerden birisidir. Betonarme perde duvarlar ile yapılan güçlendirme işlemi, binanın yanal yük taşıma kapasitesini ve rijitliğini önemli ölçüde artırır (Altın vd., 1992; Albanesi vd., 2006). Böylece, binanın yanal ötelenmeleri belirli değerler arasında tutularak çerçeve elemanlarında oluşabilecek hasarlar azaltılır. Bunun yanında bu teknik, kat ötelenmelerinin azaltılması, kat mekanizmalarının önlenmesi ve hem düşeyde hem de planda oluşabilecek bir takım düzensizliklerin azaltılması konusunda da avantajlar sunmaktadır (Sengupta vd., 2009).

Perde duvarlar ile yapılan güçlendirme işleminde, binadaki mevcut bölme duvarlar yerine yüksek dayanımlı betonarme perde duvarlar temel seviyesinden başlanarak inşa edilir. Perde duvarlar ile yapılacak güçlendirme uygulamasından en iyi verimi alabilmek için hem tasarım hem de inşa aşamasında dikkat edilmesi gereken bir takım hususlar şunlardır (DBYBHY, 2007);

- Perde duvarların plan ve düşeydeki dağılımına, düzenli bir bina konfigürasyonu elde edebilmek amacıyla dikkat edilmelidir.
- Yatay kuvvetlerin perde duvarlara düzgün bir şekilde iletilebilmesi için döşemler yatayda rijit diyafram özelliklerini tam olarak yansıtmalıdır.
- Perde duvarların çerçeve elemanlara ve temele bağlantısının çok iyi bir şekilde yapılması gerekmektedir. Çünkü bu durum, yüklerin doğru bir şekilde aktarımı için gereklidir.

- Sisteme eklenen betonarme perde, çerçevenin iç bölgesini boşluk kalmayacak biçimde doldurmalı ve mümkün olduğu kadar yapı yüksekliği boyunca aynı kesitle sürdürülmelidir.

Betonarme perde duvar eklenerek yapılan güçlendirme işleminin, yukarıda bahsedilen avantajlarının yanında bir takım dezavantajları da mevcuttur. Bu dezavantajlar şu şekilde sıralanabilir;

- Perde duvar uygulaması ile yapılan güçlendirme işleminde, eklenen duvarların altına yeni temeller inşa edilmelidir. Bunun yanında, mevcut temellerin artan devrilme momentine karşı güçlendirilmesi gerekmektedir. Mevcut bir binanın temel sistemine müdahale etmek oldukça pahalı ve fazla işçilik gerektiren bir uygulamadır. Bu nedenle, yeterli bir temel sistemine sahip olmayan binalar için bu güçlendirme tekniğinin seçilmesi uygun bir çözüm değildir.
- Perde duvar uygulaması ile yapılan güçlendirme işleminin önemli bir dezavantajı, uygulamanın bina içinde yapılıyor olmasıdır. Bu durumda bina kullanıcıları rahatsız olmakta, bina hizmet dışı kalmaktadır.
- Perde duvarlar ağır yapı elemanlarıdır. Bu nedenle, binaya gelen deprem yüklerinin artmasına neden olmaktadır.
- Bir taşıyıcı sistemdeki düşey elemanlar deprem yüklerini rijitlikleri oranında üzerlerine alırlar. Perde duvarların çok rijit elemanlar olması deprem yüklerinin büyük kısmını karşılamaları anlamına gelir. Bu durumda perde duvar civarındaki diğer taşıyıcı elemanlarda bu yüke maruz kalarak hasara uğrayabilirler. Yani, yapının bütünlüğünün emniyetinin sağlanmasında bir takım sıkıntılar ortaya çıkabilir.

Mevcut binaya perdelerin eklenmesi Şekil 1.7'de gösterilmektedir



Şekil 1.7. Kolon mantolanmasına ait örnekler

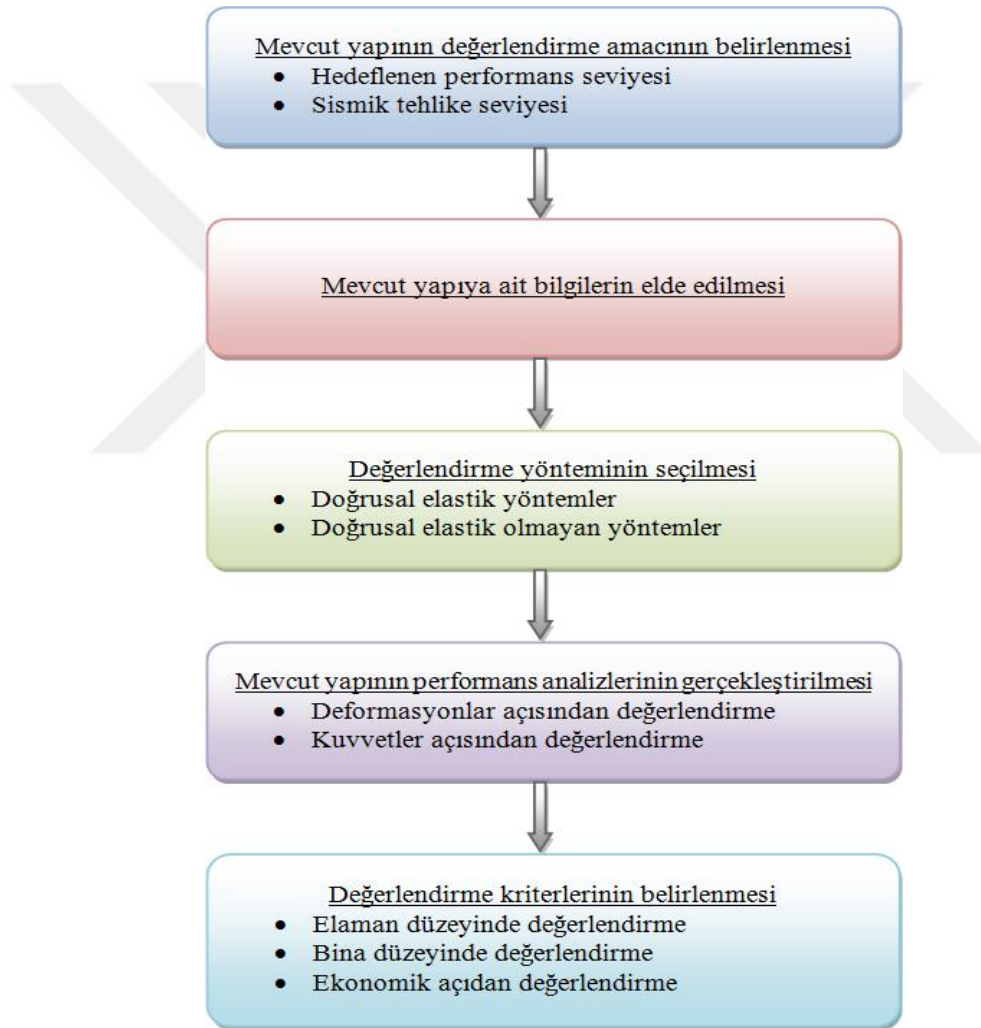


Şekil 1.8. Mevcut binaya eklenen betonarme perdeler

2. MEVCUT BETONARME BİNALARIN DEĞERLENDİRİLMESİ VE GÜÇLENDİRİLMESİ

2.1. Mevcut Bir Binanın Deprem Performansının Belirlenmesi

Mevcut bir binanın günümüz şartlarındaki deprem performansının değerlendirilmesinde izlenmesi gereken temel adımlar aşağıdaki akış diyagramında verilmiştir.



Şekil 2.1. Mevcut bir binanın deprem performansının değerlendirilmesinde izlenen adımlar

2.2. Mevcut Bir Binanın Deprem Performansının Belirlenmesindeki Temel Amaç

Mevcut binanın deprem performansının değerlendirilmesindeki temel amaç; mevcut bir binanın, 2007 DBYBHY’de hedeflenen deprem performans seviyelerine ulaşım ulaşamadığını belirleyerek, çıkan olumsuz sonuca göre en uygun güçlendirme yöntemi ile istenilen performans seviyesine çıkmasını sağlamaktır.

2.3. Mevcut Bir Bina için Hedeflenen Deprem Performans Seviyesi

Belirli bir deprem hareketi altında, bir bina için öngörülen yapısal performans, performans hedefi olarak tanımlanmaktadır. Bir bina için, birden fazla yer hareketi altında farklı performans hedefleri öngörülebilir. Buna çok seviyeli performans hedefi denir.

Mevcut veya güçlendirilecek binaların deprem performanslarının belirlenmesinde esas alınacak deprem düzeyleri ve bu deprem düzeylerinde binalar için öngörülen minimum performans hedefleri Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 2.1. Binalar için hedeflenen minimum performans düzeyleri (DBYBHY-2007)

Binanın Kullanım Amacı ve Türü	Deprem Aşılma Olasılığı		
	50 yılda %50	50 yılda %10	50 yılda %2
Deprem Sonrası Kullanımı Gereken Binalar: Hastaneler, sağlık tesisleri, itfaiye binaları, haberleşme ve enerji tesisleri, ulaşım istasyonları, vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, afet yönetim merkezleri, vb.	-	HK	CG
İnsanların Uzun Süreli ve Yoğun Olarak Bulunduğu Binalar: Okullar, yatakhaneler, yurtlar, pansiyonlar, askeri kışlalar, cezaevleri, müzeler, vb.	-	HK	CG
İnsanların Kısa Süreli ve Yoğun Olarak Bulunduğu Binalar: Sinema, tiyatro, konser salonları, <u>kültür merkezleri</u> , spor tesisleri	HK	CG	-
Tehlikeli Madde İçeren Binalar: Toksik, parlayıcı ve patlayıcı özellikleri olan maddelerin bulunduğu ve depolandığı binalar	-	HK	GÖ
Diğer Binalar: Yukarıdaki tanımlara girmeyen diğer binalar (konutlar, iş yerleri, oteller, turistik tesisler, endüstri yapıları, vb.)	-	CG	-

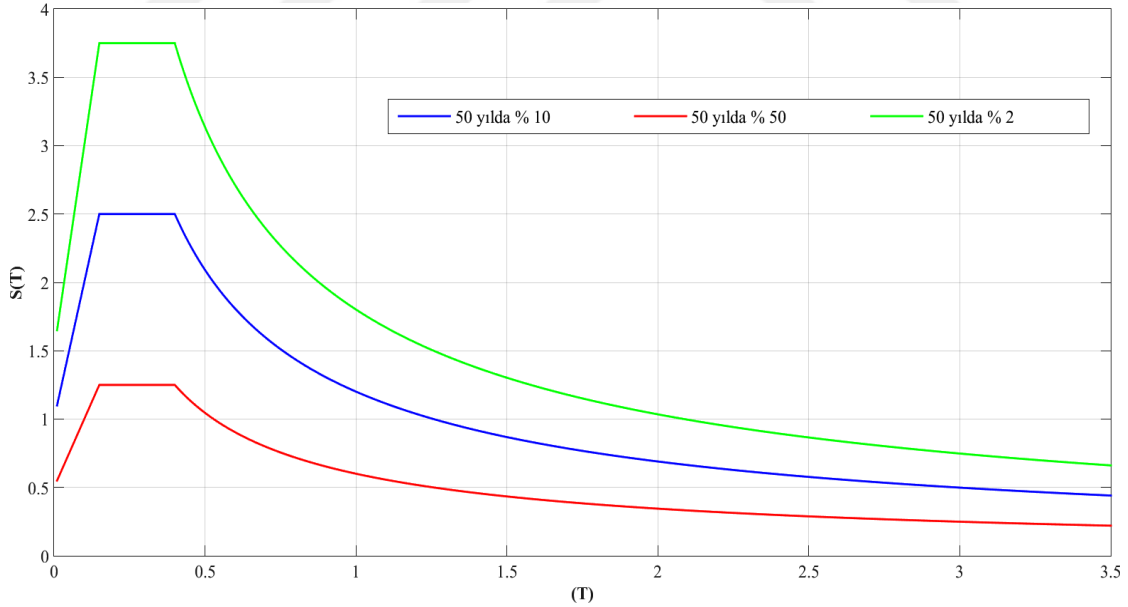
HK: Hemen Kullanım, **CG:** Can Güvenliği, **GÖ:** Göçme Öncesi

2.4. Mevcut Bir Bina için Öngörülen Sismik Tehlike Seviyesi

Performansa dayalı değerlendirmede farklı düzeyde üç deprem hareketi tanımlanmıştır. Bu deprem hareketleri genel olarak, 50 yıllık bir süreç içindeki aşılma olasılıkları ve oluşum zaman aralıkları (dönüş periyodu) ile ifade edilmektedir.

DBYBHY’de yeni yapılacak binalar için tanımlanan ivme spektrumu, 50 yılda aşılma olasılığı % 10, buna karşı gelen dönüş periyodu ise 475 yıl olan depremi esas almaktadır. Bu deprem düzeyine ek olarak, mevcut binaların değerlendirilmesinde ve güçlendirilmesinde kullanılmak üzere iki farklı deprem düzeyi daha tanımlanmıştır.

- 50 yılda aşılma olasılığı % 50, buna karşı gelen dönüş periyodu ise 72 yıl olan depremdir. Bu depremin ivme spektrumunun ordinatları yönetmelikte tanımlanan spektrumun ordinatlarının yaklaşık yarısı olarak dikkate alınmaktadır.
- 50 yılda aşılma olasılığı % 2, buna karşı gelen dönüş periyodu ise 2475 yıl olan depremdir. Bu depremin ivme spektrumunun ordinatları yönetmelikte tanımlanan spektrumun ordinatlarının yaklaşık 1,5 katı olarak dikkate alınmaktadır (DBYBHY , 2007).



Şekil 2.2. Performans analizlerinde dikkate alınan spektrum eğrileri

2.5. Mevcut Bir Binaya Ait Bilgilerin Elde Edilmesi

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

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

Binaların incelenmesinden elde edilecek mevcut durum bilgilerinin kapsamına göre, her bina türü için bilgi düzeyi ve buna bağlı olarak DBYBHY’de belirtilen bilgi düzeyi katsayıları tanımlanmaktadır. Bilgi düzeyleri sırasıyla sınırlı, orta ve kapsamlı olarak sınıflandırılmaktadır. Elde edilen bilgi düzeyleri taşıyıcı eleman kapasitelerinin hesaplanmasında kullanılmaktadır.

Tablo 1.2. Binalar için bilgi düzeyi katsayıları (DBYBHY-2007)

Bilgi Düzeyi	Bilgi Düzeyi Katsayısı
Sınırlı	0,75
Orta	0,90
Kapsamlı	1,00

2.6. Mevcut Binanın Deprem Performansının Belirlenmesinde Kullanılacak Hesap Yöntemi

Deprem hesabının amacı, mevcut veya güçlendirilmiş binaların deprem performansını belirlemektir. Bu amaçla, doğrusal elastik veya doğrusal elastik olmayan hesap yöntemleri kullanılabilir. Ancak, teorik olarak farklı yaklaşımları esas alan bu yöntemlerle yapılacak performans değerlendirmelerinin birebir aynı sonucu vermesi

beklenmemelidir. DBYBHY’de tanımlanan genel ilke ve kurallar her iki türdeki yöntemler içinde geçerlidir.

Deprem performansı hesap yöntemleri;

- Doğrusal Elastik (Lineer) Hesap Yöntemleri
 - Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi
 - Mod Birleştirme Yöntemi
 - Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi
- Doğrusal Elastik Olmayan (Nonlinear) Hesap Yöntemleri
 - Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi
 - Artımsal Mod Birleştirme Yöntemi
 - Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi

2.7. Yapıların Güçlendirilmesine Yönelik Yapılmış Olan Çalışmalar

Higashi ve Kokusho (1975), güçlendirme tekniklerini araştırmışlardır. Araştırılan bu teknikler;

- Kolonların mantolanması,
- Kanat duvarların eklenmesi,
- Dolgu duvarların eklenmesidir.

Dolgu ve kanat duvarlar ilave edilip deneysel bir çalışma gerçekleştirilmiştir. İlk önce yekpare olarak üretilen yapılar çerçeveler denenmiştir. İkinci olarak önceden dökülmüş, perde duvarlar farklı kesme elemanları ile çerçeveye birleştirilmiştir. Deney sonucunda yekpare olarak dökülen elemanlar ile daha sonradan bağlanan perdeli elemanların dayanımlarının birbirlerine oldukça yakın olduğu izlenmiştir. Yekpare duvarda eğilme kırılması, kesme elemanlarıyla betonarme dolgu ilave edilmiş elemanlarda ise duvarlarda ve kolonda ani kesme kırılmasından dolayı göçme gözlemlenmiştir.

Kahn vd., (1979), betonarme perde duvarların halihazırda betonarme çerçeveye olan etkisinin araştırıldığı üç farklı güçlendirme yöntemini içine alan deneysel araştırmanın neticelerini ortaya koymuşlar.

Hayashi vd., (1980), boş çerçevelerin yerinde üretim betonarme dolgular ile güçlendirilmesi ve kolonların mantolanması konularını incelemiştir. Bilhassa, güçlendirilen çerçevelerde rijitlik, sünkelik ve dayanımın aynı anda yükseltilmesi için

kullanılan karma güçlendirme tekniklerini araştırmışlardır. Yapılmış olan deneylerin sonuçlarına göre;

- a) Dolgu duvarlar dayanım ve rijitliği yükseltirken, kolon mantolaması süneklik kapasitesini yükseltmektedir.
- b) Boş çerçevelere göre dolgulu çerçevelerin daha fazla dayanım ve rijitliğe sahip olduğu gözlemlenmiştir.
- c) Büyük yer değiştirmelerde beton çelik parçalardan ayrılmıştır.
- d) Yük taşıma kapasiteleri, perdeyle yekpare çerçevenin kapasitesinin 0.55-0.72 katı arasında bulunmuştur.
- e) Betonarme dolguların yapıların yanal dayanımını yükseltmesini, mantolamanın ise kolonların kesme dayanımını ve sünekliğini yükseltmesini sağlamıştır.

Bush vd., (1991), kolonlarında kesme kırılması beklenen süneklik düzeyi düşük deney çerçevesini iki türlü güçlendirme metodları ile güçlendirmiştir. Deneyde kullanılan çerçevenin kolonları oldukça narin ve kiriş yükseklikleri de fazladır. İlk güçlendirme metodunda tüm yükseklik boyunca kısmi perdeler kolonlara her iki taraftan bağlanarak yapı güçlendirilmiştir. Bu biçimde güçlendirilen yapıda göçme modu kolon hasarından kiriş hasarına geçmiştir. Kısmi perdelerle güçlendirilen kolon bir döküm gibi çalışmıştır. Çerçevenin rijitlik ve dayanımında da büyük artış meydana gelmiştir. İkinci adımda çerçeveye dışarıdan ilave edilen X çaprazlarla güçlendirilmiş çerçeveyi denemişlerdir. Bu sistemde yatay yük kapasitesinin çapraz elemanların burkulma ve akması ile belirlendiği tanımlanmıştır. Bu sistemde ayrıca çerçevenin rijitliği ve dayanımı büyük miktarda artmıştır. Her iki sistemin de başarısının ankrajlara bağlı olduğu, X çaprazların ise bağlantı aparatlarının yerleşimi ve şantiyede kaynak gerektirmesi nedeniyle daha zor olduğu, kısmi perde ilavesinin daha kolay fakat çok işçilik gerektirdiği anlaşılmıştır.

Phan vd., (1995), deprem yüküne karşı yetersiz betonarme çerçevelerin güçlendirilmesini deneysel olarak araştırmasını yapmışlardır. Güçlendirme tekniği olarak iç perde duvarı tercih edilmiştir. Perde duvarı yerinde dökme ya da precast olarak üretilen iki seçenekli üretilmiştir. Diğer değişkenler ise, ankraj donatısı alanı, ankraj donatısı ve duvar kalınlığı çeşididir. Deneyler gerek yarı statik gerekse ani dinamik olarak icra edilmiştir. Çözümler IDARC programı ile eşleştirilmiştir. Yapılan çalışmalar neticesinde;

- a) Perde duvar kalınlıkları birleştiği kolon ya da üst kiriş kalınlığının 2/ 5'inden daha az olmamalıdır.

b) Perde duvarını çerçeveye bağlayan ankraj donatısı alanlarının toplamının perde duvarın kolon/kirisle birleştiği yüzey alanına oranı%0.8'den az olmamalıdır.

c) Perde duvarda olan yatay ve düşey donatı oranı %0.75'den daha az olmamalıdır.

Ignatiev (1998), güçlendirme yöntemleri ve güçlendirme uygulaması sırasında meydana gelen problemlerin özetini çıkarmıştır. Ignatiev'e göre Güçlendirme yöntemleri;

a) Mevcut elemanların dışına öncekmeli elemanlar sarma,

b) Çelik profillerle mantolama,

c) Betonarme mantolaması,

d) Çelik plaka yapıştırılması, yerinde dökme veya püskürtmeli betonla, prefabrike betonarme panellerle güçlendirme,

e) Donatısız veya donatılı tuğla dolgularla ve donatılı veya donatısız bloklarla boşlukları doldurma tekniği,

f) Yeni temel eklenmesi,

g) Çelik çerçeveler ve kafes kirişlerin ilave edilmesi,

h) Betonarme perde duvar ilavesi, istinat duvarı ilavesi,

i) Çelik kuşaklama,

j) Temel izolasyonu ile sonumleme elemanları ilavesi, şeklinde tanımlanmıştır.

Mollick (1995), Otani vd., (2000), ve Kuramoto (2006), Japon Deprem Yönetmeliğini ele almışlardır ve bina toplam yüksekliği 20m' den az olan betonarme binaların perde ve kolon elemanlarının sağlaması gereken şartları değerlendirmişler. Kat sayısı sekizi aşmayan konut binalar hakkında aynı araştırmalar Ersoy (2006) tarafından da yapılmıştır.

Hassan ve Sözen (1997), Erzincan depreminde ortaya çıkan hasarları araştırarak depremde daha fazla hasar görme tehlikesi olan birdöküm betonarme binaların belirlenmesi için bir metod tavsiye etmişlerdir. Bu metodun öncelikli hedefi binada bulunan perdelerin kesit alanlarının kat alanına oranı ve kolonların kesit alanları toplamının kat alanına oranı ile belirlenen hasar arasındaki münasebeti belirlemektir. Böylece halihazırda binaların deprem performanslarının tahmin edilebileceğini belirtmişlerdir.

Youssef (1999), sismik açıdan elle tutulabilen zayıflıkları olan betonarme binaların güçlendirilmesinde en etkili bir yöntem olan perde duvar ilave edilmesi işlenmesinin incelemesini yapmıştır. Var olan ve betonarme perde ile güçlendirilmiş yapıların deprem davranışının analitik yönden tespiti amacıyla analitik bir yöntem geliştirilmiştir. Geliştirilen

bu metotta mevcut binanın detay ve malzeme eksikliklerinin tanıtılabileceği önemli parametre ve değişkenleri vardır. Çalışmada kullanılan metod, önceden yapılmış üç katlı betonarme çerçeve deneyleleri ile de kıyaslanmış ve başarılı sonuçlar elde edilmiştir.

Fukuyama ve Sugano (2000), 1995 yılında gerçekleşen Hyogoken-Nambu depreminden sonra Japonya'da bulunan betonarme binaların sismik iyileştirme yöntemiyle ilgili genel bilgi sunmaktadırlar. Çalışmanın büyük kısmını oluşturan güçlendirme ve iyileştirme metodlarını, geleneksel ve modern teknoloji olarak iki tipte ele almışlardır. Güçlendirilmiş binaların davranışları hakkında da eleştiri yaparak, yöntemlerin avantaj ve dezavantajlarından bahsetmişlerdir.

Özbalaban (2002), betonarme yapıların 1998 Türk Deprem Yönetmeliği açısından güvenliğinin ve perde eklenmesi ile güçlendirilmesinin etkinliğini ele almıştır. Literatürdeki diğer araştırmalardan farklı olarak, var olan yapıların incelenmesinde deprem yükü azaltma katsayısının önemini belirtmişlerdir. Araştırmada örnek olarak 1975 deprem yönetmeliği esas alınarak inşa edilmiş, altı katlı betonarme bir yapının 1998 deprem yönetmeliği yükleri altında çözümünü yapılarak depreme karşı güvenliği değerlendirilmiştir. Analiz neticesinde, görelî kat ötelemelerinde 2. ve 3. katlarda deprem yönetmeliğinin belirttiği limit değerlere hem çok yaklaşılmış hem de etkilerin yüksek olduğu ilk katlarda birçok kolonda moment taşıma kapasitesi üstüne geçilmiştir. Güçlendirme işlemleri ile binaya ilave edilen 4 adet betonarme perde ile yapıda;

- a) Çerçeve elemanlarındaki kesit tesirleri azalmış,
- b) Yükün taşınmasında çerçevelerin etkinliği azalmış,
- c) Güçlendirilmiş yapıda, özellikle perde ucuna yakın bölgede kiriş kesitinin mafsallaşacağı görülmüştür.
- d) Perde eğilme momenti kapasitesinin tasarım momentine yakın olduğu göz önünde bulundurulduğunda, sistemin kapasitesinin ulaşılması istenenden biraz daha küçük olduğu ve bunu önlemek için daha fazla perdeye ihtiyaç duyulduğu,
- e) Sisteme eklenen perdelerin alt katlarda büyük kuvvetler alması, bu elemanların donatılıp detaylandırılmasında ve bunların temel boyutlandırılmasında zorluklar ortaya çıkaracağı,
- f) Perdeleri olabildiğince bina içine koymak, kolon aksenal yüklerinden faydalanılmasına neden olsa da, perde temelinin sınırlı rijitliğinin perdenin tabanında meydana gelecek dönmenin önüne geçemeyeceği,

g) Binaya ilişkili olarak çok rijit az sayıda perde eklemek yerine, daha çok sayıda narin perdelerin ilave edilmesi tercih edildiğinde, hem etkilerin zemine aktarılmasının kolaylaşacağı ayrıca daha homojen bir kuvvet bölüşümünün ortaya çıkacağı gözlemlenmiştir.

Canbay vd., (2003), 1/3 ölçekli, iki katlı üç açıklı çerçeve üzerinde deneysel araştırmalar yapmışlardır. Evvela çerçeve çıplak olarak test edilerek, davranış incelenmiştir. Daha sonra %1.6 görelî ötelenme düzeyine kadar itilen referans çerçeve hasarlı halde iken orta açıklığına betonarme dolgu perde uygulanarak güçlendirilmiştir. Hasarlı çerçevede hasar alan yerlerde herhangi bir güçlendirme yapılmamıştır. Araştırma neticesinde maksimum yatay yük taşıma kapasitesinin yaklaşık olarak 4 katına, çerçeve rijitliğinin güçlendirme sonrasında 15 katına çıktığı görülmüştür.

Beyli (2003), taşıyıcı sistemi 1975 deprem yönetmeliğine göre boyutlandırılmış yüksek katlı betonarme binanın 1998 deprem yönetmeliğine göre deprem güvenliğinin araştırılması ve perde eklenmesi ile güçlendirilmesi konusunda genel bilgiler sunmuştur. Taşıyıcı sistemi 1975 deprem yönetmeliğine göre inşa edilmiş 10 katlı betonarme binanın 1998 deprem yönetmeliğine göre analizini yapmış ve deprem güvenliğini incelemiştir. Deprem yönetmeliğine göre taşıyıcı sistemi yeterli dayanıma sahip olmayan bina, çerçeve boşluklarına betonarme perde eklenmesi ile güçlendirme yöntemine gidilmiştir. Buna ek olarak, eklenen perde yüksekliğine bağlı olarak periyotların, perde üzerindeki kolonların kesit tesirlerinin ve perde yüzeyinde oluşan kuvvetlerin tebdillerini ortaya koymuştur.

Sucuoğlu vd., (2004), Dinar ve Ceyhan depremlerinden orta seviyede hasarla çıkan orta yükseklikteki binaların taşıyıcı sistemine perde duvarları eklenerek, ekonomik araçlar kullanarak binaların deprem performansının iyileştirmesini kapsayan incelemeler yapmışlardır. Orta seviyede hasarlı binaların tahmini performansının tespit edilmesinde, doğrusal elastik olmayan statik metodlarının, doğrusal elastik olmayan dinamik metodları ile aynı seviyede başarılı olduğu sonucunu elde etmişlerdir. Deprem performansı zayıf olan ve deprem bölgelerinde olan orta yükseklikteki betonarme binalar için ekonomik iyileştirme yöntemlerini tatbik edilebilir bir çözüm olarak bulmuşlardır.

Bechtoula vd., (2004), 11 katlı bir binayı tasvir eden iki katlı tek açıklıklı iki tane betonarme çerçeve hakkında deneysel ve analitik çalışmada değişken olarak normal kuvveti göz önüne almışlardır. Çalışmada normal kuvvetin çerçeve davranışında az bir değişikliğe neden olduğu görülmüştür. Yüksek normal kuvvet düzeyinde kolon donatılarında burkulma meydana gelmiştir.

Faella vd., (2004), İtalya’da deprem etkisi göz önüne alınmadan dizayn ve inşa edilen binalar üzerinde araştırma yapmışlardır. Söz konusu binaların özellikleri;

- Beton dayanımı düşüktür.
- Kiriş alt donatıları, yeterli ankraj boyuna sahip değildir,
- Dügümlerde enine donatı yoktur,
- Etriyelerdeki kancalar 90o dir,
- Kolon ve kirişlerin uç bölgelerinde yetersiz sargı donatısı bulunmaktadır.

Bu niteliklere sahip binalara farklı modellerde güçlendirme yöntemleri tatbik edilmiştir. Bunlar çelik çapraz ile, kolon ve kirişlerin mantolanmasıdır. Yapılan analitik çalışma ile davranış değişimi araştırılmıştır. Çelik çapraz ile güçlendirilen çerçevelere göre kiriş ve kolonları mantolanmış olan çerçeveler, eleman temeline göre daha iyi bir davranış sergilemiştir.

Kaltakçı ve Yavuz (2006), deprem davranışı yetersiz ve zayıf sismik donatı detaylarına sahip üç adet iki katlı ve iki açıklıklı, 1/3 ölçekli betonarme çerçeveye orta kolonun iki tarafına yapılan kısmi betonarme perde duvarlarla güçlendirme uygulamış ve tersinir yükler altında testini yapmışlardır. Numunelerden birisi referans numunedir, diğer iki numuneye ise 60 ve 90 cm uzunluğunda kısmi perdeler tatbik edilmiştir. Deney dizisi neticesinde yatay yük kapasitesi 60 cm perde tatbik edilen numunede %178, 90 cm perde tatbik edilen numunede ise %316 artış gözlemlenmiştir. Güçlendirilen numunelerin deplasman kapasitelerinin referans numunenin yarısına düştüğü görülmüştür.

Albanesi vd., (2006), güçlendirme amacıyla tek katlı tek açıklıklı üç boyutlu tam ölçekli betonarme çerçevesiz modellerde boşluksuz ve boşluklu dolgu duvarlarla sarsma tablasın üzerinde testlerini icra etmişlerdir. Deneyler neticesinde boşluksuz dolgulu çerçevelerin davranışının diğerlerine nispeten oldukça başarılı olduğu izlenmiştir.

Onur (2006), var olan bir yapının yetersizliklerini araştırmıştır. Söz konusu yetersizlikleri farklı tekniklerle ortadan kaldırmak için yedi adet iyileştirme modeli tavsiye etmiştir. Mevcut yapının ve bütün modellerin çeşitli yük kombinasyonlarına göre çözümlenmeleri analitik olarak yapılmış ve degerlendirmeler “Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik” ve “Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları” çerçevesinde icra edilmiştir.

Sevengil (2006), mevcut bir betonarme yapının 1997 yılı Deprem Yönetmeliği'ne göre kontrolünü ve hastane olarak güçlendirilmesini ele almıştır. Mevcut binanın her katında meydana gelen deplasman değerlerinden minimum ve maksimum görelî kat

ötelemelerinin hesabı yapılmış ve 1997 Deprem Yönetmeliği'ne göre Plan ve Düşey Yönünde Düzensizlik Durumları başlıkları altında kontrolleri yapılmıştır. Görelî kat ötelemelerinin kontrolünde ise yapının rijitliğinin artırılması gerektiği tespit edilmiştir. Daha sonra mevcut yapıya her iki yönden de yapının mevcut mimarisini değiştirmemesine dikkat ederek rijitliği arttırıcı perdeler ilave edilmiş, güçlendirilmiş yapının her katı yeniden hesaplanmış ve dinamik tahlil yapılmıştır. Güçlendirilen yapının görelî kat ötelemeleri ve düzensizlik durumlarının kontrolleri yapılmıştır. Sonuç itibarıyla, mevcut yapının rijitliğini arttıran perdeler ve radye temel plaklarıyla yapılan güçlendirme neticesinde yapıdaki görelî kat ötelemeleri sınır değerlerin altında kalmış, yapı güvenli bir hale gelmiştir.

Düzce (2006), Türk Deprem Yönetmeliği'nin doğrusal ve doğrusal olmayan analiz metotları orta yükseklikteki betonarme binalara tatbik edilmiştir. Analizler için dört katlı bir konut binası 1975 ve 1998 Türk Deprem Yönetmeliklerine göre dizayn edilmiş ve analiz teknikleri bu binalar üzerinde karşılaştırılmıştır.

Gürol (2007), var olan yapıların deprem etkilerine karşı güçlendirilmesinde kullanılan teknikleri araştırmıştır. Her güçlendirme tekniğinin yapı davranışına etkisi türlü deneysel çalışmalar yardımıyla ele alınmış ve metodlara ait uygulama detaylarına yer verilmiştir.

Döndüren ve Karaduman (2007), farklı geometriye sahip perdeli-çerçevesel bina tiplerinde doğrusal elastik olmayan metodları kullanarak bina performanslarını ele almışlardır. Buna ilaveten taban kesme kuvveti, periyod, yerdeğiştirme ve katlardaki burulma düzensizliği ve sonuçları incelemişlerdir.

Yılmaz (2007), Türkiye yapı stokunun büyük kısmını oluşturan betonarme binaların yapı dışarısından betonarme perdelerle güçlendirilmesini temin edecek bir metod geliştirilmiştir. Çalışmada üç boyutlu üç adet yapı numunesi tersinir tekrarlı ağırlıklar altında denenmiştir. Yapıya sonradan eklenen dış perde ile dış perdenin bağlandığı mevcut yapı elemanlarının tek elemanmış gibi çalışabildiği deneysel olarak gösterilmiştir. Ayrıca, deney modellerinin analitik modelleri yapılarak doğrusal olmayan analizleri icra edilmiş ve deneysel sonuçlarla kıyaslanmıştır. Doğrusal olmayan modellere donatı sınırlaması, perde kayma davranışı da aksettirilmiştir. Doğrusal olmayan yapı modellerinin gerçeğe uygun neticeler verdiği belirlenmiştir.

Anıl ve Altın (2007), icra ettikleri deneysel çalışmalar sonucunda betonarme çerçevelerin kısmi betonarme perdelerle güçlendirilmesi hususunda biri dolgunsuz çerçeve, ikisi tam dolgulu çerçeve, beşi kısmi dolgulu çerçeve ve biri de pencere boşluklu dolgulu çerçeve olmak üzere dokuz tane örnek üzerinde deneyler icra etmişlerdir. Tek açıklıklı tek katlı olarak üretilen numunelerin üzerinde tersinir-tekrarlı yükler altında deneysel çalışmalar yapılmıştır. İcra edilen deneyler neticesinde, kısmi perde duvarlı çerçevelerin de rijitliği büyük ölçüde artırdıkları izlenmiştir. Üretilen örnekler için en küçük rijitlik artışı % 373'dür. Kısmi dolgulu çerçevelere göre tam dolgulu çerçevelerde rijitlik artışı 1.5 ila 2.6 kat daha fazladır. Pencere boşluklu örnekte ise kısa kolon davranışı meydana gelmiştir. Boşluksuz dolgulu sistemin dayanımı, pencere boşluklu sisteme göre %28 daha fazladır. Kısmi perdeli sistemlerde genelde gevrek hasarlar olduğu halde, kısmi perdenin gerek kolon gerekse kirişe bağlanması durumunda dayanım ve rijitlikte olumlu değişimler belirlenmiştir.

Karahan vd., (2008), 1999 yılı Marmara depreminde hasar gören betonarme bir yapı için hasar niteliklerini tespit etmişler, yapı için halihazırda beton dayanımı ve donatı durumları ile zemin özellikleri incelenerek güçlendirme projesi hazırlamışlardır. Güçlendirme projesinin tatbik edilmesinde meydana gelen problemler incelenmiş ve güçlendirme çalışmasında, yapı için yatay kuvvetlerin neden olduğu yerdeğiştirmeler " betonarme perde + kolon mantolama " ile yapı rijitliği artırılarak kısıtlandırılmıştır.

Kanıt ve Altın (2008), Konya'da birinci derece deprem bölgesinde olan ve deprem güvenliği pasif kalan bir binayı, betonarme perde duvar ilave edilmesi ve kolon mantolama metoduyla güçlendirmişlerdir. Binanın statik analizleri için gerekli tez hazırlanmış, analizler icra edilmiş, ilave edilecek betonarme perde duvarlar ile mantolanacak kolonlar belirlenmiştir.

Kaliyaperumal ve Sengupta (2009), güçlendirilmesi bir binanın kolonlarını betonarme mantolama ile güçlendirip, mantolamanın sütunların eğilme mukavemeti ve performansı üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. İlk olarak, eski ve yeni beton arasındaki yüzeyi incelemek için eğimli kesme testleri yapılmıştır. İkinci olarak, sütun örneklerinin dayanımı test edilmiştir. Üçüncü olarak, süneklik (veya enerji absorpsiyonu) ve enerji dağılımı incelenmek üzere kiriş-kolon-bağlantı alt montaj örnekleri test edilmiştir. Deneysel sonuçları öngörmek amacıyla analitik araştırmalar yapılmıştır. Güçlendirilmiş sütunlarda aksenal yüke karşı moment etkileşim eğrilerinin ve momente karşı eğilme eğrilerinin tahmini için katmanlı bir yaklaşım ve basitleştirilmiş bir analiz yöntemi

kullanılmıştır. Bir yenilenmiş alt montaj örneği için yanal yüke karşı yer değiştirme davranışını öngörmek için artan doğrusal olmayan bir analiz uygulanmıştır. Beton mantolama ile kolonların yenilenmesi için esaslar belirlenmiştir.

Aktan ve Kıraç (2010), tercih edilen model binalar için çeşitli perde duvar yerleşiminin, perdelerin kesme gücü, yapının görelî kat ötelenmesi, yerdeğiştirmeleri ve burulma katsayıları üzerinde olan etkinliğini araştırmışlardır.

Arslan vd., (2010), betonarme binaların perde duvarlarla dışarıdan güçlendirmesini incelemişlerdir. Yapılmış olan deneyler sonucunda güçlendirilmiş olan yapıların azami yatay yük kapasitesi, rijitliği ve enerji harcama davranışlarının sadece çerçeveden oluşan binalara nispeten daha iyi olduğu izlenmiştir.

Kaltakçı vd., (2010), deprem performansı zayıf olan betonarme binalarda deprem perdeleri ile güçlendirme tekniğinin önemine dikkate ederek, mevcut sistemdeki perde duvarlarının konumunun etkisini araştırmışlardır. Araştırmada, deprem dayanıklılığı yetersiz bulunan farklı yükseklikte olan betonarme çerçevesel binaların içeriden ve dışarıdan konumlanan betonarme perdeler ile desteklenmesini incelemişlerdir ve üzerinde deney yapılan binaların, süneklik, dayanıklılık ve rijitliğini incelemelerden bulunan sayısal verilerle karşılaştırmışlardır.

Öztürk (2010), çerçeve düzleminde olacak biçimde bina dışında inşa edilen betonarme perdelerin, önceden var olan betonarme çerçevelere farklı biçimlerdeki bağ kirişleri ile bağlanması neticesinde yapılan güçlendirilmiş taşıyıcı sistemlerin dayanım ve davranışları deneysel ve analitik olarak incelemiştir. Deneysel sonuçlar analitik çalışmalar ile kıyaslanmıştır.

Kaplan vd., (2011), betonarme binaların güçlendirmesine yönelik deneysel olarak tekrarlı-tersinir yükler altında araştırmasını gerçekleştirmişlerdir. Bu yöntem kullanılarak binadakiler rahatsız olmadan bina güçlendirilebilir. Bu yöntemde, perde duvarlar binanın dış cephesine paralel olarak oturtulmuştur.

Karageyik ve Sucuoğlu (2011), orta yükseklikteki sünek olmayan betonarme çerçevesel yapıları güçlendirmek amacıyla şekil değiştirme odaklı bir tekniği kullanmışlardır. Tavsiye edilen şekil değiştirme temelli güçlendirme tekniği, diğer binalara kıyasla daha yüksek deprem performansı içeren okul binalarına entegre edilmiştir.

Yön ve Sayın (2011), birinci derece deprem bölgesinde dizayn edilmiş farklı yükseklikte olan üç tane betonarme yapının üzerinde araştırmasını gerçekleştirmişlerdir. Söz konusu binaların Türk Deprem Yönetmeliğine göre gerek betonarme perdelerle

gerekse de çelik çaprazlarla güçlendirilerek doğrusal analizleri irdelenmiştir. Araştırmalar sonucunda görelî kat ötelemeleri hesaplanarak bir analiz yapılmış ve çelik çaprazlar ve perde duvarlar arasında en uygun olan güçlendirme tekniği ortaya koyulmuştur.

Reza ve Saeed (2011), araştırmalarında betonarme yapıların beton mantolamayla güçlendirilmesi yöntemlerini geliştirmeye yönelik uygun çözümler bulmaya çalışmışlardır. Deneysel çalışma 12 örnek ile yapılmıştır ve sonuçlar, beton mantoların beton çerçevelerde kullanılan diğer yöntemlerden uygun ve daha ucuza üretilebileceğini göstermiştir. Buna ek olarak, sonuçlar, kiriş kolonunun tamamen bağlanması için sütunlardaki uzunlamasına desteğin zeminden geçmesi ve bunların da beton mantolanması gerektiğini göstermektedir.

Rodrigues vd., (2011), analitik olarak, Nepal'deki mevcut betonarme binaların sismik performansının yükseltilmesinde farklı güçlendirme çözümlerinin etkinliğini araştırmışlardır. Bunun için, farklı yapısal konfigürasyonlara ve detaylara sahip dört bina modeli değerlendirilmiştir. Çalışılan üç olası rehabilitasyon çözümü incelenmiştir: Çalışılan tüm binalarda (a) betonarme perde duvar, (b) çelik destek ve (c) betonarme mantolama incelenmiştir. Sayısal bir analiz yapılmıştır. İncelenen binaların sismik performans artışı, betonarme elemanlarının talep kapasite oranı, kapasite eğrisi, katlar arası sürüklenme, enerji kaybı kapasitesi ve moment eğrisi talebi açısından değerlendirilmiştir. Nihayet, sismik güvenlik değerlendirmesi, standart sürüklenme sınırları bazında gerçekleştirilmiştir; bu da, iyileştirme çözümlerinin Nepal'deki mevcut binaların sismik performansını önemli ölçüde geliştirdiğini göstermiştir.

Kürklü vd., (2012), 1991 senesinde yapılan bir yapının tekrardan istifadesi için yapılacak düzenlemelerden önce mevcut olan durumunun deprem performansının değerlendirilmesinde kullanılan işlem adımlarını ve güçlendirme için geliştirilen uygulama detaylarını tespit etmişlerdir. Çalışmanın amacı deprem güvenliğini incelemek ve var olan binaları Türk Deprem Yönetmeliği-2007 temellerine göre doğru şekilde değerlendirmek ve perde duvarları ile güçlendirme ayrıntılarını uygun şekilde yapılması olmuştur.

Alinoori (2013), İran'da 1970 senesinde yüksek deprem tehlikesine sahip fay hattı üzerinde yapılan bir okul binasının iyileştirme ve güçlendirilmesini değerlendirmiştir. Değerlendirmeler gerçekleştirilerek yapının güçlendirilmesi gerektiği belirlenmiştir. Doğrusal olmayan analizi gerçekleştirdikten ve hedeflenen deplasmanı tespit ettikten sonra, plastik mafsalları araştırarak, güçlendirmeye ve güçlendirme metoduna karar verilmiştir. Sayısal veriler var olan taşıyıcı sistemin zayıf olduğunu tespit etmekte ve güçlendirilmesi gerektiğini kanıtlamıştır. Çeşitli güçlendirme metotları mevcut olup, üç

farklı güçlendirme tekniği ile bina taşıyıcı sisteminin güçlendirilmesi için karar verilmiştir. Var olan çerçevelere perde duvarlar ilave etmek, çelik profil diyagonaller eklemek ve kolonları mantolayarak yapının güçlendirilmesi ve iyileştirilmesi öncesi ve sonrasındaki davranış farklılıkları analiz edilmiştir.

E. Dritsos vd., (2013), dayanımı yetersiz olan bir binanın kolonları üzerinde betonarme mantolamanın etkililiğini deneysel olarak incelemiştir. Beton mantolamanın üç olası yöntemi araştırılmış ve sonuçlar orijinal güçlendirilmemiş bir örnekten ve monolitik bir örnekten alınan sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Güçlendirilmiş numunelerin mantolarının üretiminde dökme beton veya püskürtme beton kullanılmış ve gerçekte de olduğu gibi ilgili zorluklar hesaba katıldığında prosedürlerin uygulanmasının değip değmeyeceğini değerlendirmek amacıyla çeşitli inşaat prosedürleri uygulanmıştır. Test amacıyla, yer değiştirme kontrollü ve tekrarlı deprem simülasyon yüklemesi kullanılmıştır. Doğru koşullarda beton mantolamanın etkinliği kanıtlanmıştır, çünkü sonuçlar özel koşullar altında neredeyse monolitik bir davranış elde edilebileceğini göstermiştir. Manto ara yüzde herhangi bir iyileştirme yapılmadan dahi üretildiğinde bile önemli bir dayanıklılık ve sertlik artışı gözlemlenmiştir. Ayrıca, manto etriye uçlarının birbirine kaynaklanmasının mantonun uzunlamasına çubuklarının burkulmasını engellediği bulunmuştur.

Günel (2013), betonarme perde duvar alanının kat alanına oranı değişiminin var olan orta yükseklikteki binaların deprem yükleri altındaki davranışına etkisini araştırmıştır. Doğrusal olmayan zaman tanım alanı tekniği ile araştırma yapılarak kat ötelemeleri ve yapısal davranışa olan katkısı değerlendirilmiştir.

Avşar vd., (2013), 1999 senesi Kocaeli depreminde ağır hasar almış veya yıkılmış iki adet betonarme binayı ele alarak, bu binaların depremde iyi performans sergileyebilmesi için ihtiyaç duyulan perde duvar miktarı incelenmiştir.

Uçar vd., (2014), var olan bir binaya farklı yerleşim düzenine sahip güçlendirme perdeleri eklenerek bu eklenmiş perdelerin bina davranışa olan etkileri incelenmiştir.

Toumatari (2014), betonarme çerçeve sistemli var olan yapıya güçlendirme maksadıyla iki türlü şekilde düzenlenmiş güçlendirme perdeleri eklemiştir. İki türlü perde düzeni ile güçlendirilen binanın Tasarım Depremi etkisi altında performans incelemesi gerçekleştirilmiş ve hedeflenen can güvenliği performans düzeyinin temin edilip edilmediği kontrol edilmiştir.

Khmil (2015), güçlendirmeye maruz kalan betonarme bir bina üzerinde betonarme sütun örnekler kullanarak deneysel çalışmalar yapmıştır. Betonarme eleman kesitindeki artışın en yaygın güçlendirme şekli olduğu göz önüne alındığında, betonarme mantolama çalışmada tercih edilen güçlendirme yöntemi olarak seçilmiştir. Betonarme sütun örnekleri, farklı düzeylerde ön yüklemenin ardından güçlendirilmiş ve başarısızlık noktasına değin test edilmiştir. Tüm örneklerin geometrik ve mekanik özellikleri özdeşti ve eksantrik yüklemeye tabi tutulan sabitlenmiş sütunlar şeklinde test edilmiştir. Güçlendirmeden önce uygulanan farklı yük değerleri, tek değişken parametreyi oluşturmuştur. Testler sırasında, betonarme ve desteklerin doğrusal deformasyonlarını ölçmek için ibrelili göstergeler kullanılmıştır. Ölçümler mantolama ve güçlendirilmiş sütunlar üzerinde yapılmıştır. Betonarme mantolamanın % 290'a kadar dayanım artışı elde edilmesini sağlayan çok etkili bir güçlendirme yöntemi olduğu sonucuna varılmıştır. Güçlendirilmiş sütunların, monolitik yapılar olarak çalıştığı görülmüştür. Yeni beton ile sütun arasındaki bağın arttırılması için hiçbir ara yüz hazırlık yöntemi kullanılmamış olmasına karşın, yer değiştirmeler, çatlaklar ya da kolonlarla mantolama arasında birleşim kaybı gözlenmemiştir.

Nazar vd., (2015), farklı yöntemler kullanarak betonarme binanın sismik performansını incelemiştir. Dokuz katlı binada bir deprem yükü hesaplanmış ve uygulanmıştır. Araştırılan bu yöntemlerin etkinliği arasında bir karşılaştırma yapıp binanın performansı kat kaymaları, yanal yer değiştirmeler, bükülme momentleri ve taban kesmesi açısından değerlendirilmiştir.

Varumc vd., (2015), Portekiz'deki mevcut bir betonarme binanın sismik performansını iyileştirmek için farklı güçlendirme çözümlerinin etkinliğini sayısal ve analitik yöntemler kullanarak araştırmıştır. Bu amaçla, üç güçlendirme mekanizması çalışılmıştır: (a) betonarme sütun mantolama, (b) betonarme deprem duvarlarının eklenmesi ve (c) çelik desteklerin eklenmesi. Sayısal ve analitik analizler yapılmış ve sonuçlar tartışılmıştır.

Sakcalı (2016), yapı performansının perde duvar miktarına göre değişimini ele almıştır. Perdeli ve perdesiz betonarme yapıların performans analizinde doğrusal olmayan teknik kullanılmıştır.

Shirwa (2016), perde duvarların betonarme yapı performansı üzerindeki etkilerini ele almıştır. Çeşitli yerleşim planına sahip konut türü betonarme yapıların deprem performansları doğrusal elastik olmayan çözüm tekniği kullanılarak ele alınmıştır. Can

güvenliği amaç performans dercesine ulaşan yapı plan ve perde kesit boyutları belirlenmeye yönelik çalışılmıştır.

Rasool ve Kashif (2017), betonarme bir binanın kolonlarını mantolama ile güçlendirip kolonların dayanım ve süneklik davranışlarını incelemiştir. Buna dayanarak, aşağıdaki sonuçlar ve tavsiyeler ortaya çıkmıştır:

- Betonarme mantolama sütunun dayanımı ve rijitliğinde eşit olarak dağılan bir artışa neden olmuştur.
- Durumu kötüleşmiş kolonların dayanıklılığı daha iyi bir gelişim göstermiştir.
- Bir bağlayıcı madde (Epoksi) veya kesme saplamasına sahip sütun örnekleri betonarme mantolonun eski betona daha iyi yapışmasını sağlayacaktır.
- Mantolamada farklı beton tiplerini kullanmak daha iyidir, böylece gelecek için en uygun beton tipi tanımlanabilecektir.
- Betonun durumu kötüleşmiş alandan bir çekiç ve keski kullanarak uzaklaştırmak ve arkasından kaba bir yüzey oluşturmak amacıyla kumlama yapmak iyi sonuçlar verecektir.
- Yeni mantolanmış betonla eski bozulmuş betona bağlanması için zıvana çubuğu kullanılması, daha iyi kesme sürtünmesi yüzünden genel bağlanma kuvvetini önemli ölçüde geliştirmiştir. Dolayısıyla, zıvana çubuğu kullanımı periyodik yük altındaki toplam dayanımı ve rijiditeyi artıracaktır.
- Kesme saplaması kullanımı, sütunun genel yapısal davranışında hafif bir iyileşme sağlayacaktır.
- Kısa sütunların onarımı için betonarme mantolamada geri dönüşümlü beton kullanılması tavsiye edilmemektedir.
- Yüksek sıcaklıklara maruz kalmış kısa beton sütunların onarımında lifli ve kendiliğinden yerleşen beton mantolama kullanılması önerilmektedir.
- Betonarme mantolamada kendiliğinden yerleşen beton kullanıldığında, yenilenen örneklerde mevcut beton ve mantolamadaki beton arasında herhangi bir görünür tabakalanma izlenmemiştir.

Pradhan vd., (2018), güçlendirme konusunda daha önce yapılan sayısal ve deneysel araştırmaları kısaca taramış ve beton mantolamada kullanılan genel ölçütler ve prosedürlerle ilgili ayrıntılı öneriler sunmuşlardır. Sonuç olarak, araştırmada mevcut bir betonarme binada bir yumuşak-kat mekanizmasını düzeltmek için bir betonarme

mantolama uygulaması örneği ve 2015 Gorkha Depremi'nden sonra Katmandu Üniversitesi'nde betonarme mantolama kullanımındaki son deneyimler sunulmaktadır.

Pardalakis vd., (2018), güçlendirilmesi gereken bir betonarme binanın elemanlarının betonarme mantolama ile güçlendirilmesini incelemiştir. On altı örnek, başlangıçtaki eksiklikler ve kısıtlama oranı değişkenleri ile birlikte tasarlanmıştır. Sonuçlar şunları göstermektedir:

- Başlangıçta hasar gören numunelerin maksimum direnç yükü ve dağılmış enerjisi azalmıştır.
- Belirli bir miktarda hasar aşıldığında, uygun şekilde onarılan kolonların dahi daha düşük gerilme kapasitesine sahip olduğu görülmüştür.
- Kaynaklanmış çubuklar boyuna çubukların bükülmesine neden olmuştur.

2.8. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Bu tez çalışmasında analitik olarak dayanımı yetersiz betonarme bir binanın kolon mantolama ve betonarme perdeler ile güçlendirilmesi konusu araştırılmıştır. Bu amaçla Trabzon İli, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Merkez Kampüste bulunan Kredi Yurtlar Kurumu'na ait bir betonarme bina ETABS sonlu elemanlar program yardımıyla modellenmiştir. Tez dört bölümden oluşmaktadır.

Tezin birinci bölümünde betonarme binalar ve binaların güçlendirilmesi ile ilgili genel bilgiler verilmektedir.

İkinci bölümde binaların güçlendirmeden önce ve güçlendirildikten sonraki değerlendirilmeleri, ayrıca konu ile ilgili yapılan çalışmalar sunulmaktadır.

Üçüncü bölümde yapılan analizler neticesinde elde edilen bulgular yer almaktadır. Elde edilen bulgular tablo ve grafikler halinde karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir.

Dördüncü bölümde ise çalışmadan elde edilen sonuçlar bulunmaktadır.

3. YAPILAN ÇALIŞMALAR

3.1. Yapıların Analizinde Kullanılan Doğrusal Yöntemler

Yapıda sismik davranışın analiz edilmesinde uygulanmakta olan üç doğrusal yöntem mevcuttur bunlar:

- Statik analiz
- Zaman tanım alanı hesap yöntemi
- Tepki spektrum analizi

3.1.1. Statik Analiz

- Belli sismik alanlarda bulunan 5 kattan alçak yapılarda kullanılır.
- Sismik deformasyonun yükseklikle doğrusal olarak arttığını varsayar (ilk mod).

3.1.2. Zaman Tanım Alanı Hesap Yöntemi

- Yapının tepkisi (dahili kuvvetler) belirlenmiş yer hareketi için zamanın bir fonksiyonu olarak hesaplanır.
- Tasarım depreminin ivme kaydının olmasını veya büyük depremleri temsil eden çok sayıda ivme kayıtlarının olmasını gerektirir.

3.1.3. Tepki Spektrum Analizi

Yapının sismik davranışını “n” sayıda titreşim modunun üst-düşümü olarak tanımlar. Belli bir konumda inşa edilecek bir yapının sismik analizini ve tasarımını gerçekleştirmek için gerçek zamanlı geçmiş kayıtları gereklidir. Ancak, her yerde bu tür kayıtların mevcut olması mümkün değildir. Ayrıca, yapıların sismik analizi, yerdeki ivmenin zirve değerine dayanarak gerçekleştirilemez çünkü yapının tepkisi, yer hareketinin frekansına ve kendi dinamik özelliklerine bağlıdır.

Yukarıdaki zorlukların üstesinden gelmek için, deprem tepki spektrumu, yapıların sismik analizinde en popüler araç olarak kullanılmaktadır.

Tepki spektrumu, yapıların sismik analiz ve tasarımında kullanılan önemli bir araçtır. Farklı doğal zaman dilimlerinde belirli bir girdi hareketine sönümlü tek serbestlik dereceli sistemin maksimum tepkisini tanımlar.

Tepki spektrum analizi yöntemi, frekans etkilerini göz önüne aldığı ve yapının tasarımı için tek bir yatay kuvvet sağladığı için avantajlıdır.

Tepki spektrum yöntemi aşağıdaki nedenlerle deprem mühendisliği camiası tarafından tercih edilmektedir:

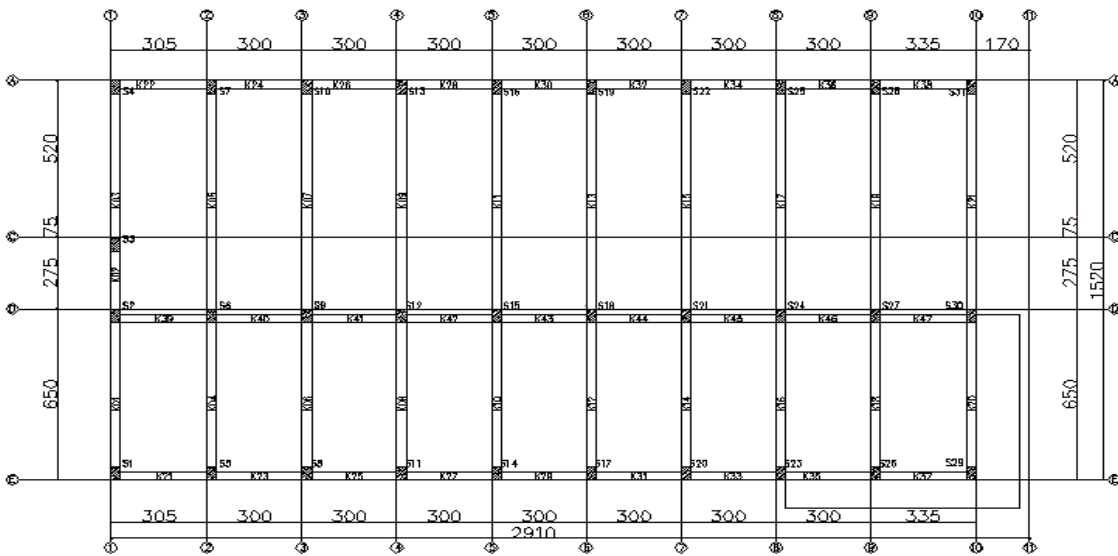
- Eşdeğer bir statik yanal yük analizi yapmak için bir yöntem sağlar.
- Farklı titreşim modlarının katkılarının net olarak anlaşılmasını sağlar.
- Depremde yapı elemanları için tasarım kuvvetleri bulunması amacıyla basit bir yöntem sunar.
- Yapıların sismik güvenilirliklerini yaklaşık olarak değerlendirmekte yarar sağlar.
- Tepki spektrum analiz yöntemi aşağıdaki adımlar takip edilerek geliştirilmiştir.
- Mod şekilleri, frekanslar ve model katılım faktörleri elde etmek için yapının model analizi yapılır.
- Hızlanma tepki spektrumunu kullanarak, her titreşim modunda elde edilenle aynı maksimum tepkiyi sağlayacak eşdeğer bir statik yük türetilir.
- Maksimum model yanıtlar, yapının toplam maksimum tepkisini bulmak için birleştirilir.
- İlk iki basamakta yaklaşık değer bulunmazken, üçüncü basamakta bazı yaklaşık değerler mevcuttur.
- Sonuç olarak, tepki spektrum analizine yaklaşık analiz denir; ancak uygulamalar, çoğunlukla zirve tepkiler için iyi bir tahmin sağladığını göstermektedir.
- Yöntem, klasik sönümlü doğrusal sistemlerin tek noktada, tek bileşenli uyarımı için geliştirilmiştir. Bununla birlikte, ilave yaklaşık değerler yardımıyla, çok noktalı çok bileşenli uyarılmalar ve klasik olmayan sönümlenmeli sistemler için de genişletilmiştir.

3.2. Uygulama Olarak Seçilen Bina ile İlgili Bilgiler

Bu tez çalışmasında incelenen bina Trabzon İli, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Merkez Kampüste bulunan Kredi Yurtlar Kurumu'na ait bir betonarme yurt binasıdır. Binanın kolonları (50x30 cm), kirişler ise (30x50 cm) boyutlarındadır. Bina deprem derzleriyle birbirinden ayrılmakta olan 3 bloktan oluşmaktadır. Tezde ise sadece bir blok seçilip analizler gerçekleştirilmiştir. 5 normal kattan oluşan betonarme binanın, sonlu eleman modeli ETABS programı yardımıyla gerçekleştirilerek, tepki spektrum analizi yapılarak performansı incelenmiştir.



Şekil 3.1. Uygulama olarak seçilen betonarme bina



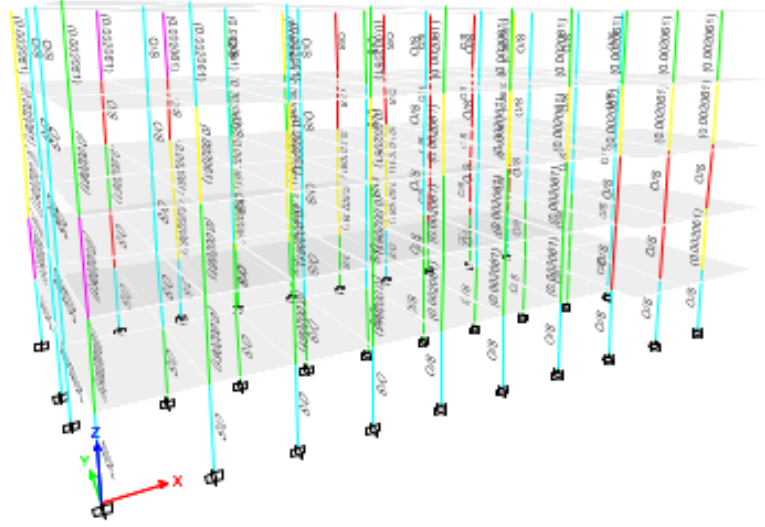
Şekil 3.2. Zemin, 1., 2., 3. ve 4. kat planı

Bina ile ilgili kullanılacak malzeme ve tasarım bilgileri aşağıda verilmektedir:

Beton Sınıfı	: C12
Kat Sayısı	: 5
Deprem bölgesi	: 4
Etkin Yer İvme Katsayısı	: $A_0 = 0.1$
Yerel Zemin Sınıfı	: Z_1
Bina önem katsayısı	: $I = 1.4$
Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı	: $R = 4$
Güçlendirmede Kullanılan Beton Sınıfı	: C25

3.2.1. Güçlendirme Öncesi Mevcut Binanın Analizi

Tepki spektrum analizi yapılarak binadaki dayanımı yetersiz olan kolonlar tespit edilmiştir (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Dayanımı yetersiz olan kolonlar

Birinci kattaki tüm kolonlar, ikinci katta kolonların %73.33, üçüncü katta kolonların %63.33, dördüncü kattaki kolonların %53.33 ve beşinci kattaki kolonların %46.66 yetersiz olmaktadır.

3.2.2. Mevcut Yapının X ve Y Doğrultusunda Meydana Gelen Deprem Kuvvetleri

Temel kesme, bir yapının tabanında sismik yer hareketine bağlı olarak ortaya çıkacak maksimum yanal kuvvetin bir tahminidir. Temel kesmenin (V) hesaplanması aşağıdakilere bağlıdır:

- Arazideki toprak koşulları
- Sismik etkinliğin potansiyel kaynaklarına (jeolojik faylar gibi) yakınlık
- Önemli bir sismik yer hareketi olasılığı
- Farklı yapısal konfigürasyonlar ve yapının toplam ağırlığı ile ilişkili süneklik ve yüksek mukavemet seviyesi
- Dinamik yüke maruz kaldığında yapının temel doğal titreşim süresi.

Analiz sonucu meydana gelen taban kesme kuvvetleri ve devrilme momentleri Tablo 3.1'de verilmektedir.

Tablo 2.1. X ve Y doğrultularındaki kesme kuvvetleri ve devrilme momentleri

Kat	V _X (ton)	M _X (ton-cm)	V _Y (ton)	M _Y (ton-cm)
5	78.05	23498.17	76.54	23063.04
4	137.17	64248.62	130.60	61937.49
3	181.40	117361.96	170.38	111504.22
2	214.73	179595.81	200.86	169179.04
1	233.83	246964.18	218.54	231696.60

3.2.3. Mevcut Yapının Periyot ve Frekansları

Dalgaların en önemli özelliklerinden biri periyot veya sıklığıdır; yani, dalgaların hızlı ve ani veya yavaş ve yuvarlak hareketi. Bu olay, bina deprem kuvvetlerini belirlemekte özellikle önemlidir. Tüm nesnelere doğal veya temel bir periyodu vardır; bu yatay bir itme kuvveti verildiğinde ileri ve geri hareket edecekleri hızdır. Aslında, ileri geri çekip

itmeden, bir nesnenin doğal periyodundan başka bir düzende titreşmesi mümkün değildir. Deprem hareketleri bir binayı titreştirmeye başladığında, bina doğal periyodunda geri ve ileri gitme eğilimi gösterecektir. Periyot, sismik dalganın bir döngüsünü tamamlamak için gerekli olan saniye cinsinden (veya saniyenin kesirleri) zamandır. Frekans, bunun tersidir, bir saniyede gerçekleşecek döngü sayısı - ve "Hertz" de ölçülür. Bir Hertz saniyede bir döngüye eşittir.

Doğal titreşim periyodunun güvenilir ve yeterli tahmini, deprem altında yapı üzerindeki küresel taleplerin anlaşılmasında önemli bir rol oynayabilir. Binanın sismik davranışının bu önemli özelliği temel olarak kütle, rijitlik ve mukavemete ve dolayısıyla onları etkileyen tüm faktörlere (yükseklik ve plan boyutları, düzensizlikler, kesit özellikleri, çatlama, vb.) bağlıdır. Binanın periyodu deprem hasarı ile de değişebilir. Betonarme bir yapı şiddetli yer sarsıntısı yaşadığında, çatlamaya başlar, bu yapının titreşim periyodunu artırır ve bunun etkisiyle, yapı yumuşar (esneklik arttıkça periyot uzar). Bu, yapının periyodunun yerin periyoduna yaklaşmasına ve rezonansa neden olur ve zaten zayıflamış olan yapıda bu ölümcül sonuçlara neden olabilir. Birçok parametre yukarıda belirtilen titreşim periyodunu etkilemesi mümkündür, periyot esas olarak bina yüksekliğinin bir fonksiyonudur ve burada yükseklik en önemli husustur. İncelenen yapının periyot ve frekansları Tablo 3.2'de verilmektedir.

Tablo 3.2. Mevcut yapının periyot ve frekans değerleri

Mod	Periyot (sn)	U_x	U_y	Frekans (Hz)
1	0.74	0.0600	0.4800	1.33
2	0.70	0.2747	0.2726	1.41
3	0.65	0.5033	0.0240	1.52

3.2.4. Mevcut Yapının Maksimum Kat Yerdeğiştirmesi

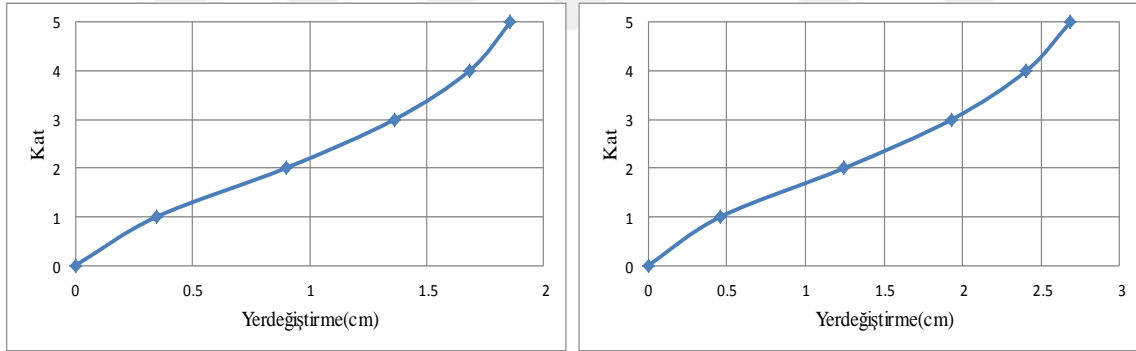
Sismik hasar deplasman veya deformasyonla doğrudan ve yakından ilişkilidir. Sismik deformasyonun taleplerinin tahmini birincil öneme sahiptir ve deplasmana dayalı sismik tasarımın temel sorunu olarak görülmektedir.

Kat deplasmanı, katın tabana göre yanal yer değiştirmesidir. Bina yapısının davranışını göstermenin tipik yollarından biri, binanın yüksekliği boyunca kat deplasmanındaki değişimlerin incelenmesidir. Daha rijit yapıların daha az deplasmana maruz kaldığı, öte yandan, esnek yapılarda ciddi hasarlara neden olabilecek büyük deplasmanlar olduğu bilinmektedir.

İncelenen yapının X ve Y doğrultularında kat yer değiştirmesi Tablo 3.3'de verilmiştir.

Tablo 3.3. Mevcut yapının kat yer değiştirmeleri

Kat	X doğrultusunda maksimum kat yer değiştirmesi (cm)	Y doğrultusunda maksimum kat yer değiştirmesi (cm)
5	1.94	2.80
4	1.75	2.51
3	1.42	2.01
2	0.94	1.30
1	0.36	0.48



Şekil 3.4. X ve Y doğrultularında kat yer değiştirmesi

3.2.5. Mevcut Yapının Görelî Kat Ötelemeleri

Binalardaki kolon ve perde gibi düşey taşıyıcılarda oluşan şekildeğişiminin bir ölçüsü olarak kullanılan, ardışık iki kat diyaframının yanal ötelemeleri arasındaki farktır. Görelî kat ötelemeleri ve yanal sabitlik amacıyla tasarım, tasarım geliştirmenin ilk aşamalarında ele alınması gereken bir konudur. Birçok durumda, özellikle yüksek

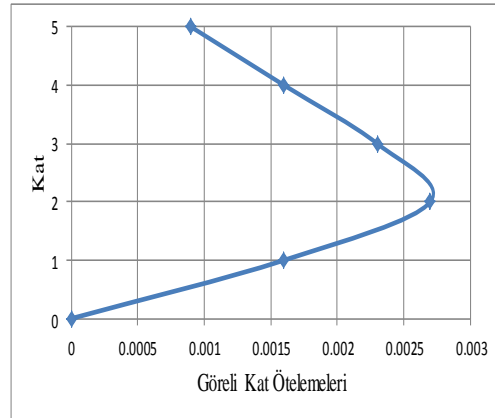
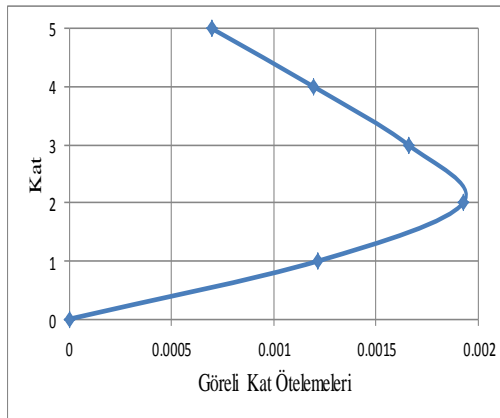
binalarda veya burulmanın yapısal tepkiye önemli bir katkıda bulunduğu durumlarda, görelî kat öteleme kriterleri uygun yapısal sistemin seçiminde önemli bir faktör olabilir. Rüzgâr veya deprem kuvvetleri altında bir yapısal sistemin yanal deplasmanı veya görelî kat ötelemesi, üç farklı açıdan önemlidir:

- yapısal kararlılık,
- mimari bütünlük ve yapısal olmayan çeşitli bileşenlere verilebilecek potansiyel hasar,
- bina bu kuvvetlerin etkisi altındayken ve daha sonra insanların konforu.

İncelenen binanın görelî kat ötelemeleri Tablo 6 ve Şekil 3.5’de gösterilmektedir.

Tablo 3.4. X ve Y doğrultularında görelî kat ötelemeleri

Kat	X doğrultusunda görelî kat ötelemeleri	Y doğrultusunda görelî kat ötelemeleri
5	0.0006	0.0009
4	0.0011	0.0016
3	0.0016	0.0023
2	0.0019	0.0027
1	0.0012	0.0016



Şekil 3.5. Mevcut yapının X ve Y doğrultusunda görelî kat ötelemeleri

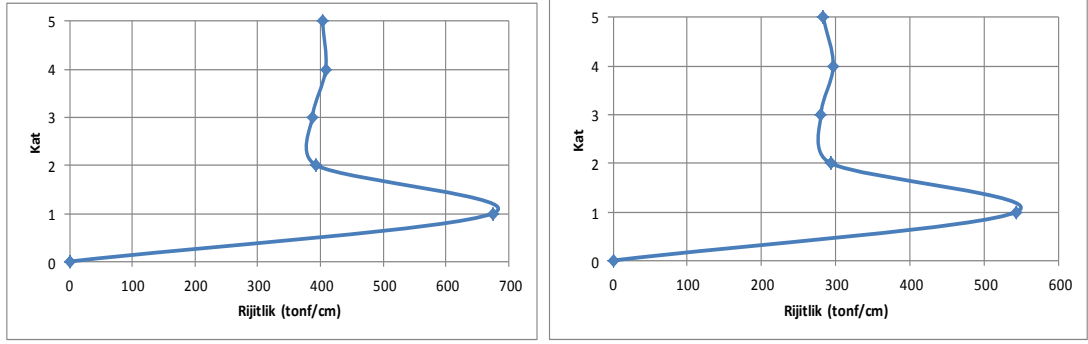
3.2.6. Mevcut Yapının Yanal Rijitliği

Yumuşak kat sorunu, diğerlerine göre daha düşük bir rijiditeye sahip bir bina katının varlığına işaret eder, dolayısıyla buna esnek kat da denir. Binanın bir katında yapısal olmayan duvarların kaldırılması veya azaltılması ya da yapısal tasarım ve analizde hesaba katılmaması, serbest deformasyonun kısıtlanmasının geri kalan katları zorlaması, ve ilk başta hesaba katılmayan rijit unsurların yapısal unsurlara eklenmesi nedeniyle oluşur. Yumuşak kat, ciddi deprem hasarına neden olabilecek hatalı bina konfigürasyonudur.

Binanın yüksekliği arttıkça, yapının rijiditesi daha önemli hale gelir. Yük altındaki bir binanın bükülmesi, rijiditesine bağlıdır. Bir yapının dinamik yüklere karşı dinamiği de rijiditesine bağlıdır. Kuvvetleri unsurlara dağıtan yüzeyin sert olduğu çoklu yapısal elemanlardan oluşan bir binada, unsurlar göreceli rijitliklerine bağlı olarak yükleri taşıyacaklardır, daha rijit bir eleman, daha fazla yük çekecektir. Bir yapının, yükleme altında kabul edilebilir oranda küçük bükülme veya dinamik tepkiye sahip olma konularında yeterince rijit olmadığı durumlarda, belli hizmet kriterlerinde başarısız olduğu düşünülmektedir. Tablo 3.5 ve Şekil 3.6’de binanın yanal rijitliği gösterilmektedir.

Tablo 3.5. Mevcut yapının X ve Y doğrultularında rijitlik

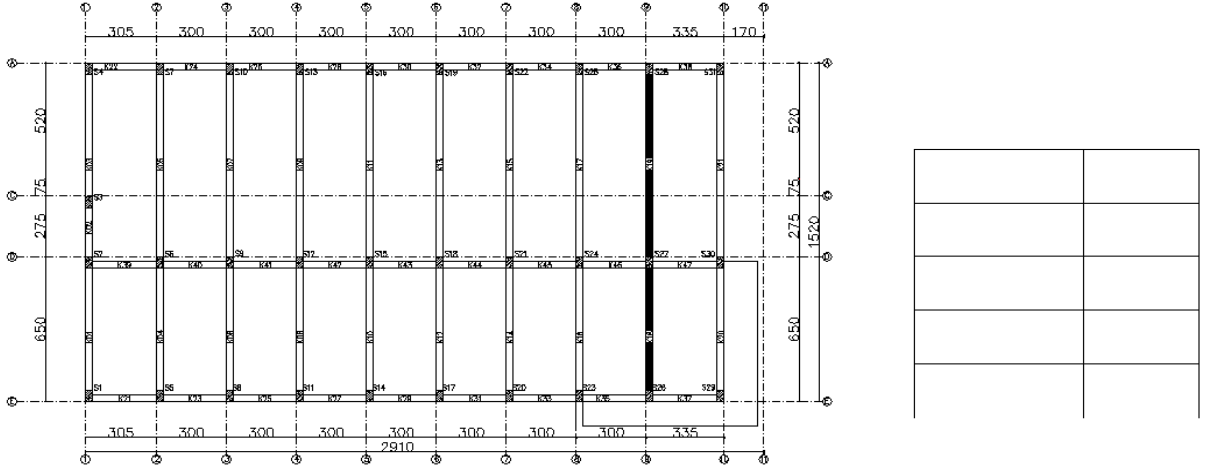
Kat	X doğrultusunda rijitlik (ton/cm)	Y doğrultusunda rijitlik (ton/cm)
5	403.40	283.16
4	408.54	296.70
3	387.23	280.27
2	393.79	293.28
1	674.65	543.79



Şekil 3.6. Mevcut yapının X ve Y doğrultusunda rijitlik

3.2.7. Mevcut Yapının Seçilmiş Çerçeve'deki Kolonlarında Oluşan Normal Kuvvet, Kesme kuvvetleri ve Eğilme momenti

Yapının normal kuvvetleri, kesme kuvvetleri ve eğilme momentlerini karşılaştırılmak amacıyla yetersiz kolon sayısı fazla olan bir çerçeve seçilmiştir. Söz konusu çerçeve şekil 3.7'de gösterilmektedir.



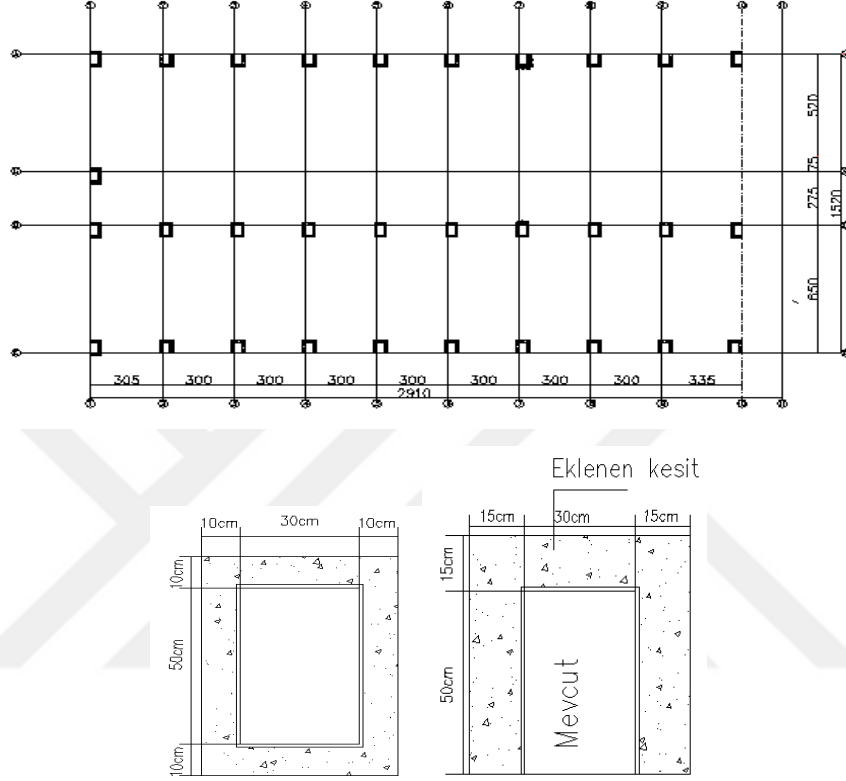
Şekil 3.7. Normal kuvvet, kesme kuvveti ve eğilme momenti için seçilen çerçeve

Tablo 3.6. Normal kuvvet, kesme kuvveti ve eğilme momenti

Eleman	kat	Normal kuvvet (ton)	Kesme kuvveti (ton)	Eğilme momenti (ton-cm)
S ₂₆	5	1.09	0.98	124.98
	4	8.78	2.02	263.84
	3	8.28	3.36	471.11
	2	13.27	2.3	326.49
	1	19.25	4.56	702.63
S ₂₇	5	1.87	1.82	313.24
	4	7.38	4.96	745.87
	3	18.22	8.82	1165.88
	2	32.4	8.04	1184.62
	1	45.75	7.21	1247.40
S ₂₈	5	0.88	1.12	141.39
	4	3.37	2.17	287.86
	3	7.59	3.17	434.17
	2	13.16	3.93	562.67
	1	19.82	4	643.03

3.3. Kolonların Mantolanması ile Güçlendirme

Plandaki konumuna göre kolonlar üç ve dört yandan mantolanmıştır.



Şekil 3.8. Kolonların mantolanması

3.3.1. Kolonların Mantolanması Sonrası Yapının X ve Y Doğrultusunda Meydana Gelen Deprem Kuvvetleri

Kolonların mantolanması sonrası katlara gelen deprem kuvvetleri Tablo 3.7'de verilmektedir.

Tablo 3.7. Kolonların mantolanması sonrası katlardaki deprem kuvvetleri

Kat No	V_X (ton)	M_X (ton-cm)	V_Y (ton)	M_Y (ton-cm)
5	115.01	34566.719	104.32	31403.982
4	211.23	97300.496	179.92	84575.030
3	287.15	181698.422	237.48	153517.203
2	338.67	281091.994	277.85	233652.292
1	363.99	387626.751	299.30	319759.053

Bir yapının dinamik yüklere karşı dinamiği de rijitliğine bağlıdır. Kuvvetleri unsurlara dağıtan yüzeyin sert olduğu çoklu yapısal elemanlardan oluşan bir binada, unsurlar göreceli rijitliklerine bağlı olarak yükleri taşıyacaklardır, daha rijit bir eleman, daha fazla yük çekecektir. Diğer yandan elemanların rijitliğini etkileyen önemli faktörlerden birisi de onların boyutlarıdır, mantolama sonrası elemanların boyutları dolayısıyla katların rijitlikleri ve buna bağlı olarak da deprem kuvvetleri artar.

3.3.2. Kolonların Mantolanması Sonrası Yapının Periyot ve Frekansları

Kolonların mantolanmasından sonra binanın periyot ve frekansta meydana gelen değişim Tablo 3.8’de verilmiştir.

Tablo 3.8. Kolonların mantolanması sonrası yapının periyot ve frekansları

Mod	Periyot (sn)	U_X	U_Y	Frekans (Hz)
1	0.577	0.001	0.75	1.733
2	0.506	0.093	0.028	1.976
3	0.455	0.72	0.0008	2.198

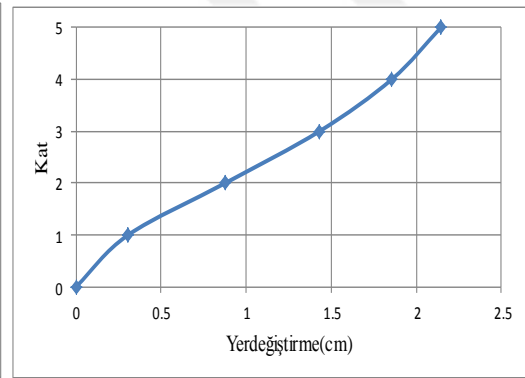
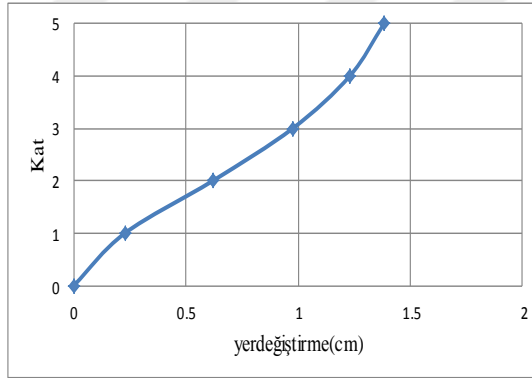
Bilindiği üzere binanın sismik davranışının bu önemli özelliği temel olarak kütle, rijitlik ve mukavemete ve dolayısıyla onları etkileyen tüm faktörlere (yükseklik ve plan boyutları, düzensizlikler, kesit özellikleri, çatlama, vb.) bağlıdır. Mantolama elemanların rijitliğinin artmasına neden olup binanın periyodunu azaltır.

3.3.3. Kolonların Mantolanması Sonrası Yapının Maksimum Kat Yerdeğiştirmesi

Mantolama yapıldıktan sonra X ve Y doğrultularında kat yerdeğiştirmeleri Tablo 3.9 ve Şekil 3.9' da gösterilmektedir.

Tablo 3.9. Kolonların mantolanması sonrası her iki doğrultuda kat yerdeğiştirmesi

Kat	X doğrultusunda maksimum kat yerdeğiştirmesi (cm)	Y doğrultusunda maksimum kat yerdeğiştirmesi(cm)
5	1.39	2.15
4	1.23	1.86
3	0.98	1.44
2	0.62	0.88
1	0.23	0.31



Şekil 3.9. Kolonların mantolanması sonrası her iki doğrultuda kat yerdeğiştirmesi

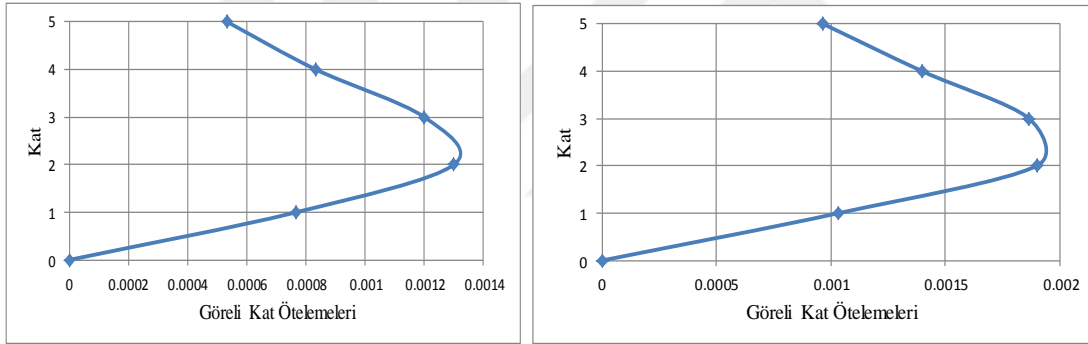
Kolonların mantolanması yapının yanal rijitliğini arttırdığı için yapılarda maksimum yerdeğiştirmeyi azaltır.

3.3.4. Kolonların Mantolanması Sonrası Yapının Görelî Kat Ötelemeleri

Mantolama sonrası binanın görelî kat ötelemeleri Tablo 3.10 ve Şekil 3.10'da verilmektedir.

Tablo 3.10. Kolonların mantolanması sonrası yapının görelî kat ötelemeleri

Kat	X doğrultusunda görelî kat ötelemeleri	Y doğrultusunda görelî kat ötelemeleri
5	0.0005	0.0009
4	0.0008	0.0014
3	0.0012	0.0018
2	0.0013	0.0019
1	0.0007	0.0010



Şekil 3.10. Kolonların mantolanması sonrası X ve Y doğrultularında görelî kat ötelemeleri

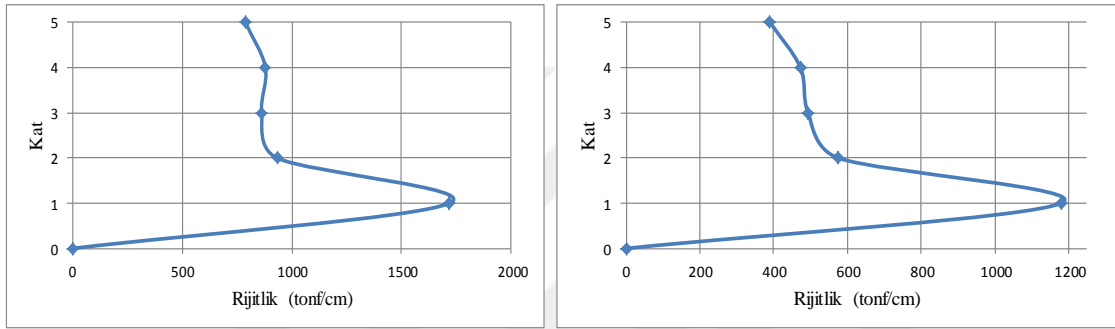
Tablo 3.4 ile kıyaslandığında binanın görelî kat ötelemelerinde azalma gözlemlenmektedir bu da binanın rijit olduğundan kaynaklanmaktadır. Bilindiği üzere rijit yapının yerdeğiştirmesi yumuşak yapılara göre daha az olmaktadır.

3.3.5. Kolonların Mantolanması Sonrası Yapının Yanal Rijitliği

Mantolamadan sonra katların yanal rijitliği Tablo 3.11 ve Şekil 3.11'de gösterilmektedir.

Tablo 3.11. Kolonların mantolanması sonrası katlardaki rijitlikler

Kat	X doğrultusunda rijitlik (ton/cm)	Y doğrultusunda rijitlik (ton/cm)
5	783.16	388.72
4	872.84	469.62
3	854.70	489.16
2	922.40	568.91
1	1691.75	1160.67



Şekil 3.11. Kolonların mantolanması sonrası katlardaki rijitlikler

Bilindiği gibi elemanların boyutları arttırıldığında söz konusu elemanların direnci ve rijitliği, dolayısıyla katların rijitliği de artar.

3.3.6. Kolonların Mantolanması Sonrası Yapının Seçilmiş Çerçeve Kolonlarında Oluşan Normal Kuvvetler, Kesme Kuvvetleri ve Eğilme Momenti

Tablo 3.12’de kolonlarda mantolama sonrası oluşan normal kuvvet, kesme kuvvetleri ve eğilme momentleri gösterilmektedir

Tablo 3.12. Kolonların mantolanması sonrası normal kuvvet, kesme kuvveti ve eğilme momenti

Eleman	kat	Normal kuvvet (ton)	Kesme kuvveti (ton)	Eğilme momenti (ton-cm)
S ₂₆	5	1.77	1.64	317.44
	4	5.42	3.19	546.51
	3	10.83	5.65	720.06
	2	16.87	4.44	664.15
	1	22.8	7.07	1473.81
S ₂₇	5	3.21	1.64	546.44
	4	9.58	5.2	1198.24
	3	20.19	9.84	1503.85
	2	33.39	9.21	1435.81
	1	45.11	9.32	2153.24
S ₂₈	5	1.93	1.64	299.57
	4	5.84	3.03	498.8
	3	11.34	4.62	620.61
	2	18.49	5.5	820.66
	1	25.46	9.26	2252.08

3.4. Betonarme Perde ile Güçlendirme

Yapının her iki doğrultusunda yatay yükleri karşılamak için perdeler eklenmiştir.

X yönü

P₁: 330 (cm) x 30 (cm)

P₂: 330 (cm) x 30 (cm)

P₃: 330 (cm) x 30 (cm)

P₄: 330 (cm) x 30 (cm)

P₅: 330 (cm) x 30 (cm)

P₆: 330 (cm) x 30 (cm)

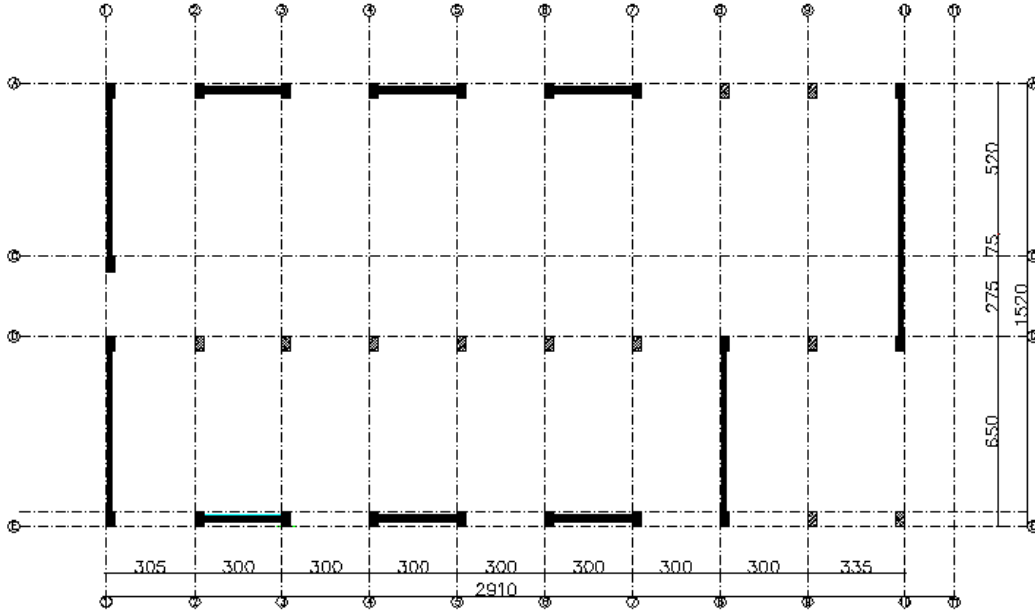
Y Yönü

P₇: (30cm) x 650 (cm)

P₈: (30cm) x 650 (cm)

P₉: (30cm) x 650 (cm)

P₁₀: (30cm) x 875.5 (cm)



Şekil 3.12. Binaya eklenen betonarme perdeler

3.4.1. Betonarme Perde Sonrası Yapının X ve Y Doğrultusunda Meydana Gelen Deprem Kuvvetleri

Perde sonrası meydana gelen deprem kuvvetleri Tablo 3.13'te gösterilmektedir.

Tablo 3.13. Perdeden sonra katlarda oluşan deprem kuvvetleri ve devrilme momentleri

Kat	V_X (ton)	M_X (ton-cm)	M_Y (ton)	V_Y (ton)
5	194.34	58374.56	58766.52	195.83
4	345.88	160447.49	157805.02	335.21
3	455.99	293160.76	280642.37	429.37
2	529.15	446099.87	421191.22	504.44
1	568.15	609728.79	575483.18	556.19

Zaman periyodunun değeri düştükçe, temel kesme artacaktır ve bunun tam tersi de doğrudur; kuvvetleri elemanlara dağıtan yüzeyin rijit olduğu çok sayıda yapısal elemandan oluşan bir binada, unsurlar göreceli rijitliklerine bağlı olarak yükleri taşırlar, bir eleman ne kadar rijitse, daha fazla yük çekecektir. Böylece, katların temel kesmesinde bir artış gerçekleşir.

3.4.2. Betonarme Perde Sonrası Yapının Periyot ve Frekansları

Perdeden sonra yapının periyot ve frekansta meydana gelen değişim Tablo 3.14'de gösterilmiştir.

Tablo 3.14. Betonarme perde sonrası yapının periyot ve frekansları

Mod	Periyot (sn)	U_X	U_Y	Frekans (Hz)
1	0.280	0.75	3.8E-06	3.52
2	0.139	1.62E-05	0.73	7.21
3	0.098	0.0002	0.02	10.24

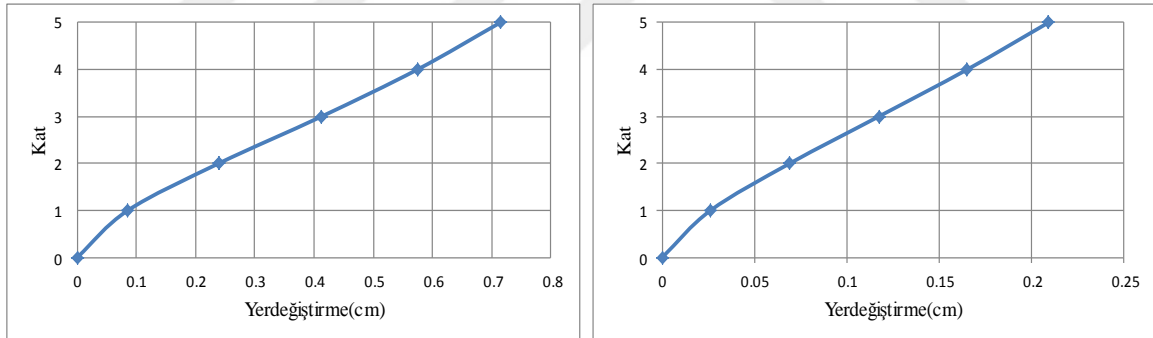
Yukarıda da bahsedildiği gibi periyot kütle, rijitlik ve mukavemete bağlıdır. Perderler çok rijit elemanlar oldukları için binanın rijitliğini arttır ve periyodu azaltır.

3.4.3. Betonarme Perde Sonrası Yapının Maksimum Kat Yerdeğiştirmesi

Perde eklenmesi sonrası katların yerdeğiştirme değerleri Tablo 3.15’ de verilmektedir. Şekil 3.13’de ise grafik olarak katların yerdeğiştirmeleri gsterilmektedir.

Tablo 3.15. Betonarme perde sonrası katlardaki yerdeğiştirme değerleri

Kat	X doğrultusunda maksimum katyerdeğiştirmesi (cm)	Y doğrultusunda maksimum kat yerdeğiştirmesi(cm)
5	0.71	0.21
4	0.57	0.16
3	0.41	0.11
2	0.23	0.07
1	0.08	0.02



Şekil 3.13. Betonarme perde sonrası katların her iki doğrultuda yerdeğiştirmeleri

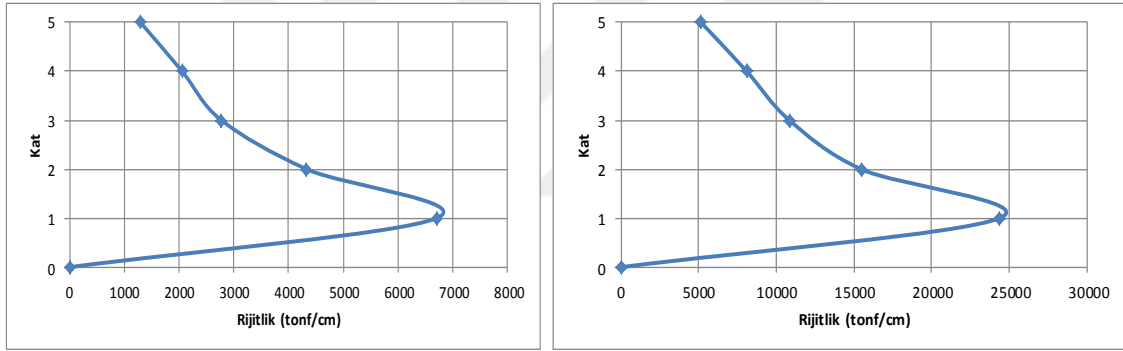
Deprem duvarları çoğunlukla rüzgar veya depreme karşı yanal kuvvetleri desteklemek için inşa edilir. Bu yükler altında, yapı, yanal yük dirençli elemanların (deprem duvarları) hareketi ile tanımlanan bir yanal deplasmana sahip olacaktır. Deprem duvarları, statik ve dinamik yük altında aksenal ve kesme kuvvetlerine direneceğinden, binalara yönelimleri doğrultusunda yüksek mukavemet ve düzlemde rijidite sağlarlar. Sonuç olarak, bu yapısal unsurlar, bir binanın yanal yük altındaki çatı ve katlarında ötelemeleri önemli ölçüde azaltmakta ve böylece yapıda ve bileşenlerinde oluşacak zararı azaltmaktadır.

3.4.4. Betonarme Perde Sonrası Yapının Yanal Rijitliği

Perde ilave edilmesi sonrası katlardaki rijitlik miktarları Tablo 3.16'da verilmiştir. Şekil 3.14'de ise grafik olarak katların yanal rijitliği gösterilmektedir.

Tablo 3.16. Betonarme perde sonrası katlardaki rijitlik değerleri

Kat	X doğrultusunda rijitlik (ton/cm)	Y doğrultusunda rijitlik (ton/cm)
5	1292.56	5145.20
4	2055.95	8092.47
3	2773.14	10842.23
2	4330.83	15457.28
1	6700.08	24354.87



Şekil 3.14. Betonarme perde sonrası katlardaki rijitlikler

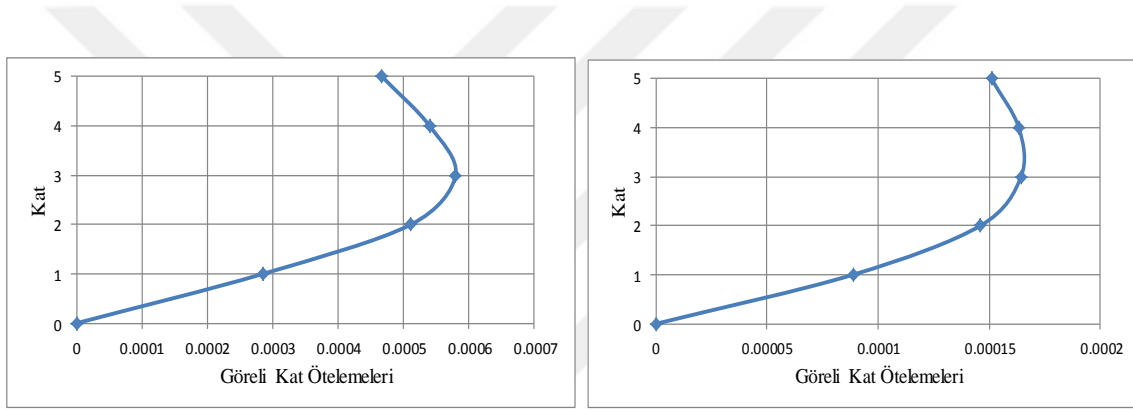
Betonarme perdeler çok rijit elemanlar olarak tanınmaktadır, bu yüzden Tablo 3.5 ile kıyaslandığında yapının rijitliğinde büyük oranda artış gözlemlenmektedir.

3.4.5. Betonarme Perde Sonrası Yapının Göreli Kat telemeleri

Perde eklenmesi sonucu yapının göreli kat telemeleri Tablo 3.17'de gösterilmektedir. Şekil 3.15'de ise göreli kat ötelemeleri grafik olarak gösterilmektedir.

Tablo 3.17. Perde sonrası katların görel kat ötelemeleri

Kat	X doğrultusunda görel kat ötelemeleri	Y doğrultusunda görel kat ötelemeleri
5	0.000467	0.000151
4	0.00054	0.000163
3	0.00058	0.000164
2	0.000511	0.000146
1	0.000285	8.87E-05



Şekil 3.15. Betonarme Perde sonrası katların görel kat ötelemeleri

Görel kat ötelemeleri elemanların boyutları ve rijitliklerine bağlıdır, görel kat ötelemeleri gerek elemanların boyutlarının artırılması gerekse kendi içinde rijitliği fazla olan elemanların eklenmesi ile azaltılabilir. Perdeler çok rijit elemanlar oldukları için binaların görüli kat ötelemelerini ve kat yerdeğıştirmesini azaltır.

3.4.6. Perde eklenmesi sonrası Yapının Seçilmiş Çerçeve Kolonlarında Oluşan Normal Kuvvet, Kesme kuvvetleri ve Eğilme Momenti

Tablo 3.18. Perde sonrası elemanlarda oluşan normal kuvvet, kesme kuvveti ve eğilme momenti

Eleman	kat	Normal kuvvet (ton)	Kesme kuvveti (ton)	Eğilme momenti (ton-cm)
S26	5	0.21	0.99	130.32
	4	0.91	1.05	143.68
	3	1.99	1.25	178.06
	2	3.24	0.61	87.52
	1	6.08	1.06	162.78
S27	5	0.48	3.39	445.37
	4	1.14	3.14	412.1
	3	2.1	4.06	587.93
	2	2.24	2.41	369.78
	1	3.64	1.89	323.09
S28	5	0.07	1.13	148.45
	4	0.27	1.18	161.88
	3	0.78	1.3	179.8
	2	1.41	1.15	164.04
	1	3.48	1.02	159.33

3.5. Bulgular ve İrdemeler

Tablo ve grafikler halinde bulgular ve irdemeler aşağıda sunulmaktadır.

Tablo 3.19. Katlara gelen kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması

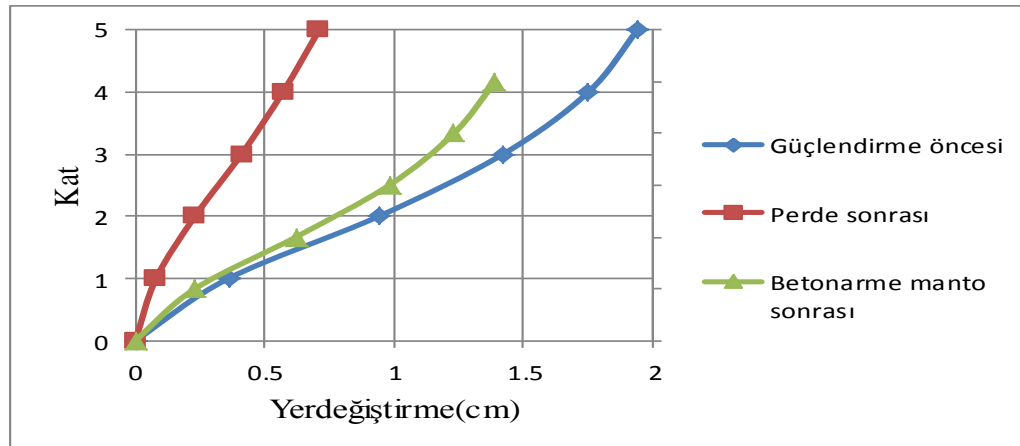
Kat	Güçlendirme öncesi katlara gelen kesme kuvveti		Kolonların mantolanması sonrası katlara gelen kesme kuvveti				Perde sonrası katlara gelen kesme kuvveti			
	V _x (ton)	V _y (ton)	V _x (ton)		V _y (ton)		V _x (ton)		V _y (ton)	
5	78.05	76.54	115.01	%47.35	104.3234	%36.29	194.34	%148.99	195.83	%155.85
4	137.17	130.60	211.23	%53.99	179.9152	%37.76	345.88	%152.15	335.21	%156.66
3	181.40	170.38	287.15	%58.29	237.4773	%39.38	455.99	%151.37	429.37	%152.0
2	214.73	200.86	338.67	%57.71	277.8529	%38.33	529.15	%146.42	504.44	%151.14
1	233.83	218.54	363.99	%55.66	299.2985	%36.95	568.15	%142.97	556.19	%154.50

Tablo 3.20. Periyot ve frekansların karşılaştırılması

Mod	Güçlendirme öncesi		Kolonların mantolanması sonrası				Perde sonrası			
	Periyot (sn)	Frekans (Hz)	Periyot (sn)		Frekans (Hz)		Periyot (sn)		Frekans (Hz)	
1	0.74	1.33	0.57	%22.97	1.73	%30.08	0.28	%62.1	3.52	%164.66
2	0.70	1.41	0.50	%28.57	1.97	%39.72	0.13	%81.4	7.21	%411.35
3	0.65	1.52	0.45	%30.77	2.19	%44.08	0.09	%86.1	10.24	%573.68

Tablo 3.21. X doğrultusunda kat yerdeğıştirmelerinin karşılaştırılması

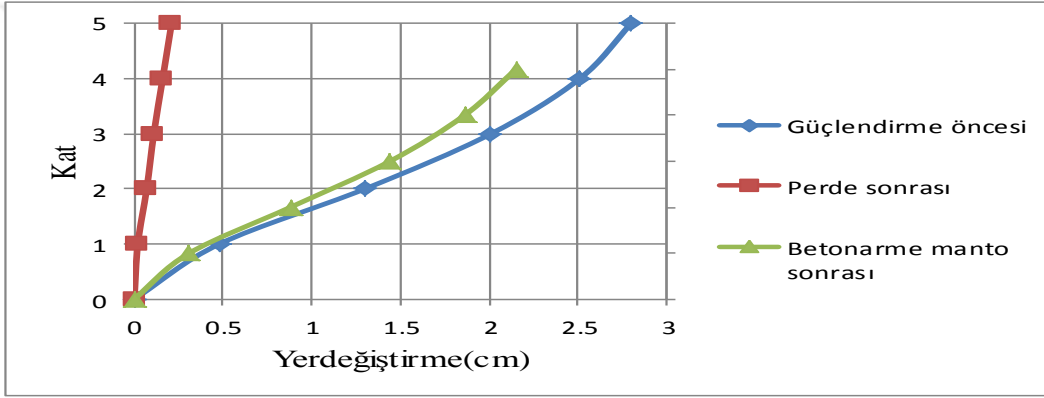
Kat	Güçlendirme öncesi maksimum kat yerdeğıştirmesi (cm)	Kolonların mantolanması sonrası maksimum kat yerdeğıştirmesi (cm)		Perde sonrası maksimum kat yerdeğıştirmesi (cm)	
5	1.94	1.39	%28.35	0.71	%63.4
4	1.75	1.23	%29.71	0.57	%67.43
3	1.42	0.98	%30.99	0.41	%71.13
2	0.94	0.62	%34.04	0.23	%75.53
1	0.36	0.23	%36.11	0.08	%77.78



Şekil 3.16. X doğrultusunda katların yerdeğıştimelerinin karşılaştırılması

Tablo 3.22. Y doğrultusunda kat yerdeğıştirmelerinin karşılaştırılması

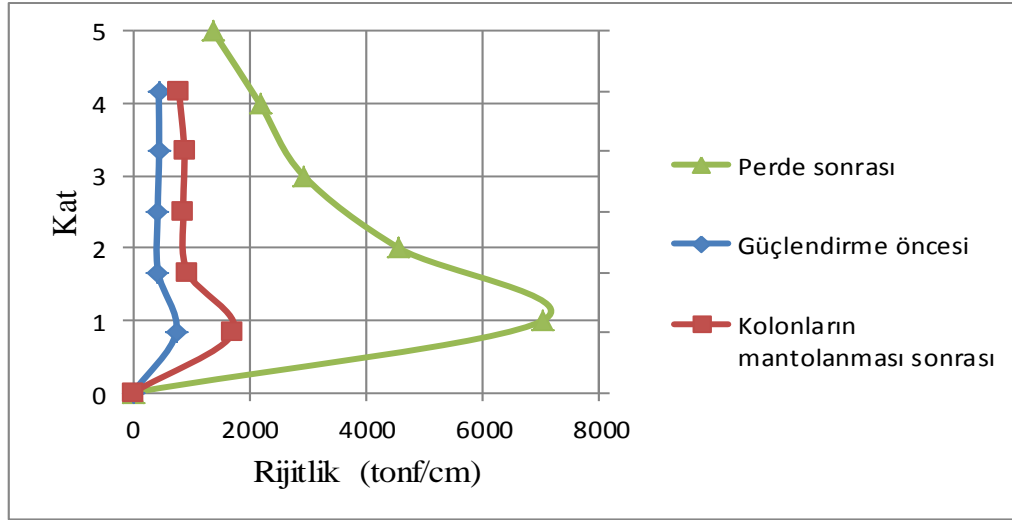
Kat	Güçlendirme öncesi maksimum kat yerdeğıştirmesi (cm)	Kolonların mantolanması sonrası maksimum kat yerdeğıştirmesi (cm)		Perde sonrası maksimum kat yerdeğıştirmesi (cm)	
		Yerdeğıştirme (cm)	%	Yerdeğıştirme (cm)	%
5	2.80	2.15	%23.21	0.21	%92.50
4	2.51	1.86	%25.90	0.16	%93.63
3	2.01	1.44	%28.36	0.11	%94.53
2	1.30	0.88	%32.31	0.07	%94.62
1	0.48	0.31	%35.42	0.02	%95.83



Şekil 3.17. Y doğrultusunda katların yerdeğıştimelerinin karşılaştırılması

Tablo 3.23. X doğrultusunda katlarda rijitlik değerlerinin karşılaştırılması

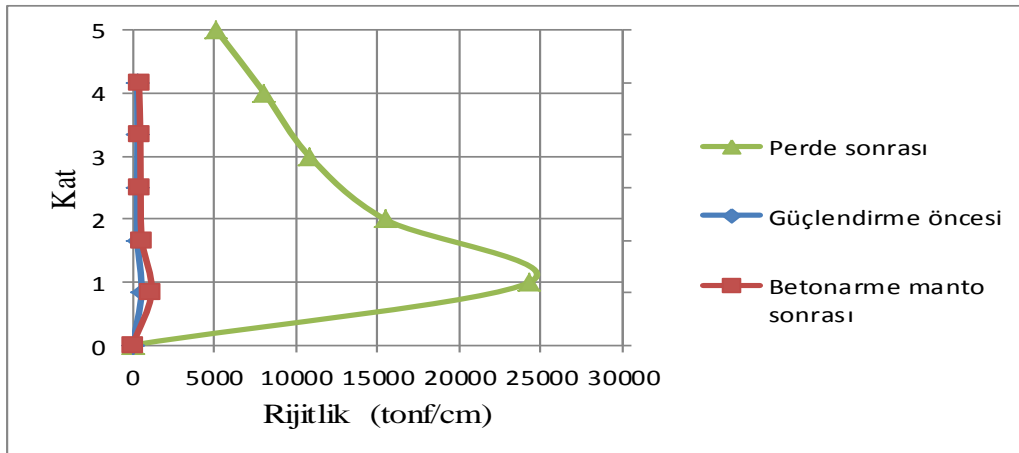
Kat	Güçlendirme öncesi (ton/cm)	Kolonların mantolanması sonrası (ton/cm)		Perde sonrası (ton/cm)	
		Yerdeğıştirme (cm)	%	Yerdeğıştirme (cm)	%
5	403.40	783.16	%94.14	1292.56	%220.42
4	408.54	872.84	%113.65	2055.95	%403.24
3	387.23	854.70	%120.72	2773.14	%616.15
2	393.79	922.40	%134.24	4330.83	%999.78
1	674.65	1691.75	%150.76	6700.08	%893.12



Şekil 3.18. X doğrultusunda katlarda rijitlik değerlerinin karşılaştırılması

Tablo 3.24. Y doğrultusunda katlarda rijitlik değerlerinin karşılaştırılması

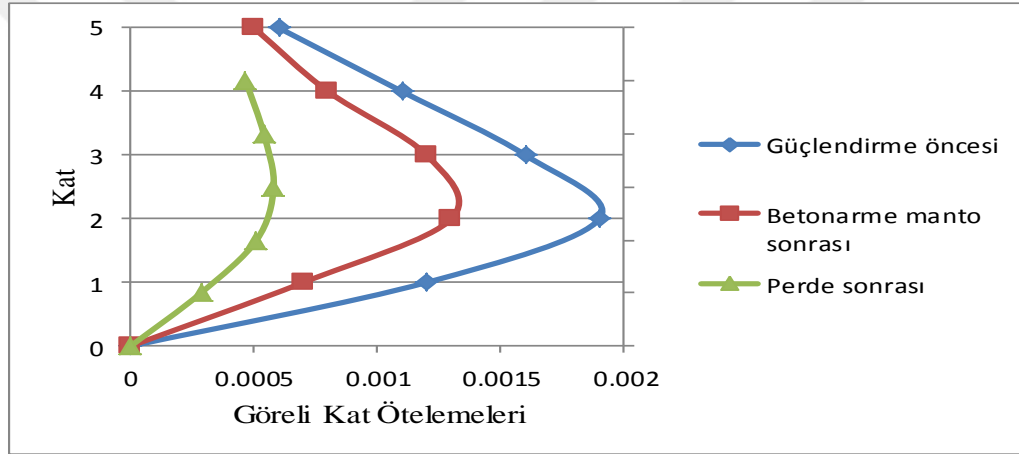
Kat	Güçlendirme öncesi (ton/cm)	Kolonların mantolanması sonrası (ton/cm)		Perde sonrası (ton/cm)	
		Değer	Oran (%)	Değer	Oran (%)
5	283.16	388.72	%37.28	5145.20	%1717.06
4	296.70	469.62	%58.28	8092.47	%2627.49
3	280.27	489.16	%74.53	10842.23	%3768.49
2	293.28	568.91	%93.98	15457.28	%5170.49
1	543.79	1160.67	%113.44	24354.87	%4378.73



Şekil 3.19. Y doğrultusunda katlarda rijitlik değerlerinin karşılaştırılması

Tablo 3.25. X doğrultusunda görel kat ötelemelerinin karşılaştırılması

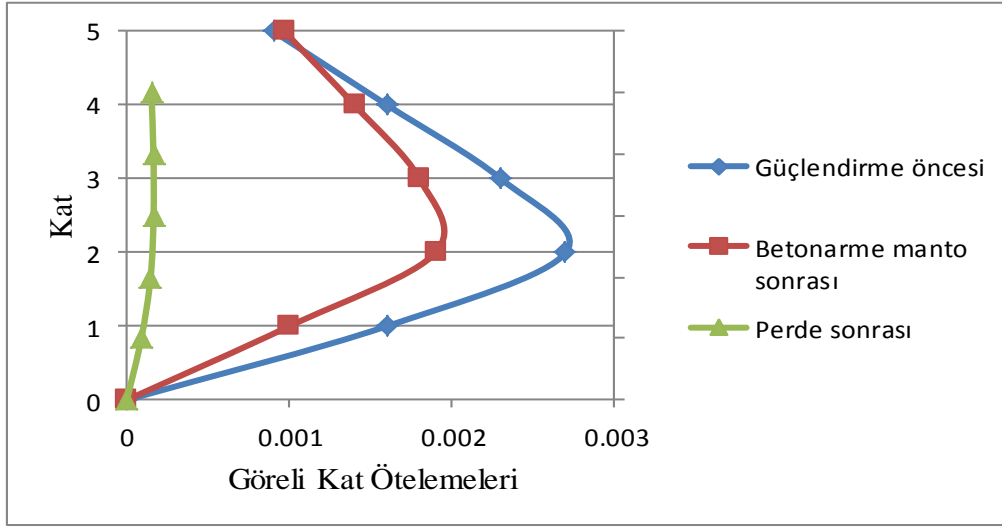
Kat	Güçlendirme öncesi görel kat ötelemeleri	Kolonların mantolanması sonrası görel kat ötelemeleri		Perde sonrası görel kat ötelemeleri	
		0.0005	%16.67	0.000467	%22.17
5	0.0006	0.0005	%16.67	0.000467	%22.17
4	0.0011	0.0008	%27.27	0.00054	%50.91
3	0.0016	0.0012	%25.00	0.00058	%63.75
2	0.0019	0.0013	%31.58	0.000511	%73.11
1	0.0012	0.0007	%41.67	0.000285	%76.25



Şekil 3.20. X doğrultusunda görel kat ötelemelerinin karşılaştırılması

Tablo 3.26. Y doğrultusunda görel kat ötelemelerinin karşılaştırılması

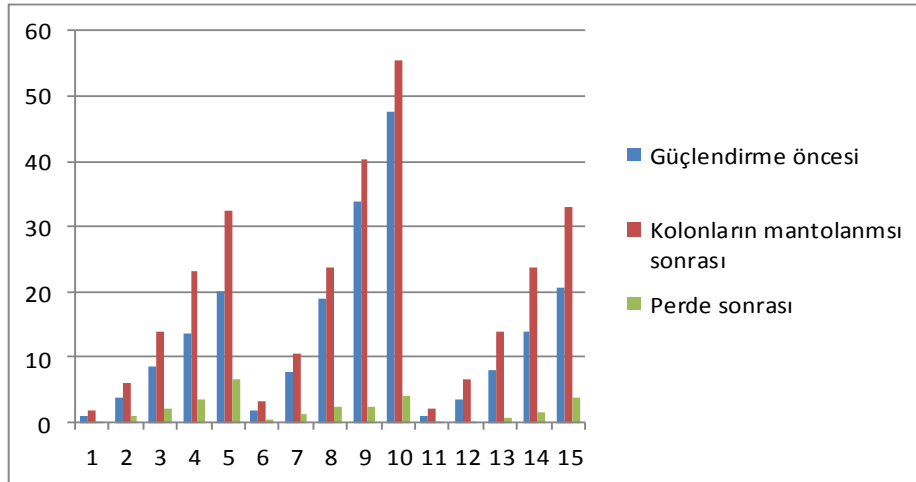
Kat	Güçlendirme öncesi görel kat ötelemeleri	Kolonların mantolanması sonrası görel kat ötelemeleri		Perde sonrası görel kat ötelemeleri	
		0.000967	%7.44	0.000151	%83.22
5	0.0009	0.000967	%7.44	0.000151	%83.22
4	0.0016	0.0014	%12.50	0.000163	%89.81
3	0.0023	0.0018	%21.74	0.000164	%92.87
2	0.0027	0.0019	%29.63	0.000146	%94.59
1	0.0016	0.0010	%37.50	8.87E-05	%94.46



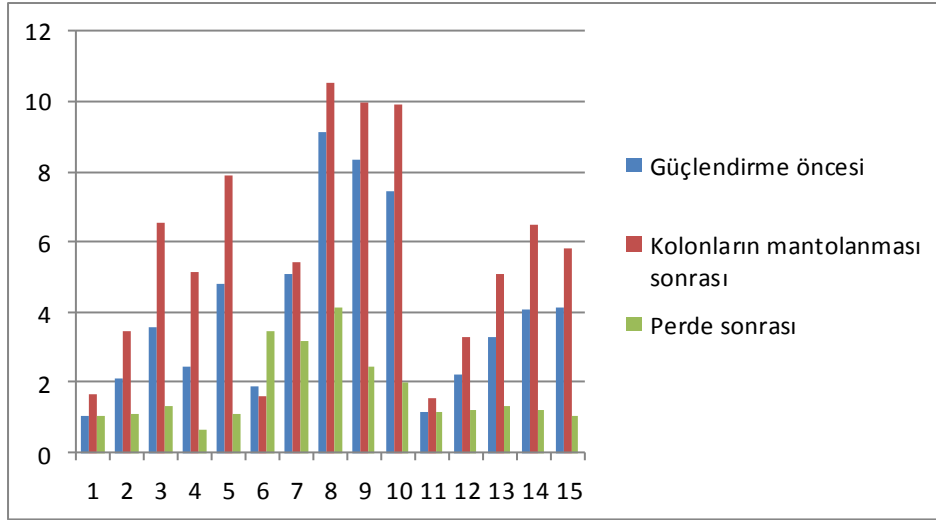
Şekil 3.21. Y doğrultusunda görelî kat ötelemelerinin karşılaştırılması

Tablo 3.27. Normal kuvvet, kesme kuvveti ve eğilme momentlerinin karşılaştırılması

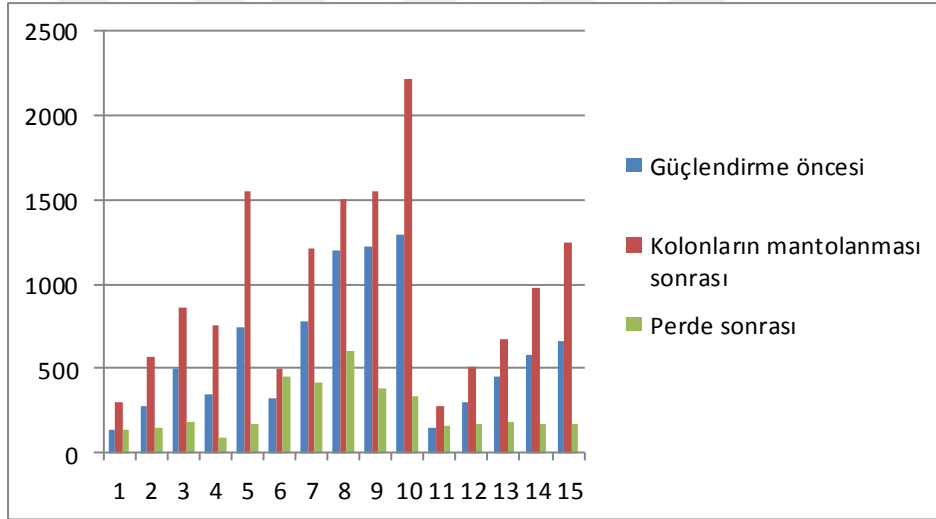
Elemen	kat	Mevcut			Kolonların mantolanması sonrası			Perde sonrası		
		Normal kuvvet (ton)	Kesme kuvveti (ton)	Eğilme momenti (ton-cm)	Normal kuvvet (ton)	Kesme kuvveti (ton)	Eğilme momenti (ton-cm)	Normal kuvvet (ton)	Kesme kuvveti (ton)	Eğilme momenti (ton-cm)
S ₂₈	5	1.09	0.98	124.98	1.77	1.64	317.44	0.21	0.99	130.32
	4	8.78	2.02	263.84	5.42	3.19	546.51	0.91	1.05	143.68
	3	8.28	3.36	471.11	10.83	5.65	720.06	1.99	1.25	178.06
	2	13.27	2.3	326.49	16.87	4.44	664.15	3.24	0.61	87.52
	1	19.25	4.56	702.63	22.8	7.07	1473.81	6.08	1.06	162.78
S ₂₉	5	1.87	1.82	313.24	3.21	1.64	546.44	0.48	3.39	445.37
	4	7.38	4.96	745.87	9.58	5.2	1198.24	1.14	3.14	412.1
	3	18.22	8.82	1165.88	20.19	9.84	1503.85	2.1	4.06	587.93
	2	32.4	8.04	1184.62	33.39	9.21	1435.81	2.24	2.41	369.78
	1	45.75	7.21	1247.40	45.11	9.32	2153.24	3.64	1.89	323.09
S ₃₀	5	0.88	1.12	141.39	1.93	1.64	299.57	0.07	1.13	148.45
	4	3.37	2.17	287.86	5.84	3.03	498.8	0.27	1.18	161.88
	3	7.59	3.17	434.17	11.34	4.62	620.61	0.78	1.3	179.8
	2	13.16	3.93	562.67	18.49	5.5	820.66	1.41	1.15	164.04
	1	19.82	4	643.03	25.46	9.26	2252.08	3.48	1.02	159.33



Şekil 3.22. Kolonlarda normal kuvvetlerin karşılaştırılması



Şekil 3.23. Kolonlarda kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması



Şekil 3.24. Kolonlarda eğilme momentlerinin karşılaştırılması

4. SONUÇLAR

Bu tez çalışmasında analitik olarak dayanımı yetersiz betonarme bir binanın kolon mantolama ve betonarme perdeler ile güçlendirilmesi konusu araştırılmıştır. Uygulama olarak Trabzon İli, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Merkez Kampüste bulunan Kredi Yurtlar Kurumu'na ait bir betonarme bina seçilmiştir.

Çalışma sonucunda çıkan sonuçlar aşağıda özetlenmektedir.

- Yapının periyodu kolonların mantolanmasından sonra %22.97, betonarme perdelerin eklenmesinden sonra ise %62.10 azalmaktadır.
- Yapının maksimum kat yerdeğiştirmesi kolonlar mantolandıktan sonra X yönünde %28.35; Y yönünde %23.21, betonarme perdeler yapıldıktan sonra ise X yönünde %63.40; Y yönünde %92.50 azalmaktadır.
- Yapının maksimum rijitliği kolonlar mantolandıktan sonra X doğrultusunda %150.76; Y doğrultusunda %113.44, betonarme perdeler eklendikten sonra ise X doğrultusunda %893.12; Y doğrultusunda %4378.73 artmaktadır.
- Maksimum görelı kat ötelemesi kolonların mantolanması sonrası X doğrultusunda %31.58; Y doğrultusunda %29.63; betonarme perdeler sonrası ise X doğrultusunda %73.11; Y doğrultusunda %94.59 azalmaktadır.
- Kolonların mantolanması meydana gelen normal kuvvet, kesme kuvveti ve eğilme momentlerini artırırken, betonarme perdeler söz konusu kuvvetleri önemli miktarda azaltmaktadır.
- Yapının maksimum taban kesme kuvvetleri kolonların mantolanması sonrası X doğrultusunda %55.66; Y doğrultusunda %36.95, betonarme perdeler eklenmesi sonrası X doğrultusunda %142.97; Y doğrultusunda %154.50 artış göstermektedir.
- Elde edilen bu sonuçlar uygulama olarak seçilen bina için geçerli olup, farklı binalar için analizlerin tekrarlanması gerekmektedir.

5. KAYNAKLAR

- Achillopoulou, D., Pardalakis, T. and Karabinis, A., 2014. Interface Capacity of Repaired Concrete Columns Strengthened with RC Jackets, Transactions of the VŠB– Technical University of Ostrava, Civil Engineering Series, 14,2, 129-145.
- Aktan, S. ve Kır a , N., 2010. Betonarme Binalarda Perdelerin Davranışa Etkileri, Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 23,1.
- Alashkar, Y., Nazar, S. and Ahmed, M., 2015. A Comparative Study of Seismic Strengthening of RC Building by Steel Bracings and Concrete Shear Walls, International Journal of Civil and Structural Engineering Research, 2,2, 24-34.
- Albanesi, T., Biondi, S., Candigliota, E., and Nuti, C., 2006. Experimental Analysis on a Regular Full Scale Infilled Frame, First European Conference on Earthquake Engineering and Sesmology, Geneva, Switzerland, Paper No: 1608.
- Alinoori, F., 2013. Betonarme Bir Binanın Farklı Yöntemler ile Onarım ve Güçlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, I.T. ., Fen Bil. Enst., İstanbul.
- Altun, F., Kara, H. B., Uncuoğlu, E. ve Karahan, O., 2008. Betonarme Yapılarda Deprem Hasarları ve 6 Katlı Bir Yapının Güçlendirme  alışmaları, G  Fen Bilimleri Dergisi, 16,2, 309-318.
- Anil,  . and Altın, S., 2007. An Experimental Study on Reinforced Concrete Partially Infilled Frames, Engineering Structures, 29,3, 449-460.
- Aracı, E., 2012. Betonarme Perde Konumlarının Bina Deprem Performansına Olan Etkisinin Bilgisayar Destekli İrdelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya.
- Avşar,  ., Yurdakul,  . ve Tunaboyu, O., 2013. Betonarme Perde Duvar Oranının Binaların Sismik Performansına Etkisi, 2. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, Eylül, Hatay, Bildiler kitabı: 1-8.
- Bechtoula, H., Sakashita, M., Kono, S., Watanabe, F. And Eberhard, M. O., 2004. Simulation of Damage Progression in Lower Stories of 11- Story Buildings, 13th World Conference of Earthquake Engineering, August, Canada, paper no: 3246.
- Beyli, E., 2002. Betonarme Binalarda Uygulanan Güçlendirme Yöntemleri ve Perde Y ksekliğinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Bush, T. D., Wyllie, L. A. and Jirsa, J. O., 1991. Observations on two seismic strengthening schemes for concrete frames. Earthquake Spectra. 7,4, 511-527.

- Canbay, E., Ersoy, U. and Ozcebe, G., 2003. Contribution of Reinforced Concrete Infills to Seismic Behavior of Structural Systems, ACI Structural Journal, 100,5, 637-643.
- Chaulagain, H., Rodrigues, H., Spacone, E. and Varum, H., 2015. Assessment of seismic strengthening solutions for existing low-rise RC buildings in Nepal, Earthquakes and Structures, 8,3, 511-539.
- Çömlekoğlu, H.G., 2009. Effect of Shear Walls on The Behavior of Reinforced Concrete Buildings Under Earthquake Loading, MSc Thesis, Middle East Technical University, Ankara.
- Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, 6 Mart 2007, Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, T.C. Resmi Gazete, Ankara.
- Döndüren, M. S. ve Karaduman, A., 2007. Çok Katlı Binaların Deprem Analizi, Selçuk-Teknik Dergisi, 6,1, 31-41.
- Dritos, S.E., 2015. Structural Design-Earthquake Engineering-PART C: Assessment and Retrofitting of Existing Structures, University of Patras, Greece, Pisa, March.
- Ersoy U., 1993. 1992 Erzincan Depreminden Alınması Gereken Dersler, 2. Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, İstanbul, Bildiriler kitabı: 395-403.
- Faelaa et al., 2004. Seismic Assessment and Retrofitting of R.C. Existing Buildings, 13th World Conference of Earthquake Engineering, August, Canada, No: 84.
- Fahjan, Y.M., Başak, K., Kubin, J. ve Tan, M.T., 2011. Perdeli Betonarme Yapılar için Doğrusal Olmayan Analiz Metotları, 7. Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, İstanbul, Bildiriler Kitabı: 1-12.
- Fukuyama, H. and Sugano, S., 2000. Japanese Seismic Rehabilitation of Concrete Buildings After the Hyogoken-Nanbu Earthquake, Cement and Concrete Composites, 22,1, 59-79.
- Furtado, A., Rodrigues, H., Varum, H. and Costa, A., 2017. Evaluation of different strengthening techniques' efficiency for a soft storey building, European Journal of Environmental and Civil Engineering, 21,24, 371-388.
- Günel, A.O., 2013. Perde Duvar Alanının Kat Alanına Oranının Mevcut Betonarme Binaların Deprem Yükleri Altındaki Yapısal Performanslarına Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara.
- Gürol, B.K., 2007. Deprem dayanımı yetersiz betonarme binaları Güçlendirme yöntemleri, Yüksek Lisans Tezi, D.E.Ü., Fen Bil. Enst., İzmir.
- Hayashi, Y., Niwa, H. and Fukuhara, M., 1980. The Strengthening of Existing R/C Building, Proceeding of the 7th World Conference on Earthquake Engineering, Volume 4, September, Istanbul, Turkey.

- Higashi, Y. and Kokusho, S., 1975. The Strengthening Method of Existing Reinforced Concrete Buildings, US-Japan Cooperative Research Program in Earthquake Engineering, Honolulu HI.
- Ignatiev, N., 1998. Some Problems of Existing Buildings with New Structural Components, Repair and Strengthening of Existing Buildings, Second Japan-Turkey Workshop on Earthquake Engineering, February, Istanbul, 11-42.
- Kahn, L.F. and Hanson, R., 1979. Infilled Walls for Earthquake Strengthenin, Journal of the Structural Division, 105, 2, 283-296.
- Kaliyaperumal, G. and Sengupta, A.K., 2009. Seismic Retrofit of Columns in Buildings for Flexure Using Concrete Jacket. ISET Journal of Earthquake Technology, Paper 505, 77-107.
- 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, 1-11.
- Kaltakçı, M. Y., Arslan, M. H. and Yavuz, G., 2010. Effect of internal and external shear wall location on strengthening weak R/C frames, Transaction A Civil Engineering, 17,4, 312-323.
- Kaltakçı, M. Y., Öztürk, M. and Arslan, M. H., 2010. An experimental investigation for external R/C shear wall applications, Natural hazards and earth system sciences, 10,9, 1941-1950
- Kanıt, R. ve Altın, A., 2008. Okul Binalarının Güçlendirilmesinde Örnek Bir Uygulama, Selçuk-Teknik Dergisi, 7,2, 138-152.
- Kaplan, H., Atımtay, E., Yılmaz, S. and Çetinkaya, N., 2011. Seismic strengthening of rc structures with exterior shear walls, Indian Academy of Sciences, 36,1, 17-34.
- Karageyik, C. ve Sucuoğlu, H., 2011. Betonarme binaların perdelerle güçlendirilmesinde şekilgeçştirme esaslı yöntemlerin uygulanması, 1. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, Ekim, ODTÜ, Ankara, Bildiriler Kitabı: 1-10.
- Körlü, M. S., Deneme, İ.Ö. ve Hüseyin Y.R., 2004. Betonarme yapıların perde takviyesi ile güçlendirilmesi, ÇÜ Müh. Mim. Fak. Dergisi 19,1, 149-157.
- Nasersaeed, H., 2011. Evaluation of behavior and seismic retrofitting of RC structures by concrete jacket, Asian Journal of Applied Sciences, 4,3, 211-228.
- Onur, H., 2006. Betonarme Binaların Taşıyıcı Eleman ve Sistem İlave Edilerek İyileştirilmesi ve Güçlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- Özbalaban, G., 2002. Betonarme Bir Binanın Perdelerle Güçlendirilmesinde Karşılaşılan Zorluklar ve Perde Yüksekliğinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Öztürk. M., 2010. Deprem dayanımı yetersiz betonarme çerçevelerin bağ kirişli dış perde duvar uygulaması ile güçlendirilmesi, Doktora Tezi, S.Ü., Fen Bil. Enst., Konya.
- Phan, L.T, Cheok, G.S. and Todd, D.R., 1995. Strengthening Methodology for Lightly Reinforced Concrete Frames: Recommended Design Guidelines for Strengthening with Infill Walls, Building and Fire Research Laboratory National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg.
- Rodrigues, H., Pradhan, P.M., Furtado, A., Rocha, P. and Vila-Pouca, N, 2018. Structural Repair and Strengthening of RC Elements with Concrete Jacketing. In Strengthening and Retrofitting of Existing Structures, 9, 181-198.
- Sakcalı, G., 2016. Düzenli ve Simetrik Perde Duvar Yerleşimine Sahip Betonarme Binaların Performans Değerlendirmesi, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Sevengil, V., 2006. Sekiz Katlı Mevcut Bir Betonarme Binanın Hastane Olarak Kullanılmak Üzere Deprem Yönetmeliği'ne Göre Kontrolü ve Güçlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Sheikh, T.R., Khan, M.K. and Izhar, T., 2017. A review on Strengthening of RCC square columns with Reinforced Concrete Jacketing, International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET), 4,3, 1797-1799.
- Shirwa, M. A., 2016. Betonarme Binalarda Perdelerin Performansa Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, S.D.Ü., Fen Bil. Enst., Isparta.
- Sucuoğlu, H., Gür, T. and Günay, M. S., 2004. Performance-Based Seismic Rehabilitation of Damaged Reinforced Concrete Buildings, Journal of Structural Engineering, 130,10, 1475-1486.
- Tekel, H., 2006. Betonarme Yapılarda %1 Oranında Perde Kullanımının Değerlendirilmesi, TMH - Türkiye Muhendislik Haberleri, Ankara, 57-63.
- Tüzün C., Hancılar U., Selçuk M.E., Erdik M., 2009. Depreme Karşı Yapısal Güçlendirme, İstanbul Sismik Riskin Azaltılması ve Acil Durum Hazırlık Projesi, Toplumun Afete Hazırlığı Eğitim Materyalleri, İstanbul.
- Tüzün C., Hancılar U., Selçuk M.E., Erdik M., 2009. Depreme Karşı Yapısal Risklerin Azaltılması, İstanbul Sismik Riskin Azaltılması ve Acil Durum Hazırlık Projesi, Toplumun Afete Hazırlığı Eğitim Materyalleri, İstanbul.
- Toumatarı, G. S., 2014. Betonarme Bir Binanın Deprem Performansının Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile Belirlenmesi ve Perde ile Güçlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, D.E.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

- Uçar, T., Toumatarı, S. G. ve Ertutar, Y., 2014. Çerçeve Düzlemi İçinde Eklenen Perdelerin Betonarme Binaların Yapısal Özelliklerine Etkilerinin İncelenmesi, İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi, 3,1, 56-68.
- Ünal, A., Korkmaz, H., Kaltakçı, M. Y., Kamanlı, M., Bahadır, F. ve Balık, F. S., 2013. Deprem dayanımı yetersiz betonarme çerçevelerin düzlem dışı perde duvar ile güçlendirilmesi, 2. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, Eylül, Hatay, Bildiriler Kitabı: 2-9.
- Vandoros, K.G. and Dritsos, S.E., 2008. Concrete jacket construction detail effectiveness when strengthening RC columns, *Construction and Building Materials*, 22,3, 264-276.
- Yılmaz, S., 2007. Betonarme Binaların Yapı Dışarısından Perde Duvarlarla Güçlendirilmesi, Doktora Tezi, P.A.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli.
- Youssef, M.A., 1999. Modeling of Existing and Rehabilitated Reinforced Concrete Buildings, PhD Thesis, McMaster University,.
- Yön, B. ve Sayın, E., 2011. Betonarme perdeler ve çelik çaprazlarla yapılan güçlendirmelerin karşılaştırılması, 6th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11), Elazığ, Bildiriler Kitabı: 16-18.
- Zeynep, D., 2006. Orta Yükseklikteki Mevcut Betonarme Binaların 2006 Türk Deprem Yönetmeliğine Göre Performans Değerlendirmesi, Yüksek Lisans Tezi, O.D.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

ÖZGEÇMİŞ

Mohammad Sameer BAWARY, 1991 yılında Laghman-Qarghai'de doğdu. Liseyi 1996-2008 yıllarında Aamerkhial Lisesi'nde tamamladı. 2009 yılında başlamış olduğu Nangarhar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü'nden 2013 yılında mezun oldu. 2015'te Karadeniz Teknik Üniversitesinde Yüksek Lisans öğrenimine başladı. Mohammad Sameer BAWARY Türkçe, İngilizce, Urduca ve Farsça bilmektedir.

