

**T.C.  
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**DOLGU DUVARLI ÇERÇEVELERİN HASIR DONATI İLE  
GÜÇLENDİRİLMESİNDE, ÇERÇEVE ANKRAJ ÇAPININ  
DEĞİŞİMİNİN BÖLME DUVARLI ÇERÇEVE  
GÜÇLENDİRMESİNE ETKİSİNİN DENEYSEL  
ARAŞTIRILMASI**

**Hazırlayan  
ALİ AL-MALİKİ**

**Danışman  
Yrd. Doç. Dr. Hidayet ÖZDEMİR**

**Yüksek Lisans Tezi**

**Kasım 2017  
KAYSERİ**

**T.C.  
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**DOLGU DUVARLI ÇERÇEVELERİN HASIR DONATI İLE  
GÜÇLENDİRİLMESİNDE, ÇERÇEVE ANKRAJ ÇAPININ  
DEĞİŞİMİNİN BÖLME DUVARLI ÇERÇEVE  
GÜÇLENDİRMESİNE ETKİSİNİN DENEYSEL  
ARAŞTIRILMASI**

**(Yüksek Lisans Tezi)**

**Hazırlayan  
ALİ AL-MALİKİ**

**Danışman  
Yrd. Doç. Dr. Hidayet ÖZDEMİR**

**Kasım 2017  
KAYSERİ**

## BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim. Aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi belirtirim.



ALİ AL-MALİKİ



## YÖNERGEYE UYGUNLUK SAYFASI

“Dolgu Duvarlı Çerçvelerin Hasır Donatı ile Güçlendirilmesinde, Çerçeve Ankraj Çapının Değişiminin Bölme Duvarlı Çerçeve Güçlendirmesine Etkisinin Deneysel Araştırılması” adlı Yüksek Lisans tezi, Erciyes Üniversitesi Lisansüstü Tez Önerisi ve Tez Yazma Yönergesi’ne uygun olarak hazırlanmıştır.

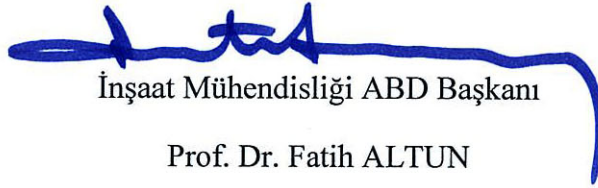


Tezi Hazırlayan

Ali Al-MALİKİ

Danışman

Yrd. Doç. Dr. Hidayet ÖZDEMİR



İnşaat Mühendisliği ABD Başkanı

Prof. Dr. Fatih ALTUN

## KABUL VE ONAY

Yrd. Doç. Dr. Hidayet ÖZDEMİR danışmanlığında ALİ AL-ALMALİKİ tarafından hazırlanan “**Dolgu Duvarlı Çerçevelerin Hasır Donatı ile Güçlendirilmesinde, Çerçeve Ankraj Çapının Değişiminin Bölme Duvarlı Çerçeve Güçlendirmesine Etkisinin Deneysel Araştırılması**” adlı bu çalışma, jürimiz tarafından Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında **Yüksek Lisans** tezi olarak kabul edilmiştir.

..... / ..... / 2017

### JÜRİ:

Danışman : YRD. DOÇ. DR. HİDAYET ÖZDEMİR



Üye : PROF. DR. FATİH ALTUN



Üye : YRD. DOÇ. DR. ALİ BOZER



### ONAY:

Bu tezin kabulü Enstitü Yönetim Kurulunun 14/11/2017 tarih ve 2017/49-03 sayılı kararı ile onaylanmıştır.

Prof. Dr. Mehmet AKKURT  
Enstitü Müdürü



## ÖNSÖZ / TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca farklı bakış açıları ve bilimsel katkılarıyla beni aydınlatan, yakın ilgi ve yardımlarını esirgemeyen ve bu günlere gelmemde en büyük katkı sahibi sayın hocam Yrd. Doç. Dr. Hidayet ÖZDEMİR'e teşekkürü bir borç bilirim.

Ayrıca; çalışmalarım süresince sabır göstererek beni daima destekleyen aileme en içten teşekkürlerimi sunarım.

ALİ AL-ALMALİKİ

Ekim 2017, Kayseri



**DOLGU DUVARLI ÇERÇEVELERİN HASIR DONATI İLE  
GÜÇLENDİRİLMESİNDE, ÇERÇEVE ANKRAJ ÇAPININ DEĞİŞİMİNİN  
BÖLME DUVARLI ÇERÇEVE GÜÇLENDİRMESİNE ETKİSİNİN DENEYSEL  
ARAŞTIRILMASI**

**ALİ AL-ALMALİKİ**

**Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü  
Yüksek Lisans Tezi, Ekim 2017  
Danışman: Yrd. Doç. Dr. Hidayet ÖZDEMİR**

**ÖZET**

Çerçeve boşluklarının dolgu duvar ile kapatılmasının çerçeve davranışına ve kapasitesine olan olumlu etkileri bilinmektedir. Ancak dolgu duvarlar muhtemel bir deprem esnasında ya düzlem dışı devrilerek ya da deprem kuvvetlerinin ilk aşamalarında gevrek bir şekilde kırılarak olumlu etkilerini kaybetmektedirler. Bu yüzden dolgu duvarların deprem öncesi güçlendirilmeleri veya depremi az veya orta hasarlı atlattıktan sonra onarılması ve güçlendirilmesi pratikte yaygındır. Güçlendirme sonrası dolgu duvarlar, perde duvar gibi davranarak yapının yanal rijitliğini ve dayanımı artırabilir ve böylece diğer taşıyıcı elemanların güçlendirilmesine gerek olmayabilir.

Buradaki çalışmada dolgu duvar eklenmesinin ve güçlendirilmesinin betonarme çerçeve davranışına olan etkisi incelenmektedir. Kusurlu olarak üretildikleri varsayılan yapılara ait tuğla dolgu duvarlı betonarme çerçevelerin, duvar yüzeyine uygulanan hasır donatı ve sıva ile güçlendirilmeleri yapılmıştır. Bu amaç doğrultusunda beş adet tek katlı, tek açıklıklı ve ½ ölçekli betonarme çerçeve üretilmiştir. Çerçevelerden biri boş çerçeve, biri dolgu duvarlı, diğer üçü de dolgu duvarları güçlendirilmiş çerçeve olarak imal edilmiştir. Güçlendirilmiş çerçeveler arasındaki farkı çerçeve elemanları ile duvar arasındaki ankraj çapı oluşturmaktadır. Numuneler tersinir tekrarlanır yatay yük altında test edilmiştir. Çerçeve elemanların geometrik ve donatı özellikleri uygulamada kusurlu olarak üretildikleri varsayılan yapıları temsil etmektedir. Numunelerin ankastre mesnetli oldukları kabul edilerek buna uygun şekilde temel ile desteklenmişlerdir.

Yapılan deneyler sonucu deney elemanlarının yatay yük – yatay yer değiştirme, zarf eğrisi- yatay yer değiştirme ve rijitlik- ötelenme değer ve grafikleri elde edilmiştir. Bu veriler kullanılarak yapılan dolgu duvar ve güçlendirmenin yapı davranışına olan etkisi irdelenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Betonarme çerçeve, dolgu duvar, güçlendirme, hasır çelik

**IN THE INFILLED FRAMES WITH MESH WIRE EXPERIMENTAL  
INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF VARIATION OF FRAME  
ANCHORAGE ON STRENGTHENING OF FRAMES**

**ALİ AL-ALMALIKİ**

**Erciyes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences**

**M.Sc. Thesis, October 2017**

**Supervisor: Assist. Prof. Dr. Hidayet ÖZDEMİR**

**ABSTRACT**

The positive effects of frame infills on the behavior and capacity of structures are known. Yet, the infill walls may undergo out of plane deformation under a possible earthquake or crush in a brittle manner during the first stages of earthquakes and accordingly they will lose their positive influences. For this reason, the strengthening of infill walls before earthquakes or repair and strengthening of walls after they survive ground motion with minor or moderate damage is common in practice. Upon the strengthening, the walls behave in a similar fashion to structural walls such that they increase the lateral stiffness and strength of buildings. This may make it unnecessary structural to strengthen.

In the study herein, the effect of the addition and strengthening of infill walls on the behavior of reinforced concrete structures is investigated. A frame building that does not conform to current seismic design codes has been manufactured, then the infill walls are strengthened using a mesh reinforcement and plaster. For this purpose, five one-story, single bay and  $\frac{1}{2}$  scaled reinforced concrete frames are produced. Of the frames, one is built without infill, one with bare infill wall and three with strengthened infill wall. The difference among the strengthened frames is the diameter of anchorage used between the infill wall and frame members. The specimens are tested using reversible cyclic loading. The specimen represent buildings that have insufficient member geometric properties and reinforcement details. The test specimens are assumed to be fixed at the base so foundation design is made accordingly.

Following the testing procedure, the lateral load-deformation, envelope curve-lateral displacement and stiffness-drift values and corresponding graphics of the frame buildings are obtained. Utilizing these data, the influence of the addition of infill wall and strengthening of the wall on the building behavior is discussed.

**Keywords:** Infill wall, reinforced concrete frame, strengthening, wire mesh

## İÇİNDEKİLER

### DOLGU DUVARLI ÇERÇEVELERİN HASIR DONATI İLE GÜÇLENDİRİLMESİNDE, ÇERÇEVE ANKRAJ ÇAPININ DEĞİŞİMİNİN BÖLME DUVARLI ÇERÇEVE GÜÇLENDİRMESİNE ETKİSİNİN DENEYSEL ARAŞTIRILMASI

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK .....	i
YÖNERGEYE UYGUNLUK SAYFASI .....	ii
KABUL VE ONAY .....	iii
ÖNSÖZ / TEŞEKKÜR .....	iv
ÖZET .....	v
ABSTRACT .....	vi
İÇİNDEKİLER .....	vii
KISALTMALAR .....	ix
ÇİZELGE LİSTESİ .....	x
ŞEKİLLER LİSTESİ .....	xi

## BÖLÜM 1

### GİRİŞ

1.1. Çalışmanın Anlam ve Önemi .....	1
1.2. Çalışmanın Amaç ve Kapsamı .....	3

## BÖLÜM 2

### GENEL BİLGİLER

2.1. Yapıların Güçlendirilmesi .....	6
2.1.1. Güçlendirme Kavramı .....	6
2.1.2. Dolgu Duvarların Yapı Davranışına Etkisi ve Güçlendirilmesi .....	7
2.2. Dolgu Duvarlar ve Güçlendirme .....	9
2.2.1. Dolgu Duvarların Hasır Çelik Donatılı Özel Sıva ile Güçlendirilmesi .....	9
2.2.3. Prefabrik Beton Panel Uygulaması .....	11
2.3. Önceki çalışmalar .....	12

### BÖLÜM 3

#### DENEYSEL ÇALIŞMA

<b>3.1. Malzeme Özellikleri .....</b>	<b>26</b>
<b>3.1.1. Beton .....</b>	<b>26</b>
<b>3.1.2. Donatı .....</b>	<b>26</b>
<b>3.1.3. Güçlendirme Sıvaları .....</b>	<b>27</b>
<b>3.2. Numunelerin İmalatı.....</b>	<b>28</b>
<b>3.2.1. Boyutlar ve donatı detayları.....</b>	<b>37</b>
<b>3.2.2. Çerçevelerin güçlendirilmesi .....</b>	<b>37</b>
<b>3.3. Deney ve Ölçüm Düzenegi .....</b>	<b>44</b>
<b>3.3.1. Deneylerin Yapılması .....</b>	<b>47</b>

### BÖLÜM 4

#### DENEY SONUÇLARI VE DEĞERLENDİRİLMESİ

<b>4.1. Deneylerin Aşamaları ve Yük-Yer Değiştirme Eğrileri .....</b>	<b>51</b>
<b>4.1.1. Boş Çerçeve (B).....</b>	<b>51</b>
<b>4.1.2. Dolgu Duvarlı Referans Çerçeve (I) .....</b>	<b>55</b>
<b>4.1.3 Güçlendirilmiş Çerçeve (FA30 Φ8) .....</b>	<b>61</b>
<b>4.1.4. Güçlendirilmiş Çerçeve (FA30 Φ10) .....</b>	<b>66</b>
<b>4.1.5. Güçlendirilmiş Çerçeve (FA30 Φ12) .....</b>	<b>72</b>
<b>4.2. Zarf Eğrileri - Bölme duvar güçlendirmesinin çerçeve davranışına etkisi.....</b>	<b>76</b>
<b>4.3. Çerçeve Rijitliklerinin Kıyaslanması .....</b>	<b>81</b>
<b>4.4. Çevrimler Arası Rijitlik Azalması.....</b>	<b>85</b>

### BÖLÜM 5

<b>SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....</b>	<b>87</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>90</b>
<b>EKLER.....</b>	<b>94</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>109</b>

## KISALTMALAR

<b>ACI</b>	: American Concrete Institute
<b>CFRP</b>	: Carbon Fiber Reinforced Polymer
<b>EMPA</b>	: Uluslararası Malzeme Test ve Araştırma Merkezi
<b>FRP</b>	: Fiber Reinforced Polymer
<b>LP</b>	: Lifli polimer
<b>LVDT</b>	: Linear Variable Displacement Transducer
<b>Mpa</b>	: Megapascal
<b>MR</b>	: Mağnetik Rezonans

## ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 3.1. Deney numunelerinin fiziksel ve geometrik özellikleri.....	25
Çizelge 3.2. Beton Karışım Oranları.....	26
Çizelge 3.3. Beton Numune Özellikleri.....	26
Çizelge 3.4. Donatı Özellikleri .....	27
Çizelge 3.5. Deprem Yönetmeliğinde Verilen Karışım Oranına Göre Hazırlanmış Sıva .....	27
Çizelge 3.6. Tuğla Basınç Dayanımı .....	27

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1.	Dolgu duvarlarda deprem etkisiyle oluşan kesme çatlağı .....	8
Şekil 2.2.	Dolgu duvarlarda deprem etkisiyle oluşan X çatlağı .....	9
Şekil 2.3.	Dolgu Duvarların Hasır Çelik Donatılı Özel Sıva ile Güçlendirilmesi .....	10
Şekil 2.4.	Lifli Polimer Uygulaması .....	10
Şekil 2.5.	Prefabrike Beton Panel Uygulaması .....	11
Şekil 3.1.	Temel betonu .....	28
Şekil 3.2:	Kalıpları sökülmüş temel .....	29
Şekil 3.3.	Temel betonu kürü .....	29
Şekil 3.4:	Çerçeve kalıplarının ve donatıların yapımı .....	30
Şekil 3.5.	Donatıları tamamlanmış çerçeve .....	30
Şekil 3.6.	Hazırlanan çerçeve kalıpları .....	31
Şekil 3.7.	Çerçeve betonlarının dökümü .....	31
Şekil 3.8.	Beton dökümü tamamlanmış çerçeveler .....	32
Şekil 3.10:	Beton numunesi alınmış şekli .....	33
Şekil 3.11:	Çerçevelerin kalıplarının sökülmüş şekli .....	33
Şekil 3.12.	Güçlendirme için çerçevede bırakılan dış .....	34
Şekil 3.13:	Bölme duvarının dış yüzey .....	34
Şekil 3.14.	Bölme duvarlara sıva yapılması iç yüz .....	35
Şekil 3.15.	Bölme duvarlara sıva yapılması dış yüz .....	36
Şekil 3.16.	Güçlendirme için çerçevede bırakılan dış .....	36
Şekil 3.17.	Deney elemanları ve donatı detayları .....	37
Şekil 3. 18:	Boş çerçeve (B) .....	38
Şekil 3. 19:	I, Dolgu duvarlı ve sıvalı çerçeve ( Güçlendirilmemiş ) .....	38
Şekil 3.20.	I-FA30 $\Phi$ 8-WA8-P1 (Çerçeve ankraj aralığı 30 cm ve 8mm çap, duvar düzlemine dik ankraj sayısı 8 adet, 3.5 cm yönetmelikteki sıva) (Deprem Yönetmeliğine uygun) .....	39

Şekil 3.21. I-FA30 $\Phi$ 10-WA8-P1(çerçeve ankraj aralığı 30 cm ve 10mm çap ,duvar ankaraj sayısı 8 ade ve 8mm çap+ sıva 3.5 cm) .....	39
Şekil 3.22. I-FA30 $\Phi$ 12-WA8-P1(çerçeve ankraj aralığı 30 cm ve 12mm çap, duvar ankaraj sayısı 8 ade ve 8mm çap+ sıva 3.5 cm) .....	40
Şekil 3.23. Duvar düzlemine dik ankraj yapımı.....	41
Şekil 3.24: 3 no'lu numune ankraj detayları .....	42
Şekil 3.25. 4 no'lu numune ankraj detayları .....	43
Şekil 3.26. 5 no'lu numune ankraj detayları .....	43
Şekil 3.27: Düzlem dışı hareketi engellemek için yapılan kayıcı mesnetler.....	45
Şekil 3.29. Yükleme duvarı ve deney düzeneği .....	46
Şekil 3.30. Deney düzeneği.....	46
Şekil 3.31. Deney veri toplama düzeneği .....	47
Şekil 3. 32: Boş çerçeve numunesine yatay yükleme yapılması.....	48
Şekil 3. 33: LVDT lerle numuneden veri toplanması .....	48
Şekil 3.34. Dolgu duvarlı numunesine yatay yükleme yapılması.....	49
Şekil 3.35. LVDT lerle numuneden veri toplanması .....	50
Şekil 4.1. Boş çerçeve deney öncesi .....	52
Şekil 4.2. 4. döngü sonunda çatlak durumu .....	52
Şekil 4.3. 7. Döngü sonunda çatlak durumu .....	53
Şekil 4.4. 12. Döngü sonunda çatlak durumu .....	54
Şekil 4.5: 13. Döngü sonunda çatlak durumu .....	54
Şekil 4.6. Boş çerçeveye ait yük-yer değiştirme eğrisi. ....	55
Şekil 4.7. Dolgu duvarlı referans çerçeve (I) .....	56
Şekil 4.8. Dolgu duvarlı referans çerçevede 2 ve 3. döngüde oluşan çatlaklar .....	57
Şekil 4.9. 7. döngü sonunda oluşan çatlaklar ve dökülmeler .....	57
Şekil 4.10. 13. döngü sonunda oluşan çatlaklar ve dökülmeler .....	58
Şekil 4.11. 17. döngü sonunda oluşan çatlaklar ve dökülmeler .....	59
Şekil 4.12. 30. döngü sonunda oluşan çatlaklar ve dökülmeler .....	60
Şekil 4.13. Tuğla dolgulu çerçeveye (I) ait yük-yer değiştirme eğrisi.....	60

Şekil 4.14.	1. döngü sonunda oluşan çatlaklar.....	62
Şekil 4.15.	4. döngü sonunda oluşan çatlaklar ve ayrılmalar.....	62
Şekil 4.16.	8. döngü sonunda çatlak durumu.....	63
Şekil 4.17.	14. döngü sonunda çatlak ve dökülme durumu.....	63
Şekil 4.18.	24. döngü sonunda çatlak ve dökülme durumu.....	64
Şekil 4.19.	26, 28 ve 30. döngü sonunda çatlak ve dökülme durumu.....	65
Şekil 4.20.	Güçlendirilmiş çerçeveye (I-FA30 $\Phi$ 8-WA8-P1 ) ait yük-yer değiştirme eğrisi.....	66
Şekil 4.21:	İlk üç döngü sonunda çatlak ve ayrılma durumu.....	67
Şekil 4.22:	6. döngü sonunda çatlak ve ayrılma durumu.....	67
Şekil 4.23:	12. döngü sonunda çatlak, ayrılma ve dökülme durumu.....	68
Şekil 4.24:	20. döngü sonunda çatlak, ayrılma ve dökülme durumu.....	70
Şekil 4.25:	24. döngü sonunda çatlak, ayrılma ve dökülme durumu.....	71
Şekil 4.26.	Güçlendirilmiş çerçeveye (FA30 $\Phi$ 10) ait yük-yer değiştirme eğrisi.....	72
Şekil 4.27:	İlk 4 döngü sonunda çatlak durumu.....	73
Şekil 4. 28:	9. döngü sonunda çatlak durumu.....	73
Şekil 4.29.	14. döngü sonunda çatlak ve ayrılma durumu.....	74
Şekil 4.30.	18. döngü sonunda çatlak durumu.....	75
Şekil 4.31.	28. döngü sonunda çatlak durumu.....	75
Şekil 4.32.	Güçlendirilmiş çerçeveye (FA30 $\Phi$ 12) ait yük-yer değiştirme eğrisi.....	76
Şekil 4.33:	Boş çerçeve (B) yatay yük- yer değiştirme zarf eğrisi.....	77
Şekil 4.34:	Dolgu duvarlı çerçeve (I) yatay yük- yer değiştirme zarf eğrisi.....	77
Şekil 4.35.	Dolgu duvarlı güçlendirilmiş çerçeve (I-FA30- $\Phi$ 8-WA8-P1) yatay yük- yer değiştirme zarf eğrisi.....	78
Şekil 4. 36.	Dolgu duvarlı güçlendirilmiş çerçeve (I-FA30- $\Phi$ 10-WA8-P1) yatay yük- yer değiştirme zarf eğrisi.....	78
Şekil 4. 37.	Dolgu duvarlı güçlendirilmiş çerçeve (I-FA30- $\Phi$ 12-WA8-P1) yatay yük- yer değiştirme zarf eğrisi.....	79
Şekil 4.38.	Boş çerçeve, dolgu duvarlı referans çerçeve ve güçlendirilmiş çerçeveler için elde edilen	

Şekil 4. 39: Boş çerçeve (B) rijitlik-ötelenme eğrisi.....	82
Şekil 4. 40: Dolgu duvarlı çerçeve (I) rijitlik-ötelenme eğrisi. ....	82
Şekil 4.41. Dolgu duvarlı güçlendirilmiş çerçeve (I-FA30- $\Phi$ 8-WA8-P1) rijitlik-ötelenme eğrisi. ....	83
Şekil 4.42. Dolgu duvarlı güçlendirilmiş çerçeve (I-FA30- $\Phi$ 10-WA8-P1) rijitlik-ötelenme eğrisi.....	83
Şekil 4.43. Dolgu duvarlı güçlendirilmiş çerçeve (I-FA30- $\Phi$ 12-WA8-P1) rijitlik-ötelenme eğrisi.....	84
Şekil 4.44. Boş çerçeve, dolgu duvarlı referans çerçeve ve güçlendirilmiş çerçeveler için elde edilen rijitlik-ötelenme eğrileri. ....	84
Şekil 4. 45. Tüm numunelerde meydana gelen çevrim içi rijitlik kayıp yüzdesi. ....	86
Şekil 4.46. Dolgu duvarlı güçlendirilmiş numunelerde meydana gelen çevrim içi rijitlik kayıp yüzdesi. ....	86

# BÖLÜM 1

## GİRİŞ

### 1.1. Çalışmanın Anlam ve Önemi

Türkiye'nin büyük bir bölümü dünyanın önde gelen Alp-Himalayalar deprem kuşağında olmasına rağmen, yapılaşmadaki noksanlar ve yapılan hatalar yapılarda büyük hasarlara ve çok miktarda mal ve can kayıplarına neden olmaktadır. Ülkenin depremselliğinden dolayı, tasarım depremlerinin şiddeti büyük olmuştur ve olacaktır. Bu durum karşısında yapılması gereken en mantıklı çözüm depremlere karşı önlem alınması ve yapı hasarlarının minimize edilmesi zorunluluğudur. Ülkemizin yüksek deprem riskine sahip olmasına rağmen uzun yıllar 'depreme dayanıklı yapı' kavramına dikkat edilmemiş, deprem kuvvetlerine karşı performansı bilinmez, yeterliliği şüphe uyandıran büyük bir yapı topluluğu oluşmuştur [1].

Betonarme taşıyıcı elemanların ve/veya yapıların aşağıda sıralanan nedenlerden dolayı onarım/iyileştirilmesi ve/veya güçlendirilmesi ihtiyaç duyulabilmektedir: dizayn ve uygulama kusurları, yapı kullanım hedefinde değişiklik olma ve yeni yönetmeliklerin çıkartılması dolayısıyla eskilerin yetersiz kalması. Çeşitli nedenlerden dolayı her bina için geçerli olabilecek farklı onarım/güçlendirme metodlarının belirlenmesi doğrultusunda araştırmalar devam etmektedir. Bu nedenlerden bazıları: statik olarak kusurlu yapı sayısının fazla olması, yapı yapım tekniklerinin farklılığı, binaların halen kullanımda olması ve ülkenin ekonomik vaziyeti olarak sıralanabilir [2].

En son meydana gelen depremler akabinde yapılan araştırmalar sonucu, Türkiye'deki betonarme binaların çoğunun onarım ve güçlendirilmesine ihtiyaç duyduğu anlaşılmıştır. Buradaki en büyük sorun, deprem kuvvetlerine karşı güçlendirilmesi gereken birçok binanın bulunmasıdır. Aynı zamanda bunların kullanıma ara vererek güçlendirilmesinin etkin bir çözüm metodu bulunmamasıdır. Bu sorunun çözümü için

güçlendirme esnasında binanın kullanımına müsaade edecek, başka bir deyişle binanın boşaltılmasını gerektirmeyecek yöntemlerin oluşturulması gerekmektedir [3]. Özellikle deprem gibi doğal afetlerden sonra faaliyetlerine devam etmesi gereken hastane gibi bazı önem arz eden yapıların çok hızlı bir şekilde onarım ve güçlendirilmesi gerekmektedir. Benzer durum işleyişinin durdurulması maliyet ve fiyatının çok yüksek olduğu fabrika ve endüstri binaları için de geçerlidir [2].

Güçlendirmenin ana amacı; deprem gibi yıkıcı kuvvetlere karşı yapısal elemanların zarar görmesini olabildiğince en aza indirmek ve bunun sonucunda yapının göçmesini veya kullanılamaz hale gelmesini önüne geçmektir. Çok şiddetli deprem kuvvetlerine karşı yapının hiç bir zarar almamasını sağlamak, güçlendirme yöntemi ile gerçekleştirilemeyecek bir gerçektir. Ancak güçlendirme ile bina içerisinde bulunan canlıların ve cansız varlıkların yapı dışına tahliye edilebilmesini sağlamak mümkün olabilecektir.

Mevcut bir yapının yanal kuvvet kapasitesi ve rijitliği, yapıya yeni çerçeve veya düzlem elemanlarının eklenmesi ile iyileştirilebilir. Bu elemanlar uygun bir şekilde dizayn edildiği zaman deprem kuvvetlerinin büyük bir kısmına karşı koyarak, mevcut sistemin alacağı deprem şiddetini dikkate değer bir şekilde azaltırlar. Yeni elemanlarla yapının güçlendirilmesi yapının rijitliği arttıracığı için, genellikle deprem kuvvetleri de artacaktır. Bu etkiler yapı sisteminde değişik bir dağılımda meydana gelebilir. Yeni elemanların bina planı içerisinde düzgün bir şekilde dağıtılmasıyla, etkilerin belirli bölgede yoğunlaşması ve arzu edilmeyen burulma etkilerinin meydana gelmesi engellenmiş olur.

Yapılarda onarım/iyileştirme ve güçlendirmeyi gerektiren en önemli neden depremler sonucu yapılarda meydana gelen hasarlardır. Bunun haricinde son yıllarda betonarme binaların kullanım amacının değişmesi ve dolayısıyla yapının daha fazla kuvvetlere maruz kalması, hem tasarım hem de inşaa aşamasında yapıda meydana gelen kusurlar, yönetmeliklerin değişmesi sonucu yapıların maruz kalacağı yüklerin tabiatının değişmesi gibi sebeplerden dolayı da yapıların onarım ve güçlendirilmesi zorunluluğu meydana gelmektedir.

Başka bir onarım ve güçlendirme nedeni ise önceki yönetmelikler ışığında tasarlanan mevcut yapıların varlığıdır. Yönetmeliklerin güncellenmesi nedeniyle mevcut yapılarda

bugünün gerektirdiği güvenlik bulunmamaktadır. Bu nedenle binaların güçlendirilmesi gereksinimini ortaya çıkmaktadır. Gerekli bütün yapıların güçlendirilmesi olayı ekonomileri güçlü olan ülkelerin bile altından kalkamayacağı derecede büyük boyutta bir olaydır.

## **1.2. Çalışmanın Amaç ve Kapsamı**

Bu deneysel çalışmada yalın bölme duvarlarının ve bölme duvar güçlendirmesinin çerçeve davranışına olan etkisi araştırılmıştır. Test edilen elemanların rijitlik ve yatay yük taşıma kapasitelerindeki değişim incelenmiştir. Bölme duvarlarından depremde daha fazla faydalanmak, rijitlik ve dayanımındaki kazanımdan depremde daha fazla istifade edebilmek için, bölme duvarların güçlendirilmesi çalışmaları yapılmaktadır.

Deprem riski yüksek olan Türkiye’de bulunan mevcut yapı stokunun önemli bir bölümünün depreme karşı dayanımlarının yetersiz olduğu tahmin edilmektedir. Maalesef bu gerçeğe çok yakın zamanlarda oluşan depremlerde yaşanan acı tecrübelerle şahit olunmuştur. Bu yüzden mevcut ve kusurlu binaların deprem performansları incelenmeli ve yetersiz olan yapıların güçlendirme yöntemleri ile gerekli performans kriterlerini sağlayacak şekilde güçlendirmeleri gerekmektedir. Bu anlamda, güçlendirme yönteminin ne olacağı, güçlendirme metodunun yapı performansına etkisi, sosyal olarak uygunluğu, ekonomik uygunluğu ve fizibilite işlemleri gibi sorular akla gelmektedir. Bu sorulara cevap olması açısından birçok ülkede olduğu gibi Türkiye’de de analitik ve deneysel çalışmalar yapılmıştır ve çalışmalara devam etmektedir [(Sugano 1982, Frosch vd. 1996, Alcocer vd. 1996, Sonuvar 2001, Özdemir 2006)]. Bu araştırmalar sonucu ve ilerleyen malzeme ve teknoloji bilgisi ışığında önceden teklik edilen ve kullanılan güçlendirme yöntemlerinin iyileştirilmesi ve yeni yöntemlerin geliştirilmesi hedefinde önemli adımlar kaydedilmiştir.

Türkiye’deki betonarme binalar genellikle istenilen yanal dayanım ve yanal rijitliğe sahip olmayan, donatı detayları deprem şartnamelerinin gerektirdiği düzende olmayan ve beton dayanımları düşük çerçevelerden oluşmaktadır. Bunun yansısı zayıf kat, yumuşak kat gibi düşey düzensizliklerin bulunması, zayıf kolon-kuvvetli kiriş gibi kapasite tasarım ilkelerine uymayan yetersizliklerin bulunması, deprem yatay performansları yeterli olmayan önemli bir yapı stokunu göz önüne getirmektedir. Bu tür yetersizliklere sahip yapıların tasarım depremlerinde sağlıklı ve istenilen seviyede

davranış göstermesi mümkün olamamaktadır. Bu sebeple mevcut yapı stokunun belirli bir öncelik sırası belirlenerek deprem güvenliklerinin oluşturulması gerekmektedir.

Yukarıdaki bilgiler ışığında güçlendirilmesi gereken bina sayısının çok olduğu anlaşılmaktadır. Bu kadar fazla yapının hemen kullanım seviyesi performans seviyesini sağlayacak şekilde güçlendirilmesi ekonomik olarak mümkün olmadığı anlaşılmaktadır. Öte taraftan can ve mal kayıplarının minimum seviyeye indirilmesi için bu yapıların depremlerde göçmelerinin engellenmesi gerekmektedir.

Halen kullanımda olan bina ve endüstri yapılarının, yapı fonksiyonunu ve kullanım amacını engellemeden güçlendirilmesini mümkün kılacak ekonomik ve hızlı metotların geliştirilmesi gerekmektedir.

Yanal ötelenmelerin belirli seviye altında kaldığı sürece, tuğla dolgu duvarların betonarme yapıların hem rijitliğini hem de yanal dayanımını önemli derecede arttırdığı herkes tarafından bilinmektedir. Fakat yanal yer değiştirmeler belirli bir seviyeyi geçtiği zaman dolgu duvarlar düzlem içi ezilerek ya da düzlem dışı devrilerek fonksiyonunu yitirmekte ve dolayısıyla betonarme yapının davranışına tüm deprem boyunca katkıda bulunamamaktadır. Tuğla dolgu duvarlardan deprem boyunca daha fazla istifade etmek, elastik bölge içerisindeyken yapı rijitliğine ve dayanımına sağladığı katkıyı depremin ilerleyen aşamalarında da koruyabilmek için, bölme dolgu duvarların güçlendirilme uğraşları halen devam etmektedir.

Türkiye’de betonarme çerçevelerden oluşan yapıların büyük bir kısmının şiddetli hatta orta şiddetli depremleri sağlıklı bir şekilde atlatabilecek yeterlilikte olmadığı bilinmektedir. Bu yapıların tasarım depremi öncesi güçlendirilmeleri veya depremi az veya orta hasarlı geçirdikten sonra iyileştirilmesi, onarılması veya güçlendirilmesi gerçek hayatta yaygın bir şekilde yapılmaktadır. Güçlendirme işleminde çerçeve içerisindeki boşlukların betonarme duvar ile kapatılarak rehabilite edilmesi ekonomik ve pratik bir çözüm olabilmektedir. Betonarme çerçeveler içerisindeki dolgu duvarlar uygun bir şekilde analiz edilip, projelendirilir ve gerektiği gibi imal edilirse, yapısal perde gibi davranarak binanın yatay rijitliğini ve yanal dayanımını arttırabilir. Bu durumda taşıyıcı sistem içerisindeki diğer elemanların güçlendirilmesine gerek kalmayabilir.

Buradaki yüksek lisans çalışmasında betonarme çerçeveler içerisinde bulunan tuğla dolgu duvarların hasır donatı ve sıva ile güçlendirilmesi işlemi yapılacaktır. Üretilen çerçeveler daha sonra deneye tabi tutulacaktır. Betonarme çerçevenin kusurlu bir şekilde imal edildiği kabul edilerek, pratikte sıklıkla karşılaşılan durum yansıtılacaktır. Bu deneysel çalışmada beş adet, tek katlı, tek açıklıklı ve ½ ölçekli betonarme çerçeve yapısı üretilmektedir. Tuğla dolgu duvar üzerine farklı güçlendirme detayları uygulanarak elde edilen çerçeveler deneye tabi tutulacaktır.

Bahsedilen amaç doğrultusunda hazırlanan beş tane çerçeve yapıları, dinamik yüklemeyi temsil edecek şekilde tersinir ve tekrarlanır yatay yük altında test edilecektir. Betonarme çerçevelerde kullanılacak geometrik kesit ve donatı detayları, pratik hayatta kusurlu bir biçimde üretildikleri zannedilen çerçeveleri temsil etmektedir. Betonarme çerçeveler rijit temel üzerine inşa edileceklerdir. Bu şekilde mesnet bölgesinde tam ankastrelik sağlanmış olacaktır. Çerçeveler tek katlı ve tek açıklıklıdır. İmalatta kullanılan beton basınç mukavemeti düşük, zayıf kolon ve güçlü kiriş prensibine dayanan tasarım şeklinde yapılacaktır. Bu çalışmada bölme duvarı ile çerçeve elemanları arasında yapılan çerçeve ankraj çapı değişiminin betonarme çerçeve davranışına olan etkisi araştırılacaktır.

Bu numuneler'den 1 no'lu numune boş çerçeve, 2 no'lu numune bölme duvarlı çerçeve ve 3, 4 ve 5 no'lu numuneler ise deprem şartnamesine uygun olarak dolgu duvarları güçlendirilmiş çerçeve olacaktır.

3, 4 ve 5 no'lu betonarme çerçeve numuneler çerçeve ankraj çapının değiştirilmesiyle oluşturulmuştur. Bu şekilde imal edilen numuneler kendi aralarında kıyaslanacak ve dolgu duvar ile taşıyıcı sistem elemanları arasında yapılan ankraj çapı değişiminin çerçeve güçlendirilmesine olan etkisi araştırılacaktır.

## BÖLÜM 2

### GENEL BİLGİLER

#### 2.1. Yapıların Güçlendirilmesi

Deprem şartnameleri tarafından öne sürülen şartların hedefi mühendislik yapılarında en alt seviyede emniyetin teminidir. Belirtilen koşulların üstünde koşullar gerçekleştirilirse yapı deprem performansı, dolayısıyla yapıda daha yüksek güvenlik elde edilir. Deprem yönetmeliğinde depreme dayanıklı yapı tasarımının ana ilkesi; “hafif şiddetteki depremlerde binalardaki yapısal ve yapısal olmayan sistem elemanlarının herhangi bir hasar görmemesi, orta şiddetteki depremlerde yapısal ve yapısal olmayan elemanlarda oluşabilecek hasarın onarılabilir düzeyde kalması, şiddetli depremlerde ise can kaybını önlemek amacı ile binaların kısmen veya tamamen göçmesinin önlenmesidir” [3].

##### 2.1.1. Güçlendirme Kavramı

Yapı denetim ülkemizde 2011 yılında tüm Türkiye’de zorunlu kılınmıştır. Bu tarihten önce üretilen bazı betonarme sistemlerin tasarlanması, uygulanması ve kullanılması sırasında yapılan bir takım kusurlar veya alınan yanlış kararlar sonucunda bu yapıların istenilen deprem performansını gösteremeyeceği aşikârdır. Bu nedenle bu tür yapılara bazı müdahale ve değişikliklerin yapılması uygun gözükmemektedir. Betonarme taşıyıcı sistemde yapılan bu sebeple yapılan değişiklik ve iyileştirmeler, yeri ve amacına göre onarım, güçlendirme veya iyileştirme isimleri ile tanımlanarak uygulanmaktadır. Taşıyıcı sisteme müdahale işleminin, sınırlı bir hasarın giderilmesi için yapılmasına veya depremde hasar görüp taşıma gücü azalmış elemanlara deprem öncesi taşıma gücü değerlerini yeniden kazandırma işlemine “onarım” denir. Onarım, güçlendirme ve yenileme iç içe girebilen işlemlerdir [4].

Hasar olsun veya olmasın, taşıyıcı sistemin tümünün ya da belli elemanlarının taşıma gücünü artırmak veya ekonomik ömrü boyunca muhtemel bir depremde hasar gören yapının, aynı boyutta depremlerin birçok kez yinelenmesi beklentisi karşısında aynı hasarın tekrarlanmaması için eski durumundan daha güçlü duruma getirilmesi için yapılan müdahale işlemlerine genel olarak güçlendirme denir” [5].

Güçlendirme ve onarım hem bir bilim hem de bir sanattır. Bu işlerle meşgul olan mühendisin çok iyi bir yapı davranışı bilgi birikimine sahip olması gerekmektedir. Herhangi bir onarım veya güçlendirme işlemi bir şablon olarak tatbik edilemez. Uygulanacak yöntem, yapının özelliklerine göre projelendirilmeli ve uygulanmalıdır. Bilinçsiz yapılan onarım veya güçlendirme, yararlı olmayacağı gibi binayı beklenen tam tersi daha da zayıflatabilir

### **2.1.2. Dolgu Duvarların Yapı Davranışına Etkisi ve Güçlendirilmesi**

Dolgu duvarlar rijitlik, taşıma gücü ve yapı viskoz sönüm gibi özellikleri bakımından yapı sistemlerinin davranışlarını olumlu yönde etkiledikleri bilinmektedir. Dolgu duvarlar bir yapının yatay rijitliğini artırarak yatay yöndeki yer değiştirmeleri küçültmektedirler. Bundan dolayı bir yapıda meydana gelecek ikinci mertebeye etkileri (doğrusal olmayan) azalım göstermektedir. Diğer bir etki de dolgu duvarlar yapının rijitliğini arttırdığı için sistemin modal titreşim özelliklerini değiştirmekte özellikle sistemin doğal titreşim periyodu azalmaktadır [6].

Yapı sistemleri içerisindeki hacimleri birbirinden ayıran, ısı ve ses izolasyonu sağlayan ve yapının fonksiyonellik ve mimari görüntüsüne katkıda bulunan yapı elemanlarına dolgu duvarlar denmektedir [6].

Bazı araştırmacılar ve mühendisler tarafından dolgu duvarların yapı sistemlerinin taşıyıcı bir elemanı olmadığı düşünülmektedir. Bu nedenle dolgu duvarlar yapı sistemlerinin modellenmesi ve analizinde sadece kütle/ağırlık olarak düşünülmekte ve bu şekilde çözüm yapılmaktadır [6]. Hâlbuki yukarıda bahsedilen nedenlerden dolayı, dolgu duvarların yapısal çözüme katılmaması bir eksikliklerdir.

Deprem yükleri altında betonarme çerçeve sistemlerin davranışına ve mukavemetine dolgu duvarlarının önemli katkıları bulunmaktadır. Yatay davranışta dolgu duvarların

doluluk boşluk oranları, yatay düzlemdeki düzenlenme biçimleri ve duvar malzemesinin ve sıvasının dayanımı duvar mukavemetini etkileyen parametrelerdir.

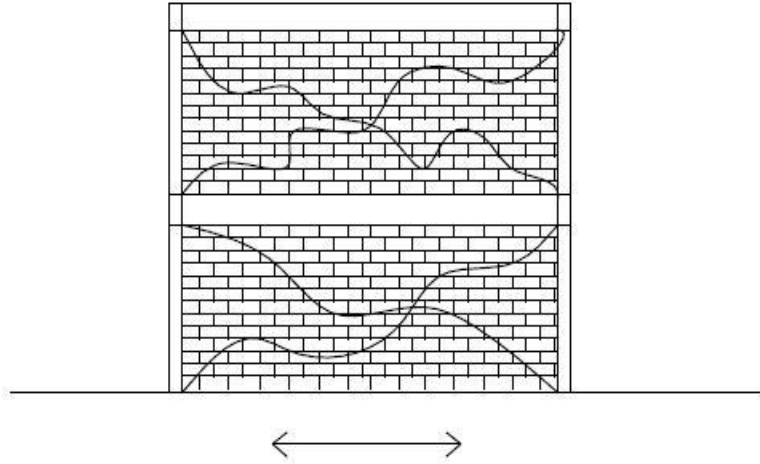
Betonarme yapılarda deprem sırasında meydana gelen kesme kuvvetleri sonucu dolgu duvarlarda 45o'lik kayma çatlakları oluşmaktadır (Şekil 2.1). Bunun nedeni dolgu duvarların depremde oluşan ivme kuvvetlerini taşıyacak yeterli dayanıma sahip olmamasından kaynaklanmaktadır.



Şekil 2.1. Dolgu duvarlarda deprem etkisiyle oluşan kesme çatlakları

Bir yapı sisteminin toplam rijitliği, o yapı içerisinde bulunan elemanlarının rijitliğinin uygun seçilmesiyle artırılabilir. Bu şekilde sistemin doğal titreşim periyodu küçültülmüş olacaktır. Bu da deprem esnasında meydana gelecek şekil değişim ve deplasmanların azalmasına neden olmaktadır. Bu şekilde taşıyıcı elemanlarla onlara bağlı bulunan taşıyıcı olmayan elemanlardaki hasarlar da küçültülmüş olur.

Yatay deplasmanlarının artması ile ikinci mertebeye etkilerinin artması yeterince rijit olmayan yapılarda istemeyen diğer bir durum olmaktadır. Elastik yapı sistemlerinde yatay deprem kuvvetleri altında katlar arası yer değiştirmeler büyümekte ve bu da dolgu duvarlarda geniş X çapraz çatlaklarının oluşmasına neden olmaktadır (Şekil 2.2). Bununla birlikte dolgu duvarlarda oluşan çatlaklar sayesinde deprem enerjisinin bir kısmı yutulmuş olur [6].



Şekil 2.2. Dolgu duvarlarda deprem etkisiyle oluşan X çatlağı

Yatay deprem yükleri etkisi altında dolgu duvarların betonarme yapıların davranışı üzerinde etkin olabileceği görüşü iddia edildikten sonra, bahsedilen alanda birçok araştırma çalışması yapılmıştır. İlk olarak tek katlı betonarme çerçeveler üzerinde dolgu duvarların davranışına olan etkisi deneysel olarak incelenmiştir. [7,8]. Daha sonra numerik hesap metot ve tekniklerinin ilerlemesiyle birlikte, dolgu duvarlı betonarme yapıların matematik modelinin sonlu elemanlarla (finite element method) ifade edilebilmiştir. Bu sayede bu alanda yapılacak ve araştırılacak kuramsal çalışmaların önünü açılmıştır. Nihayetinde sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak birçok çalışma gerçekleştirilmiştir.

## 2.2. Dolgu Duvarlar ve Güçlendirme

Değişik güçlendirme metotları ile fazlalaştırabilir. Bu kısımda TDY 2007'de bahsedilen güçlendirme metotları hakkında kısa bilgiler anlatılacaktır.

### 2.2.1. Dolgu Duvarların Hasır Çelik Donatılı Özel Sıva ile Güçlendirilmesi

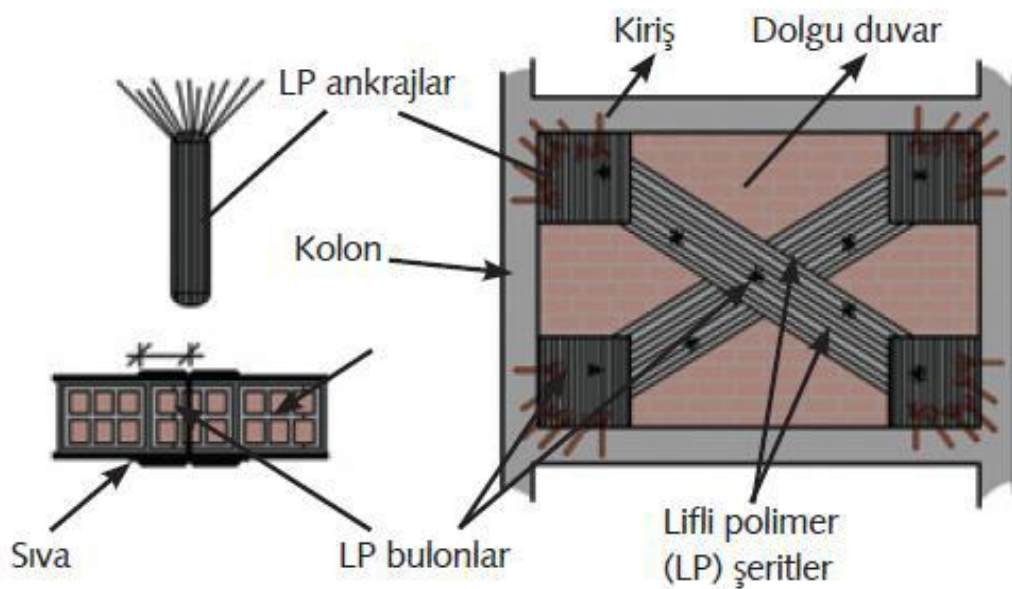
Dolgu duvarların hasır çelik donatı ve özel karışimli sıva kullanılması ile yapılan güçlendirme türü aynı zamanda buradaki yüksek lisans tezinin konusudur (Şekil 2.3). Pratikte kullanılacak olan özel sıva tabakasına ait parametreler yani sıva karışımı, kalınlığı, hasır donatının mesafeleri, malzeme özellikleri ve yerine getirilecek uygulamanın dizaynı ilgili hesap ve kontroller 2007 deprem yönetmeliğinde belirtilen kurallara göre yapılacaktır.



Şekil 2.3. Dolgu Duvarların Hasır Çelik Donatılı Özel Sıva ile Güçlendirilmesi

### 2.2.2 Lifli Polimer Uygulaması

Uzunluğunun yüksekliğine oranı 0.5 ile 2 arasında olan yığma dolgu duvarların rijitliği ve kayma mukavemeti Şekil 2.4'de gösterildiği gibi duvar yüzeyine uygulanan lifli polimerler (LP) ile iyileştirilebilir.



Şekil 2.4. Lifli Polimer Uygulaması



### 2.3. Önceki çalışmalar

Dolgulu çerçeveler konusundaki ilk çalışmalar Whitney vd.[9] tarafından gerçekleştirilmiştir. Yazarlar 1949 yılında Amerikan Ordusu için deneysel bir çalışma programına başlamışlar ve çalışmaların sonuçlarını 1955 yılında yayınlamışlardır. Yapılan deneysel çalışmada yapıların patlama yükleri etkisinde dayanımlarını araştırmışlardır. Yapılarda bulunan boşlukların dolgu duvar ile kaplanmasının çerçevenin yanal dayanımını ve rijitliğini ciddi bir şekilde arttırdığı gözlemlenmiştir. Bu artışın çıplak çerçeveli duruma göre 10~20 kat arasında olabileceği belirlenmiştir. Yazarlar aynı zamanda çalışmanın analitik kısmını da gerçekleştirmişlerdir. Çerçevelerin yatay deplasmanını tahmin etmek için giriş teorisine dayanan bir denklem önerilmiştir. Denklemden eğilme etkilerinin çerçeve elemanları, kesme etkilerinin ise sadece dolgu duvar tarafından karşılanacağı kabulü yapılmıştır.

Tek kat, boşluklu perde duvarlı çerçevelerin patlama yükleri ve deprem etkileri altındaki davranışları Benjamin ve Williams [10] tarafından araştırılmıştır. Çalışmada çerçeve yapılarının davranış ve yer değiştirme tipleri incelenmiştir. Yazarlar boşluk etrafındaki perde duvarlardaki donatı detayının, çerçevede bulunan boşluk yer ve büyüklüğünün ve dolgu ile perde duvar arasındaki donatı detayının yapı davranışına olan etkisini incelemişlerdir. Yapılan çalışmada boşluklu perde duvar yapısının davranışının tahmin edilebileceği iddia edilmiştir. Elastik tasarım için gereken hassas sonuçların elde edilmesi adına mukavemet prensiplerinde kayma, eğilme ve eksenel yer değiştirme etkilerinin göz önüne alınması gerektiği bildirilmiştir.

Smith [11] dikey yönde dağıtılmış yükün çelik çerçeve içerisindeki yığma duvarın yatay rijitlik ve dayanımına olan etkisini araştırmıştır. Sistem üzerinde küçük dikey yük varken sistemin yatay rijitlik ve dayanımı, sistem üzerinde düşey yük olmadığı durumdan daha fazla olmaktadır. Dolgu duvar göçme modu yapı üzerinde sadece yatay yük varken olan durum ile aynıdır yani diyagonal çatlak ve köşe basınç göçmesi. Düşey yük artırılınca, maksimum yatay rijitlik ve dayanım için optimum bir değer bulunmuştur. Bu yükten daha fazla düşey yük sisteme uygulanırsa sistemin yatay davranışı kötüleşmektedir. Optimum düşey yük değeri yaklaşık olarak düşey göçme yük değerinin yarısı kadardır. Düşey yük ve yatay dayanım arasındaki ilişkiyi göstermek için etkileşim diyagramları çizilmiştir.

Ersoy ve Uzsoy [12] yaptıkları araştırma çalışmasında tek açıklıklı ve tek katlı, 9 adet betonarme dolgulu çerçeve deneyi yapmışlardır. Çerçeveler iki katlı inşa edilmiştir. Çerçevelerin orta bölgesinden noktasal yük uygulanarak bir katlı bina davranışı simüle edilmeye çalışılmıştır. Deneylerde tekdüze artan yatay yükleme uygulanmıştır. Dalgulu çerçeveler için yapılan değerlendirmeler sonucunda çerçeve yatay yük kapasitesinin yedi katına çıktığı ve sonuç durumundaki yer değiştirme kapasitesinin ise azaldığı anlaşılmıştır. Dolgu duvar yapılması durumunda, çerçeve yatay rijitliğinin yaklaşık olarak beş katına çıktığı hesap edilmiştir. Çalışma sonucunda betonarme dolgu duvarın “iki ucu mafsallı basınç çubuğu” ile modellenmesini önerilmiş ve bu matematiksel çubuğa ait parametrik özellikler belirtilmiştir.

Klingner ve Bertero [13] 11 katlı bir yapının ilk üç katının 1/3 ölçekli modeline yarı statik yük uygulayarak deneysel bir çalışma yapmışlardır. Yapı üç açıklıktan oluşmakta ve dış açıklıklar dolgu duvar ile örülmüştür. Çıplak ve dolgu duvarlı çerçeve davranışını modellemek amacıyla basit ve iri ölçekli matematiksel modeller oluşturulmuştur. Oluşturulan modelin dolgu duvarlı çerçeve davranışını çok güzel bir şekilde gösterdiği anlaşılmıştır. Dolayısıyla modelin, büyük mühendislik yapılarının davranışını tahmin etmede kullanılabileceği belirtilmiştir.

Betonarme dolgu duvarlı 4 katlı çelik çerçeve yapılarının yatay dinamik yükleme testleri Liauw [14] tarafından yapılmıştır. Çerçeve ve dolgular arasındaki kesme bağlantıları ve dolgudaki boşlukların etkisi gibi faktörler, modellerin rijitlik ve dayanımı açısından incelenmiştir. Dolgu duvarlı çerçevelerin dinamik davranışıyla alakalı olarak modellerin çatlama desenleri ve göçme modları dikkate alınmıştır. Kesme bağlantıları, dolgu çerçevelerin dayanım ve rijitliğini iyileştirmede son derece önemli bir rol üstlenmiştir. Fakat dolgu duvarlardaki boşlukların varlığı yapıların dinamik yükler altındaki dayanımını dikkate değer bir şekilde düşürmüştür.

Yüzügüllü [15] tek katlı, tek açıklıklı bir yapının güçlendirme çalışmalarını yapmıştır. Güçlendirme işlemi betonarme prefabrik panellerle yapılmış olup, elde edilen sonuçlar teknik bir raporda yayınlamıştır. Deneyler esnasında yapıya herhangi bir düşey yük uygulanmamış ve yapı kiriş seviyesinden yüklenmiştir. Çalışma kapsamında yapılan deneylerde hem hasarsız hem de hasarlı çerçeveler denenmiştir. Panel sayısı ve kiriş-kolon bağlantı şekli çalışmada parametre olarak kullanılmıştır. Prefabrik panellerin

çıplak çerçeveye göre rijitliği 1.3-2.9 kat arasında arttırdığı, yatay yük kapasitesinin ise 7-9 kat arasında kadar çıktığı gözlemlenmiştir. Deneysel çalışmada panel miktarının ve kolon-panel arasındaki bağlantının bulunup bulunmamasının çerçeve rijitliğini ve göçme modunu ciddi bir şekilde etkilemediği görülmüştür. Öte yandan panel sayısının artması, enerji sönümünü de arttırdığı görülmüştür. Yapılan deneyler sonucu hasarlı çerçevelerin güçlendirilmesi ile oluşan rijitlik artışı, hasarsız çerçevelerin güçlendirilmesi ile oluşan rijitlik artışından %50-60 daha az olduğu belirlenmiştir

Higashi vd. [16] bir seminer yayını ile 1979 ve 1981 yıllarında yapılan deney serilerinin sonuçlarını bildirmişlerdir. Her iki yılda da yapılan deneylerde dört adet, 3 katlı betonarme çerçeveler kullanılmıştır. İlk yıl deneyleri tek açıklıklı, ikinci yıl deneyleri ise iki açıklıklı çerçevelerden oluşmaktadır. İkinci yıl deneylerindeki çerçevelerde güçlendirme işlemi sadece tek açıklıkta gerçekleştirilmiştir. Deneylerde kullanılan çerçevelerden birincisi çıplak çerçeve, ikincisi betonarme dolgu sonradan eklenmiş çerçeve, üçüncüsü kolonlarla yan yana kısmi perdeler eklenmiş çerçeve, sonuncusu ise tek döküm perdeli betonarme çerçeve olarak dizayn edilmiştir. Çıplak çerçeveye perde eklenerek güçlendirilmiş çerçeve arasında ilk yıl numunelerinde 66 kN, ikinci yıl numunelerinde ise 94 kN fark hesap edilmiştir. Birinci yıl numunelerinde tek döküm ve sonradan ilave edilen perde duvarlı çerçeve yatay davranışlarının benzeştiği, ikinci yıl yani iki açıklıklı çerçevelerde ise davranışların farklılaştığı gözlenmiştir. Deneyler sonucunda kolonlarla yan yana ilave edilen perdeli çerçevelerde sünek davranışının olabileceği gözlemlenmiştir. Çalışma dâhilinde gerçekleştirilen elastik olmayan yöntemlere deney sonuçlarının çakıştığı yazarlar tarafından belirtilmiştir.

1982 yılında kadar Japonya'da yapılan güçlendirilmiş çerçeve deneylerini özetleyen bir çalışma Sugano [17] tarafından yayınlanmıştır. Yapılan deney sonuçları göstermiştir ki bağlantı detaylarının uygun olması durumunda dolgu duvar güçlendirmesi tek döküm betonarme perde duvarlar kadar etkili olmaktadır. Prefabrik dolgu panellerin ise iyi süneklik sergilemelerine rağmen dayanım değerlerinin düşük seviyelerde kaldığı anlaşılmıştır. 1982 yılına kadar yapılan çelik X, K ve  $\diamond$  çaprazlı çerçeve deneylerinden, bu güçlendirme yöntemi ile dayanımda genel olarak bir iyileşmenin görüldüğü, süneklik ve enerji tüketimi açısından ise daha iyi bir performansın sergilendiği belirtilmiştir. Kolonların yanına sonradan ilave edilen kısmi perdelerin tek döküm perdeler kadar

etkin performans gösterdiği açıklanmıştır. Japon güçlendirme teknikleri ve güçlendirme yapılmış yapılardan örnekler çalışmanın sonunda verilmiştir.

Govindan vd [18] yatay yüklere maruz yedi katlı dolgu duvarlı betonarme çerçeve ile dolgusuz çerçeve davranışı arasındaki farkı araştırmıştır. Tuğla dolgulu çerçevenin göçme modu da yazarlar tarafından incelenmiştir. Çalışmada özellikle, yapılan deneysel çalışmada tersinir tekrarlı yatay yüke maruz dolgu duvarlı çerçevenin dayanım, süneklik ve enerji yutma kapasiteleri tartışılmıştır.

Altın [19] tekrarlı-tersinir yükler altında 14 adet dolgulu çerçeve deneyi yapmıştır. Yapılan doktora tezi çalışmasındaki çerçeveler; 1/3 ölçekli, tek açıklıklı ve iki katlı modellerden hazırlanmıştır. Çerçeve elemanların mukavemeti, dolgu donatısı, eksenel yük seviyesi ve dolgu-çerçeve bağlantı detayı deneysel çalışmada parametre olarak kullanılmıştır. Yapılan incelemeler neticesinde çerçeve-dolu arasındaki bağlantıların iyi yapılmış numunelerde rijitlik ve dayanımın arttığı hesap edilmiştir. Kolonlardaki dayanım ve eksenel yük miktarındaki artışın, çerçeve dayanımını arttırdığı ve çerçeve davranışına olumlu etkilediği gözlemlenmiştir.

Bush vd. [20] kayma göçmesine maruz kolonlara sahip, sünek olmayan betonarme bir çerçevenin büyük ölçekli bir modeli, iki güçlendirme yöntemi ile güçlendirmişlerdir. Birinci güçlendirme yönteminde, orijinal kolonlarla aynı yükseklikte beton kolonlar eklenmiştir. Testler, güçlendirilmiş kolon bölümünün monolitik olarak davrandığını ve hasar modunun çevre kirişlere doğru kaydığını göstermiştir. Çerçeve dayanımında ve rijitliğinde büyük artışlar da gerçekleşmiştir. İkinci güçlendirme yönteminde, çerçevenin dış yüzüne bir çelik X çapraz sistemi ilave edilmiştir. Çerçevenin yanal kapasitesi, çaprazların akması ve burkulması tarafından kontrol edildiği anlaşılmıştır. Sistem, ciddi bir şekilde artan çerçeve rijitliği ve mukavemet sergilemiştir. Her iki sistemin de imalatı yapılabilir ve performansının önemli bir şekilde epoksi ile doldurulmuş dübellere bağlı kaldığı belirtilmiştir. Kolon ilave sistemi daha düşük bir inşaat becerisi gerektirmiş ancak daha fazla emek gerektiren bir iş olduğu anlaşılmıştır. Çapraz destek sistemi daha yüksek bir inşaat beceri seviyesi gerektirmiştir.

Hasarlı betonarme çerçeve yapılarının çelik dolgu ve öngerilme çubuklarla güçlendirilmesi konusunda iki deney Gündoğmuş [21] tarafından yapılmıştır. İlk deney

numunesinde betonarme çerçeve boşluğuna çelik çerçeve konulmuş ve köşelerine K şeklinde çapraz elemanlar imal edilmiştir. Çelik çapraz elemanlarına öngerme çubukları bağlanarak gerilmiştir. İkinci deney numunesinde çelik öngerme elemanları çelik çerçevedeki küçük boyuttaki köşebentlere bağlanarak gerilmiştir. Deneylerde kullanılan betonarme çerçevelerin özellikleri Altın (1990) tarafından kullanılan numunelerle aynı özelliklere sahiptir. Altın (1990) tarafından çıplak betonarme çerçevenin yatay yük kapasitesi 30.5 kN ve dolgu duvarlı betonarme çerçeveninki ise 260 kN olarak ölçülmüştür. Bu çalışmada önerilen yöntemle bu dayanım 200 kN'a kadar yükseltilebilmiştir.

Yığma duvar dolgu panellerinin mevcut kod hükümlerine uygun olarak tasarlanan betonarme (RC) çerçevelerin sismik performansı üzerindeki etkisi Mehrabi vd. [22] tarafından araştırılmıştır. İki çerçeve türü dikkate alınmıştır. Bu çerçevelerden bir tanesi rüzgar yükleri için, diğeri de güçlü deprem ivmeleri için tasarlanmıştır. On iki adet 1/2 ölçekli, tek katlı ve tek bölmeli, çerçeve örnekleri test edilmiştir. Dolgu panellerinin içerisinde bulunduğu çerçeveye göre dayanımı, perdenin boy oranı, düşey yük dağılımı ve yanal yük çalışmanın parametrelerini oluşturmaktadır. Deney sonuçları, dolgu panellerinin RC çerçevelerinin performansını önemli ölçüde artırabileceğini göstermiştir. Bununla birlikte, güçlü çerçeveli ve güçlü panelli numuneler, zayıf çerçeveli ve zayıf paneli olanlara göre, yük direnci ve enerji-tükenme kabiliyeti açısından daha iyi bir performans sergilemiştir. Dolgulu çerçeve numuneleri tarafından geliştirilen yanal yükler her zaman çıplak çerçeveye göre daha yüksek olarak hesap edilmiştir. Bu % 2 sürüklenme seviyesine kadar deforme olan en az sünek numune için bile geçerli olmuştur.

Frosch vd. [23] betonarme prefabrik panel dolgu duvarla alakalı deneysel çalışmaların sonuçlarını yayınlamıştır. Çalışmada düşük miktarda süneklik düzeyine sahip betonarme çerçevelerin prefabrik panel elemanlarla güçlendirilmesi önerilmektedir. Paneller arasındaki kesme gerilmeleri karşılamak üzere kayma dişleri konulmuştur. Yapılan uygulama çalışması panel elemanlarla oluşturulan perdenin artgerme tekniği ile gerilmesiyle nihai bir hal almaktadır.

Masri ve Goel [24] yaptıkları çalışmada, sismik olarak "zayıf" olarak nitelendirilen betonarme döşeme-kolon yapılarının güçlendirilmesi için sünek çelik destek

kullanılmasına yönelik rasyonel bir tasarım prosedürünün geliştirilmesi ile uğraşmışlardır. 1/3 ölçekli, iki açıklıklı, iki katlı betonarme döşeme-kolon çerçeve modeli mevcut sismik olarak yetersiz yapılarını temsil etmek üzere seçilmiştir. Bu çalışmada betonarme çerçevesinin güçlendirilmesi için çelik destek sisteminin tasarım prosedürü, konstrüksiyonu ve test sonuçları sunulmuştur. Güçlendirilmiş çerçeve, ağırlık ve periyodik yanal yüklerin % 2'sine kadar toplam çerçeve ötelenmesine tabi tutulmuştur. Güçlendirilmiş çerçevenin davranışı, çıplak betonarme çerçevesininkinden büyük ölçüde iyileştiği gözlemlenmiştir. Şiddetli deprem hareketleri sırasında muhtemel olan ilk katta %2.75'lik bir ötelenme miktarına ulaşılmıştır.

Gilmore vd. [25] süneklik seviyesi yetersiz dolgu betonarme çerçevelerin ard germe tekniği ile gerilmiş çelik çaprazlarla güçlendirilmesi konusunda deneysel çalışma yapmışlardır. Deneysel çalışma ile binada bulunabilecek yatay ve düşey yönde düzensizlikleri giderilebileceği anlaşılmıştır. Ard germeli çaprazların dolgu duvarlı betonarme sistem dayanımını 3 katına, rijitliğini ise 2 ila 3 katına çıkarabildiği görülmüştür. Yapılan sistemin az ve orta katlı yapılara uygun olduğu yazarlar tarafından belirtilmiştir. Bununla birlikte tavsiye edilen sistemin noksan yönleri de ortaya konulmuştur.

Hafif ponza taşı beton (LWPSC) dolgu plakaları, düz plakalı binalar için bir güçlendirme alternatifi olarak Humay ve Durrani [26] tarafından araştırılmıştır. Dört adet 4/10 ölçekli döşeme-kolon sistemleri, Döşeme ve dolgu duvarı arasındaki bağlantılar ve düzgün dağıtılmış delikler (dairesel delikler ve dikdörtgen açıklıklar) dikkate alınan parametreleri oluşturmuştur. Deneysel sonuçlar, güçlendirilmiş numunelerin tümünün çıplak çerçeve ile karşılaştırıldığında dayanım ve rijitliğini belirgin bir şekilde arttırdığını göstermiştir. Bununla birlikte, süneklik ve enerji dağılım mekanizması nedeniyle, en umut verici dolgu paneli yapılandırması dikdörtgen deliklere sahip olanı olarak belirlenmiştir. Dikdörtgen açıklıklar kullanarak iki farklı takviye kalıbı test edilmiştir. Açıklıklar arasında köşegen takviye ilavesi, duvarın dayanım gücünü arttırmanın yanı sıra, akma sonrası dayanım azalmasının daha iyi korunması etkisine sahip olmuştur.

Betonarme duvar takviyeli betonarme çerçevelerde iç kuvvet dağılımı üzerine deneysel bir araştırma Canbay vd. [27] tarafından yapılmıştır. Çalışmada iç kuvvetleri belirlemek

için tasarlanmış özel bir test düzeneği ve kuvvet dönüştürücülerini tanımlanmıştır. Dönüştürücüler, kolonlardaki rijitlik değişiminin en düşük düzeyde olacak şekilde tasarlanmıştır. Çalışma 1/3 ölçekli, iki katlı, üç bölmeli bir betonarme çerçevesinin önce hasarlı yanal ötelenme dönüşlerine maruz kaldığı ve daha sonra orta açıklığı dolduracak betonarme duvarının eklenmesiyle güçlendirildiği bir test sonuçlarını bildirmiştir. Türkiyede'ki binalarda yaygın olarak gözlenen eksikliklerle inşa edilen çerçeve % 1.6'lık bir çatı katı ötelenmesine kadar itilmiştir. Çerçeve, yaklaşık 14 kN'lik bir taban kesme kuvveti oluşturmuştur. Daha sonra orta açıklığı doldurmak için iki betonarme duvarı dökülmüştür. Bu durumda % 1.6'lık bir kayma testi ile modifiye edilmiş yapı yaklaşık 53 kN'lik bir taban kesme kuvveti geliştirmiştir. İç kolonlardaki donatım birleşim yerlerinde kayma olmasına rağmen gözlemlenen histerezis döngüleri istikrarlı olarak kalmıştır.

Tuğla dolgulu betonarme yapıların lifli polimer kompozitlerle (CFRP) ile güçlendirilmesi Özcebe vd. [28] tarafından yapılan deneysel ve analitik çalışma ile incelenmiştir. Yapılan çalışmada yedi adet 1/3 ölçekli, tek açıklıklı ve iki katlı çerçeveler test edilmiştir. Deneysel sonuçlarda CFRP ile güçlendirmede çerçeve dayanımında bir artış olmasına karşın çerçeve rijitliğinde kayda değer bir iyileşme gözlenmemiştir. Tüm deneyler göz önüne alındığında en büyük rijitlik artışı %34 olarak belirlenmiştir. Araştırmacılar çalışmalarının sonucunda; güçlendirilmiş sistemin istenen performansı sergileyebilmesi için CFRP elemanların dolguya ve çerçeve elemanlara iyi ankrajlanması gerektiği, aksi takdirde uygulamanın faydalı olamayacağını ifade etmişlerdir.

Türk vd. [29] ODTÜ'de daha önce yapılan testlerde kullanılan boyutlara sahip tek açıklıklı, iki katlı ve 1/3 ölçeğinde betonarme çerçeve elemanları üretmişlerdir. Bu çerçeve numuneler kullanılarak betonarme dolguların çerçeve davranışına olan etkileri araştırılmıştır. Çalışmalar hem hasarlı hem de hasarsız betonarme numunelerin güçlendirilmesi için tekrarlanmıştır. Çerçevelerde oluşan hasar seviyesinin yapının onarım/güçlendirilmesi sonrasındaki performansına olan etkileri de araştırılmıştır. Çalışma sonucunda ağır hasar görmüş boş çerçevelere dolgu ilavesi ile çerçeve dayanımında 9-14 kat arası artışlar sağlanmıştır. Dolgu duvarlı çerçevelerin boş çerçevelere göre 13-24 kat arası daha rijit davrandıkları gözlenmiştir. Sistemin toplam dayanımında kolon boyuna donatı miktarının önemli olduğu tespit edilmiştir. Numune

beton dayanımının toplam dayanıma ise etkisinin olmadığı anlaşılmıştır. Ancak çerçeve beton dayanımının ankraj performansına önemli etkileri olduğu deneylerde belirlenmiştir.

Perera vd. [30] yaptıkları çalışmada, duvarlı dolgu betonarme çerçeveler için, dolgu panellerinin dikey kesme linki ile K-çapraz sistemi ile değiştirilmesine dayanan bir sismik güçlendirme tekniği önermişlerdir. Bu tekniğin performansı deneysel testlerle değerlendirilmiştir. Yapısal hasar değerlendirmesi için basitleştirilmiş bir sayısal model de devamlılık hasar mekaniği kavram ve ilkelerine göre formüle edilmiştir. Önerilen model, deney sonuçları ile kalibre edilmiştir. Deney sonuçları, önerilen teknik ile mükemmel bir enerji yitirme kapasitesini göstermiştir. Benzer şekilde, önerilen model ile sayısal tahminler deney sonuçları ile iyi bir uyum içinde olduğu anlaşılmıştır.

Karaduman [31] farklı boyutlarda 7 tane çelik çerçeve üreterek deneysel bir çalışma yapmıştır. Çelik çerçeve sistemi tek açıklıklı ve tek gözlüdür. Çerçeve sistemindeki duvar malzemesi gaz beton yapı taşlarından oluşmaktadır. Çelik çerçeve sistemlerinin açıklık/yükseklik oranı 0.9, 1.2, 1.4 şeklinde seçilmiştir. Çelik çerçeveler dört farklı şekilde test edilmiştir: dolgusuz, gazbeton duvar dolgulu ve gaz beton duvar + sıva dolgulu. Deney numunelerinin yatay doğrultuda meydana gelen yer değiştirmeleri, çatlama, göçme biçimleri ve süneklikleri araştırılmıştır.

Kesner ve Billington [32] kritik yapılar için güçlendirme stratejisi olarak, çerçeve yapılar için bir dolgu sistemi geliştirmişlerdir. Sistemde geleneksel bir betonarme veya duvar yerine, çimentolu sentetik (ECC) malzemedan yapılmış prekast paneller kullanmıştır. ECC malzemesinin geleneksel malzemelere göre artan çekme gerilimi kapasitesi ve basınç tokluğundan dolayı avantajlıdır. Dolgu geometrilerini belirlemek için sonlu elemanlar benzetimleri yapılmıştır. Simülasyon sonuçlarından bir dizi yapısal ölçek testi geliştirilmiştir. Bir dizi tek panel testinden elde edilen sonuçlar sunulmuştur. Test sonuçları, ECC malzemesinin karışım tasarımını ve panellerdeki takviye miktarını değiştirerek farklı panel sağlamlık ve sağlamlık düzeylerinin elde edilebileceğini göstermiştir. Simülasyon sonuçlarıyla birlikte yapılan panel test sonuçları, dolgu sisteminin bir güçlendirme olarak potansiyelini ortaya koymuştur.

Kaltakçı ve Yavuz [33] düşük deprem direnci ve yetersiz betonarme donatı detaylarına sahip 3 adet 1/3 ölçekli, 2 katlı ve 2 açıklıklı betonarme çerçeveler üretmişlerdir. Bu çerçevelerin orta kolonun iki tarafına yapılan kısmi betonarme perde duvarlarla güçlendirme gerçekleştirilmiş ve tersinir tekrarlı yükler altında deneylerini yapmışlardır. Numunelerden ilki referans numunedir. Geriye kalan iki numunede ise 60 ve 90 cm uzunluğunda kısmi perdeler ilave edilmiştir. 60 cm perde uygulanan numunede, deney sonucunda yatay yük kapasitesi %178, 90 cm perde uygulanan numunede ise %316 oranında artmıştır. Fakat güçlendirilmiş deney elemanlarının yer değiştirme kapasitelerinin ilk numunenin yarısına kadar düştüğü gözlemlenmiştir.

Albanesi vd. [34] üç boyutlu bir katlı ve bir açıklıklı tam ölçekli betonarme çerçevelerle sarsma tablası deneyleri yapmıştır. Deneylerde boşluklu ve boşluksuz dolgu duvarlı modeller kullanılmıştır. Deneysel çalışmada 0.45g ve 0.55g büyüklüğünde ivmelere ulaşılmıştır. Deney sonunda boşluksuz dolgulu çerçevelerin performansının diğerlerine nazaran oldukça başarılı olduğunu anlaşılmıştır.

Kara ve Altın [35] sünek olmayan ve kısmi dolgu ile güçlendirilen betonarme çerçevelerin davranışını incelemişlerdir. Çerçeveler yatay döngüsel yüke maruz bırakılmıştır. Çalışmada yedi adet tek açıklıklı, iki katlı ve 1/3 ölçekli test numuneleri inşa edilmiş ve test edilmiştir. Test çerçevelerinde Türkiye'deki konut betonarme binalarında yaygın olarak görülen eksikliklerin var olduğu kabul edilmiştir. Dolgulu duvarın en / boy oranı ve yerleştirme konfigürasyonları deneysel çalışmanın parametrelerini oluşturmaktadır. Test sonuçları, kısmen doldurulmuş ve sünek olmayan betonarme çerçevelerinin çıplak çerçeveye (dolgu içermeyen çerçeve) kıyasla belirgin şekilde daha yüksek nihai dayanım ve daha yüksek başlangıç rijitliği sergilediğini ortaya koymuştur. Dolgulu duvarın en-boy oranı arttıkça yanal dayanım ve rijitlik önemli derecede artmıştır. Çerçeve elemanlarının mukavemet ve süneklik yetersizlikleri, kısmi dolgularla güçlendirilen çerçevenin yanal performansını etkilemiştir. En başarılı davranış, kısmen dolgulu duvarlar çerçevenin hem sütunlarına hem de kirişlerine bağlanan örneklerden elde edilmiştir.

Güney ve Boduroğlu [36] yaptıkları çalışmada boşluk dolgu duvarların sahip oldukları rijitliklerinin analiz ve tasarım aşamasında yapı davranışına olan etkisinin dikkate alınmadığını ifade etmişlerdir. Ancak bu elemanlar sahip oldukları rijitlik nedeniyle,

simetrik veya asimetrik plana sahip yapılarda, deprem kuvvetleri altında, bina davranışını etkilediğini belirtmişlerdir. Çalışmaya göre burulma davranışı beklenmeyen yatay yönde simetrik yapılarda, dolgu duvar nedeniyle burulma davranışı ortaya çıkabilmektedir. Bu etkileri araştırmak için simetrik ve simetrik olmayan yapı modelleri seçilmiş, farklı deprem etkileri altında yapı tepkileri değerlendirilmiştir. Çerçeve taşıyıcı ve duvar elemanları malzeme açısından lineer olmayan malzeme şeklinde modellenmiştir.

Anıl ve Altın [37] kısmi dolgu ile güçlendirilen sünek betonarme çerçevelerin çevrimsel yanal yükleme altında davranışını araştırmışlardır. Tek açıklıklı, tek katlı ve 1/3 ölçekli dokuz numune test edilmiş ve tersinir çevrimli yükleme uygulanmıştır. Dolgu duvarının en-boy oranı ( $l_w / h_w$ , burada  $l_w$  = dolgu uzunluğu,  $h_w$  = doldurma yüksekliği) ve yerleştirme biçimleri deneysel çalışmanın parametrelerini oluşturmuştur. Test sonuçları, kısmen dolgulu betonarme çerçevelerinin çıplak çerçeveye (dolgu içermeyen çerçeve) kıyasla belirgin şekilde daha yüksek nihai dayanım ve daha yüksek başlangıç rijitliği sergilediğini göstermiştir. Dolgu duvarının en-boy oranı artarken, yanal dayanım ve rijitlik önemli derecede artmıştır. Bu değişkenlere ek olarak, çerçeveler ve dolgular arasındaki bağlantı da dolgulu çerçevelerin davranışını etkilediği görülmüştür. Hem kolona hem de kirişlere bağlanan kısmi dolgu betonarme çerçeve en başarılı davranışı göstermiştir.

Özdemir [38] hatalı olarak üretildikleri kabul edilen tuğla dolgu duvarlı betonarme yapılar üzerinde çalışma yapmıştır. Tuğla dolgu duvar yüzeyine çelik hasır donatı ve sıva uygulanarak betonarme çerçeve güçlendirme işlemine tabi tutulmuştur. Yapılan deneysel çalışmada 10 adet 1/2 ölçekli, bir katlı ve bir açıklıklı betonarme elemanlar üretilerek elde edilmiştir. Dolgu duvar yüzeyine yapılan farklı güçlendirme detayları sonucu farklı deney elemanları oluşturulmuştur. Bu uygulama sonucu elde edilen 10 adet çerçeve tersinir tekrarlı yatay yüke maruz bırakılmıştır. Üretilen çerçevelerin pratik hayatta karşılaşılan üretim hatalarını içerdiği dolayısıyla mevcut yapı stokunda bulunan kusurlu yapıları temsil ettiği kabul edilmiştir. Yapılan çerçeve imalatlarında numunelerin zemin ankastre temel ile bağlandığı kabul edilerek numuneler rijit bir temel üzerine inşa edilmişlerdir. Ayrıca üretim kusurları olarak düşük beton dayanımı ve zayıf kolon-güçlü kirişten oluşan bir tasarım felsefesi kabul edilmiştir. Çalışmada bölme duvarı ile çerçeve arasına yapılan ankraj aralığı, duvar düzlemine ortogonal

ankraj sayısı, yapılan sıvanın kalınlığı ve kalitesi değişken olarak kullanılmıştır. Bu parametrelere bağlı olarak numuneler deneye tabi tutulmuş ve çerçevelerin yatay kuvvet altındaki davranışları ve bu davranışlardaki değişimler incelenmiştir. Çalışmanın analitik kısmında çalışmada oluşturulan boş çerçeve, dolgu duvarlı güçlendirilmemiş çerçeve ve dolgu duvarlı güçlendirilmiş çerçevelerin matematiksel modelleri kurulmuş, bu modellerin SAP2000 programında lineer olmayan statik itme analizleri gerçekleştirilerek yatay yük kapasiteleri elde edilmiştir. Nümerik çalışmalar sonucunda deneylerde elde edilen yatay yük- yer değiştirme eğrileri, deneylerde elde edilen eğrilerle karşılaştırılmıştır.

Ünal [39] yaptığı çalışmada 2007 Türk Deprem Yönetmeliğine göre betonarme çerçeveler tasarlamış ve çerçevelerin düzlem dışı perdelerle güçlendirilerek deneylerini gerçekleştirmiştir. Deneysel çalışmada 1/3 ölçekli 4 adet numune üretilmiştir. Bu betonarme numuneler depreme ivmelerine benzeştirilen tersinir, tekrarlanır yatay yük altında test edilmiştir. Numunelerden ilki imalat hataları içeren dolayısıyla deprem dayanımı yetersiz yapıları temsil etmek üzere üretilen referans çerçevedir. Bu numuneye herhangi bir güçlendirme yapılmamıştır. İkinci numune eksenel kuvvetten dolayı yetersiz binaları temsil etmek amacıyla oluşturulan ve bu eksikliği güçlendirme ile bertaraf edilen numunedir. Bu deney elemanında kolonlar 3 taraftan güçlendirilmiştir. Üçüncü deney numunesi düzlem dışı perde ile güçlendirilen ve pencere boşluğu içeren deney elemanıdır. Son numune ise düzlem dışı 2 adet betonarme perde ile güçlendirilen deney elemanıdır. Yapılan deneyler sonucunda numunelere ait yatay yük – deplasman döngüleri, bu döngülere ait zarf eğrileri ve yatay rijitlik, süneklik ve enerji yutma eğrileri verilmiş, sonuçlar karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir.

Kılıç tek açıklıklı ve iki katlı, pratikte karşılaşılan uygulama hatalarına ve malzeme noksanlıklarına sahip betonarme çerçeveler üretmiştir [40]. Toplamda beş çerçeve numunesi üretilmiş olup numuneler ½ ölçeğinde tasarlanmıştır. Bu beş çerçeveden ilki boş çerçeve, ikincisi dolgu duvarlı betonarme çerçeve, diğer üç tanesi ise hasır çelik ve sıva kaplamasının değişik şekillerde kullanıldığı güçlendirilmiş çerçevedir. Çalışma sonucu hasır çelik ve sıva yapılması ile güçlendirme işleminin çerçevelerin yatay rijitliğini ve yük taşıma kapasitesini arttırdığı görülmüştür. Ancak bu güçlendirmenin çerçeveleri deprem şartnamesinin öngördüğü deprem performansı seviyesine

getirmediği anlaşılmıştır. Bunun nedenleri, mevcut numunelerdeki yetersiz bindirme boyları ve kiriş-kolon birleşim bölgelerindeki yetersiz donatı miktarıdır. Dolayısıyla çalışmanın sonunda bu eksikliklerin giderilmesi şartıyla ve mevcut bir yapının detaylı bir şekilde incelenmesi, güçlendirme işleminin eksiksiz yerine getirilmesi ve güçlendirme çalışmalarının tecrübeli ve yetkin mühendislerce yerine getirilmesi tavsiye edilmiştir.



## BÖLÜM 3

### DENEYSEL ÇALIŞMA

Deneysel çalışmada 5 adet ½ ölçekli, bir katlı ve bir açıklıklı betonarme çerçeve numune yapıları üretilmiştir. Bu betonarme numuneler pratikte tasarım ve imalat açısından hatalı olarak üretilen binaları temsil etmektedir. Deneysel çalışmada uygulaması sade, kolay ve ekonomik güçlendirme yöntemleri uygulanmış daha sonra maruz kalabilecekleri yükler altında yatay kapasiteleri belirlenmiştir. Güçlendirme tekniği olarak dolgu duvar üzerine hasır çelik donatılı konulmuş ve daha sonra şartnameye uygun sıva ile sıvanmıştır.

Üretilen 5 tane deney elemanının geometrik boyutları, donatı detayları, donatı fiziksel ve mekanik özellikleri, beton mukavemeti ve güçlendirme de kullanılan hasır donatı ve sıva malzeme özelliklerine karar verilmiştir. Üretilen numunelerin hepsinde sayılan özelliklerin hepsi aynı kalmış yani bu fiziksel ve mekanik özellikler bir parametre olarak ele alınmamıştır.

Benzer şekilde betonarme çerçeve boşluğuna örülen tuğla dolgu duvar, çelik hasır fiziksel ve mekanik özellikleri, miktarı, duvar harcı, tuğla duvar yüzeyine uygulanan sıva, ankraj donatısı fiziksel ve mekanik özellikleri üretilen numunelerin hepsinde aynı olup ve yine sabit parametreleri oluşturmuştur. Deneye tabi tutulacak elemanların geometrik ve fiziksel özellikleri Çizelge 3.1’de verilmiştir. Uygulanan ankraj çapının boyutu güçlendirilen deneylerde farklılık göstermektedir.

Numunelerin beton karışım oranları Çizelge 3.2’de, çerçeve elemanlarında kullanılan beton özellikleri Çizelge 3.3’de sunulmuştur. Donatının mekanik ve fiziksel özellikleri Çizelge 3.4’te verilmiştir. Numuneler Şekil 3.18’de verilen donatı detayları baz alınarak üretilmişlerdir.

Üretilen beş numunenin dördünde dolgu duvar olarak kullanılan tuğla malzemenin özellikleri Çizelge 3.6’da sunulmuştur. Dolgu duvarlı bu dört numune özellikleri Tablo 3.5’te verilen sıva ile sıvanmıştır. Dolgu duvarlı olarak üretilen numune deneye tabi tutulmuş ve dolgu duvarın çerçevenin yatay yük taşıma kapasitesine olan etkisi incelenmiştir. Dolgu duvarları güçlendirilen numuneler, Çerçeve ankraj çapının değişimini altında deneye tabi tutulmuş ve numunelerin yatay yük etkisi altındaki davranışı incelenmiştir.

Çizelge 3.1. Deneysel numunelerinin fiziksel ve geometrik özellikleri

Numune no	Numune adı	Numune özellikleri	Çerçeve boyutları m×m	Dolgu duvar Boyutları m×m
1	B	Boş çerçeve	2.10×1.45	1.70×1.20
2	1	Tuğla dolgu+sıva	2.10×1.45	1.70×1.20
3	I-FA30 Φ8- WA8-P1	Tuğla dolgu+sıva+çerçeve ankraj aralığı 30cm ve 8mm çap +duvar ankaraj sayısı 8 adet ve 8mm çap+ Dep. Yön. verilen sıva 3.5 cm	2.10×1.45	1.70×1.20
	I-FA30 Φ10- WA8-P1	Tuğla dolgu+sıva+çerçeve ankraj aralığı 30 cm ve 10mm çap +duvar ankaraj sayısı 8 ade ve 8mm çap+ Dep. Yön. verilen sıva 3.5 cm	2.10×1.45	1.70×1.20
5	I-FA30 Φ12 - WA8-P1	Tuğla dolgu+sıva+çerçeve ankraj aralığı 30cm ve 12mm çap +duvar ankaraj sayısı 8 adet ve 8mm çap+ Dep. Yön. verilen sıva 3.5 cm	2.10×1.45	1.70×1.20

### 3.1. Malzeme Özellikleri

Deney elemanlarının üretiminde kullanılan beton ve çelik malzemelerinin özellikleri

Çizelge 3.2, Çizelge 3.3, Çizelge 3.4’te sunulmuştur.

#### 3.1.1. Beton

Çizelge 3.2. Beton Karışım Oranları

	Çimento	0-7 Kum	0-6 Mıdır	6-16 Mıdır	Su	Toplam
Ağırlıkça (kg/m <sup>3</sup> )	200	587	498	925	165	2375
%	8.42	24.71	20.97	38.95	6.95	100

Çizelge 3.3. Beton Numune Özellikleri

	Numune Şekli	Numune boyutları (cm)	Kırılma yükü (kgf)	Kırılma yükü (kN)	Numune basınç dayanımı (N/mm <sup>2</sup> )	Elastisite modülü (N/mm <sup>2</sup> )
Temel	Silindir	15×30	46119	452.3	26.2	-
Çerçeve (28 günlük)	Silindir	15×30	23261.3	228.1	13.3	12837

#### 3.1.2. Donatı

Donatı ile ilgili bilgiler Çizelge 3.4 te verilmiştir.

Çizelge 3.4. Donatı Özellikleri

	Çap	Kütle (kg/m)	Boy (m)	Ağırlık (kg)	Akma (N)	Çekme (N)	Akma Dayanımı (MPa)	Çekme Dayanımı (MPa)	Kopma Uzam. %
Kolon	10	0.60	0.3638	0.606	38144	47091	486	600	16
	8	0.60	0.2525	0.421	23338	29529	464	588	16
Kiriş	12	0.60	0.543	0.905	53183	68698	471	608	17
	8	0.60	0.2525	0.421	23338	29529	464	588	16
Temel	16	0.60	0.9589	1.598	92398	111793	460	556	17
	8	0.60	0.2525	0.421	23338	29529	464	588	16
Ankraj donatısı	8	0.60	0.2525	0.421	23338	29529	464	588	16
	10	0.60	0.3638	0.606	38144	47091	486	600	16
	12	0.60	0.543	0.905	53183	68698	471	608	17
Hasır Donatı	6	0.615	0.129	0.203	8947	17327	317	613	3

### 3.1.3. Güçlendirme Sıvaları

Deney numulerinde kullanılan sıvanın kalitesi deprem yönetmeliğinde verilen karışım oranlarına paralel olarak hazırlanmıştır. Sıva karışım oranları yönetmelikte verilen karışımlara uygun olup, 4 hacim kum/1 hacim çimento/1hacim kireç karışımıyla sıva elde edilmiştir. Bu karışımla elde edilen sıvanın basınç mukavemeti Çizelge 3.5'te sunulmuştur.

Çizelge 3.5. Deprem Yönetmeliğinde Verilen Karışım Oranına Göre Hazırlanmış Sıva

	Kırılma yükü (kN)	Numune mukavemeti (MPa)
Sıva	136.8	7.8

Çizelge 3.6. Tuğla Basınç Dayanımı

	Numune boyutları (cm)	Kırılma yükü (kN)	Numune mukavemeti (N/mm <sup>2</sup> )	Elastisite modülü (N/mm <sup>2</sup> )
Yatay delikli tuğla	19.5×19.5×8.5	36	2.41	1000

### 3.2. Numunelerin İmalatı

Buradaki deneysel çalışmada  $\frac{1}{2}$  ölçekli, bir katlı ve bir açıklıklı toplam beş adet betonarme çerçeve numunesi üretilmiştir. Güçlendirme işlemi dolgu duvar üzerine çelik hasır uygulaması şeklinde gerçekleştirilmiştir. Bu amaç doğrultusunda hazırlanan beş adet çerçeve numunesi, tersinir tekrarlanır yatay kuvvet altında test edilmiştir. Numunelerin donatı detayları ve boyutları Şekil 3.17’de verilmiştir.

Deney elemanlarında kullanılan donatı miktarı detayları ve kesit geometrisi pratikte hatalı olarak üretildikleri kabul edilen yapıları temsil etmektedir. Bu imalatlarda numunelerin tam ankastre mesnetlendiği kabul edilerek, numuneler rijit temel üzerine inşa edilmişlerdir. Deney numuneleri bir katlı, bir açıklıklı, beton basınç dayanımı zayıf, zayıf kolon-güçlü kiriş prensibine dayanan çerçevelerden imal edilmişlerdir. Deney elemanlarında kullanılan donatılar nervürlüdür. Etriyeler sadece  $90^\circ$  eğilmiş ve kancasız olarak imal edilmiştir. Şartnamenin öngördüğü etriye sıklaştırması yapılmamış ve kesitlerde minimum donatı kullanılmıştır. Numunelerin temelleri  $3.10 \text{ m} \times 1.00 \text{ m}$  boyutunda ve  $0.50 \text{ m}$  yüksekliğinde inşa edilmiştir. Beş adet numunenin tamamının temel kalıpları yapılmış, donatıları yerleştirilmiş, kolon filizleri temel betonu dökülmeden önce Şekil 3.17’de verilen detaylara uygun yerleştirilmiştir.



Şekil 3.1. Temel betonu



Şekil 3. 2: Kalıpları sökülmüş temel

Bütün numunelerin temellerinin betonu aynı beton mikserinden ve aynı zamanda C25 mukavemetinde dökülmüştür. Temel dökümünden sonra, temel betonunun kuru yapılmıştır. Daha sonra çerçevelerin kalıpları hazırlanmış, beton ve kiriş donatıları kalıba yerleştirilmiştir.



Şekil 3.3. Temel betonu kuru



Şekil 3. 4: Çerçeve kalıplarının ve donatılarının yapımı



Şekil 3.5. Donatıları tamamlanmış çerçeve



Şekil 3.6. Hazırlanan çerçeve kalıpları

Kalıpların tamamlanması ve donatıların yerleştirilmesinden sonra beton dökümüne hazır hale getirilmiştir. 5 adet numunenin tamamının beton dökümü aynı zamanda yapılmıştır. Deney elemanlarının beton basınç mukavemetlerinin farklılık göstermemesi açısından, tamamı aynı karışım oranlarına sahip bir mikserden beton dökülmüştür. Şekil 3.9'da görüldüğü gibi bol miktarda beton örneği alınmıştır.



Şekil 3.7. Çerçeve betonlarının dökümü

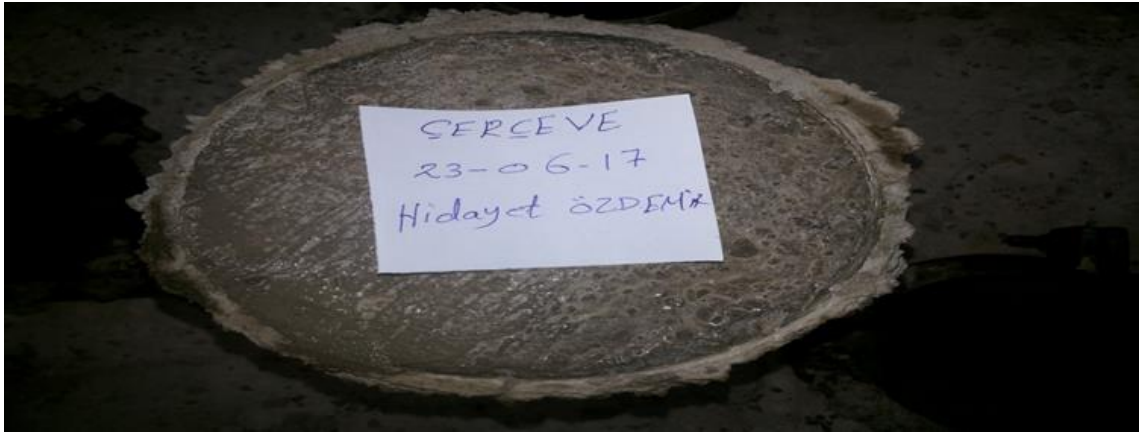


Şekil 3.8. Beton dökümü tamamlanmış çerçeveler



Şekil 3.9. Beton numunelerinin alınması

Numunelerin betonları aynı gün ve aynı mikserden elde edilmiştir. Hazır beton belirli bir mukavemet kazandıktan sonra numune kalıpları sökülüştür. Numunelerde kullanılan betonun dayanımının düşük çıkması istendiğinden dolayı kütleme yeterli seviyede ve miktarda yapılmamıştır.



Şekil 3. 9: Beton numunesi alınmış şekli

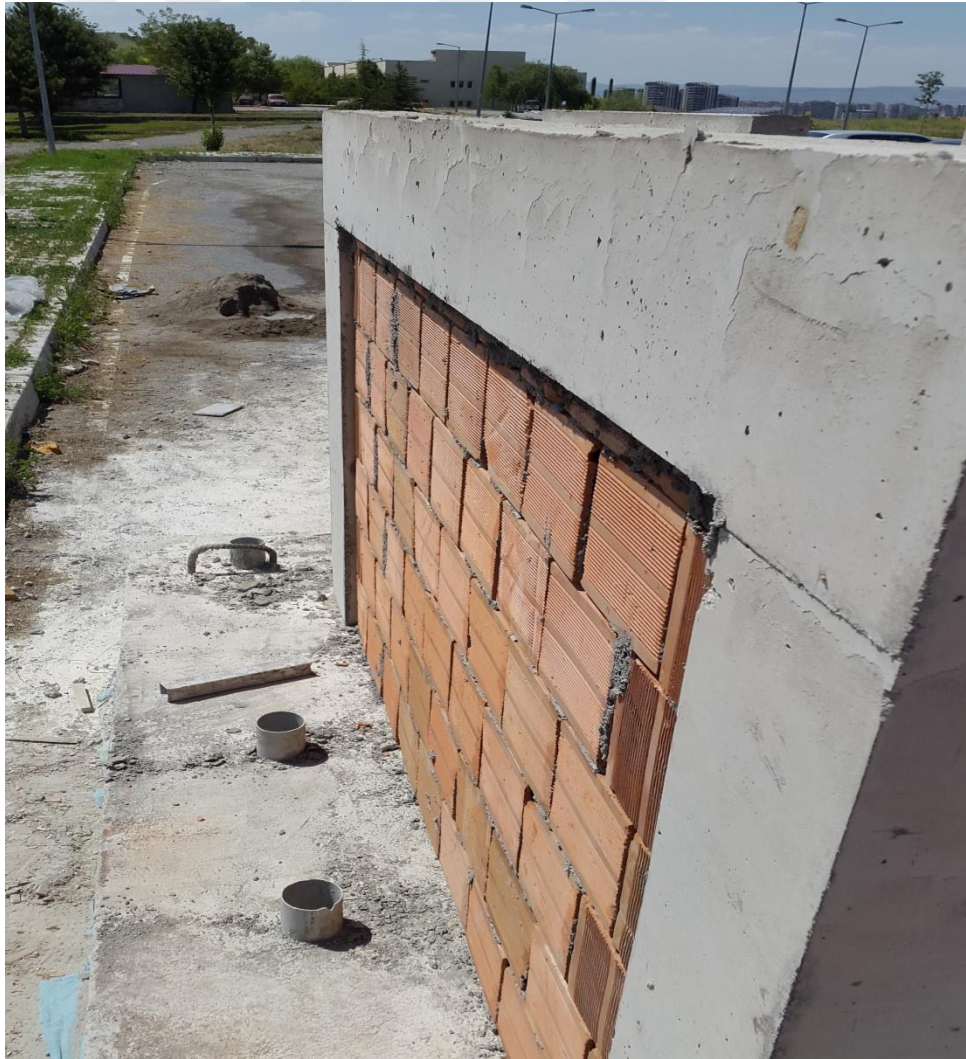


Şekil 3. 10: Çerçevesinin kalıplarının sökülüş şekli

Numune çerçevelerinin 4 tanesine 8.5'lik tuğlalarla dolgu duvarlar ilave edilmiştir. Duvarlar dış yüzeye 1.5 cm hizalanmış, çerçevenin iç yüzeyinde ise güçlendirme yapılabilmesi için bir girinti şartıdır.



Şekil 3. 11. Güçlendirme için çerçevede bırakılan dış



Şekil 3. 12: Bölme duvarının dış yüzey



Şekil 3.13. Bölme duvarlara sıva yapılması iç yüz



Şekil 3.14. Bölme duvarlara sıva yapılması dış yüz

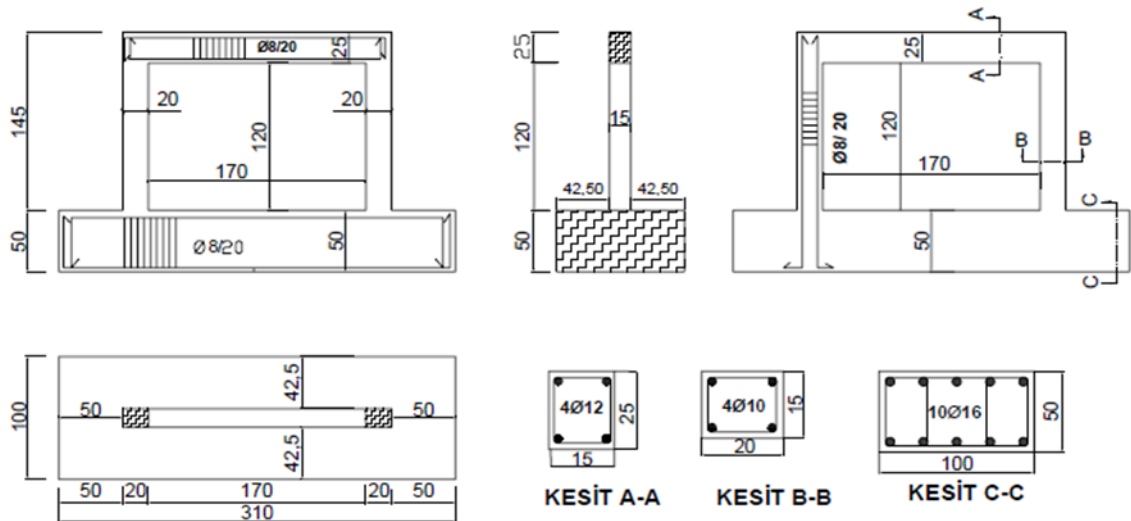


Şekil 3.15. Güçlendirme için çerçevede bırakılan dış

Dolgu duvar üzerine yapılan sıvanın yeterli mukavemet elde etmesi için yeterli süre beklenilmiştir. Sıvalar 5 gün boyunca sulanmıştır. Elde edilen bu dört deney numunesinin üç tanesinin güçlendirilmesine başlanmıştır.

### 3.2.1. Boyutlar ve donatı detayları

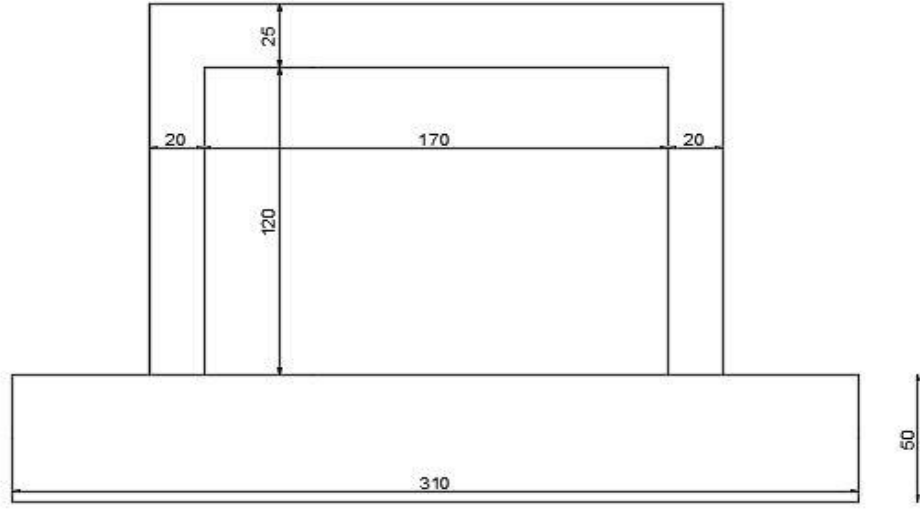
Yapılan üretimlerde numunelerin temele tam ankastre şeklinde bağlandığı kabul edilerek numuneler için rijit bir temel dizayn edilmiştir. Bu temel üzerine bir katlı, bir açıklıklı, beton basınç dayanımı zayıf, zayıf kolon-güçlü kirişten oluşan çerçeveler üretilmiştir. Etriyeler  $90^\circ$  ve kancasız olarak tasarlanmıştır. Deney elemanlarında nervürlü donatılar kullanılmıştır. Şartnamenin öngördüğü etriye sıklaştırması gerçekleştirilmemiş, aynı zamanda kesitlerde minimum donatı kullanılmıştır. Deney numunelerinin boyutları ve donatı detayları Şekil 3.17’de verilmiştir.



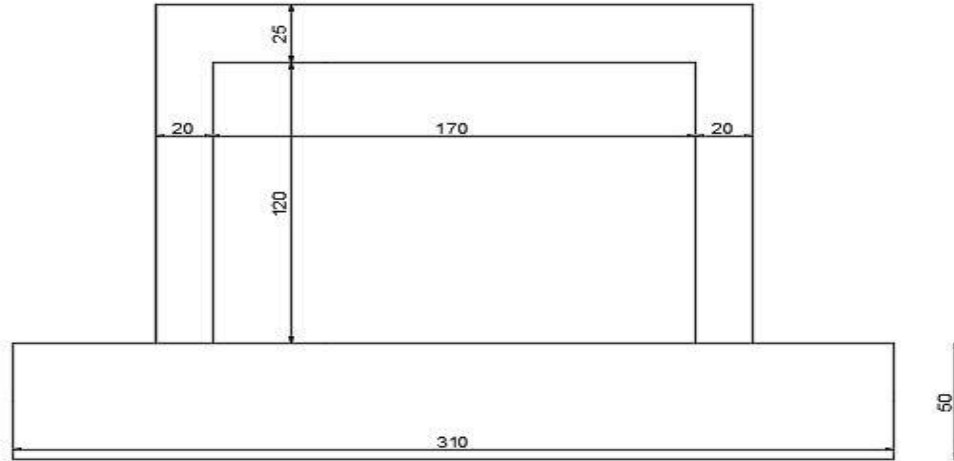
Şekil 3.16. Deney elemanları ve donatı detayları (boyutlar cm birimindedir)

### 3.2.2. Çerçevelerin güçlendirilmesi

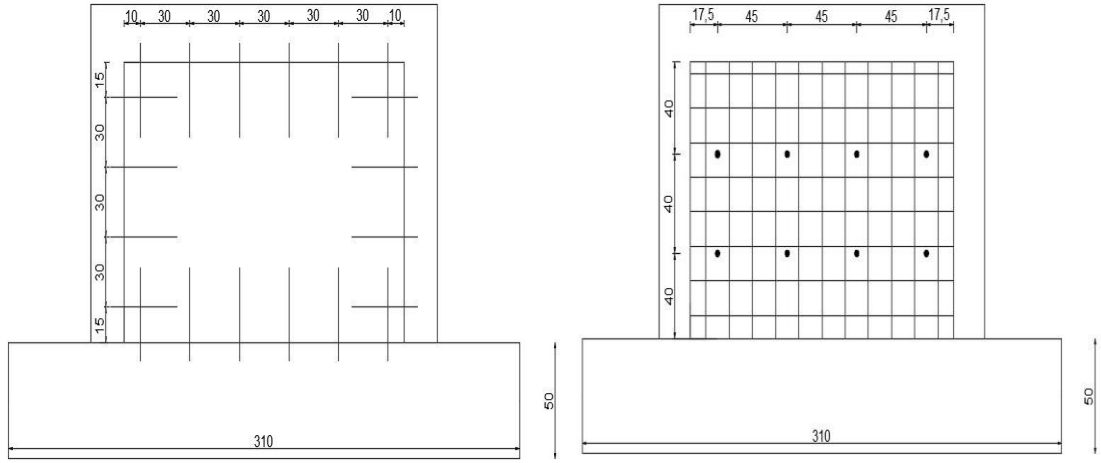
Üretimi yapılan beş adet betonarme çerçeve numunesi aşağıdaki şekillerde gösterilmiştir.



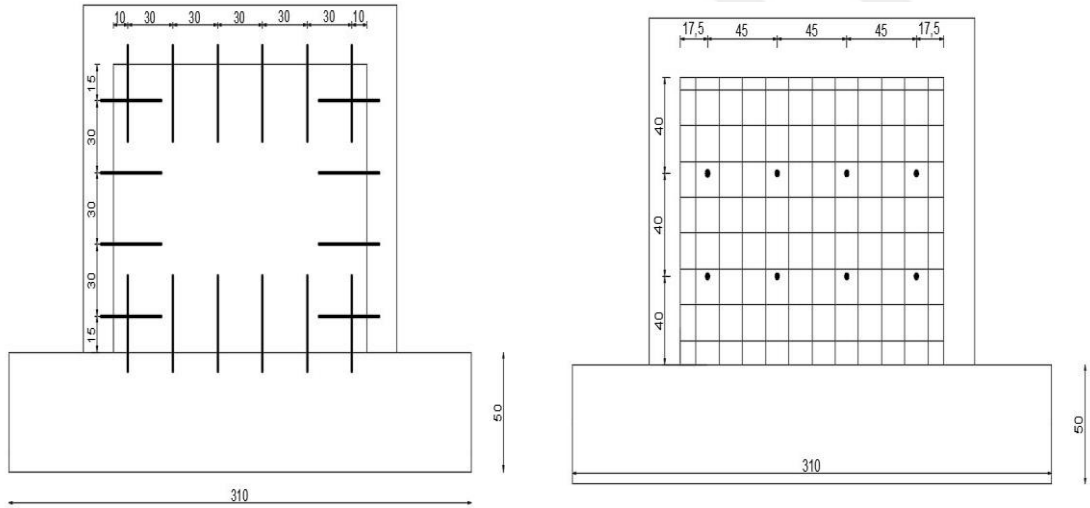
Şekil 3. 17 : Boş çerçeve (B)



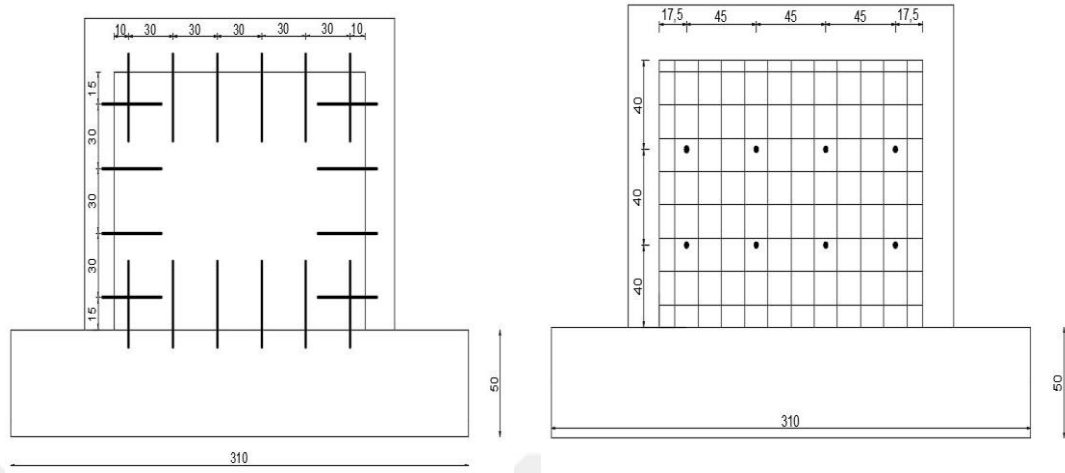
Şekil 3. 18 : I, Dolgu duvarlı ve sıvalı çerçeve ( Güçlendirilmemiş )



Şekil 3.19. I-FA30  $\Phi$ 8-WA8-P1 (Çerçeve ankraj aralığı 30 cm ve 8mm çap, duvar düzlemine dik ankraj sayısı 8 adet, 3.5 cm yönetmelikteki sıva) (Deprem Yönetmeliğine uygun)



Şekil 3. 20. I-FA30  $\Phi$ 10-WA8-P1(çerçeve ankraj aralığı 30 cm ve 10mm çap ,duvar ankaraj sayısı 8 ade ve 8mm çap+ sıva 3.5 cm)



Şekil 3. 21. I-FA30  $\Phi$ 12-WA8-P1(çerçeve ankraj aralığı 30 cm ve 12mm çap, duvar ankraj sayısı 8 ade ve 8mm çap+ sıva 3.5 cm)

Aynı özelliklere sahip üretilen 5 adet numune deneyi gerçekleştirilmiştir. Dört numune dolgu duvarları olarak imal edilmiş, bunlardan birincisinde herhangi bir güçlendirme yapılmamıştır. Geriye kalan üç tanesinde güçlendirme yapılmış, ankraj çapı hariç diğer parametreler aynı tutulmuş ve o şekilde numuneler yatay yükler etkisi altında deneye tabi tutulmuştur.

Numunelerden birincisi 1 no'lu numune olarak isimlendirilmiş ve boş çerçeve (bare frame) olarak test edilmiştir. B numunesi olarak adlandırılan numune Şekil 3.18'de gösterilmiştir.

2 no'lu numune ise dolgu duvarlı numunedir ve dış yüzeyde 1.5 cm normal sıva ile sıvanmış, iç yüzeyde ise 1 cm lik sıva ile sıvanmıştır. Dolgu duvarlı çerçeve (infilled frame) olarak kırılacak olup, bölme duvarının yatay yükler altındaki davranışa katkısı araştırılacaktır. I olarak isimlendirilen bu numune Şekil 3.19'da gösterilmektedir.

Geriye kalan numuneler güçlendirilmiş deney elemanlarıdır. Bu numunelerin güçlendirilmesinde, temel ve çerçeveye belirli mesafelerde ankrajlar ekilmiştir. Ankrajlar  $\Phi$ 8 nervürlü donatıdan imal edilmiştir. Bütün numunelerde ankrajların içine gireceği deliklerin derinliği donatı çapının 10 katı yani  $10\Phi$  şeklinde açılmıştır. Çerçeve

dışında kalan ankraj boyu ise donatı çapının 40 katı yani  $40\phi$  şeklinde düzenlenmiştir. Ankraj donatılarının mevcut betona tutturulmasında epoksi kullanılmıştır.

Ankraj delikleri, ankraj donatı çapından bir büyük çapta ( $\phi 10$ ) matkapla, 8 cm derinliğinde yani  $10\phi$  boyutunda açılmıştır. Açılan deliklerin tozları temizlenmiş ve sonrasında su ile yıkanmıştır. Duvar düzlemine ortogonal olan ankraj delikleri de aynı şekilde açılmış ve temizlenmiştir. Duvar düzlemine dik ankrajlar  $\perp$  şeklindedir. Bu ankrajların her bir kolu  $10\phi$  olacak şekilde hazırlanmış ve duvara yaslanan hasır donatının üzerinden ankrajlar yapılmıştır (Şekil 3.23).



Şekil 3. 22: Duvar düzlemine dik ankraj yapımı

Güçlendirilen numunelerde temel ve çerçeveye 30 cm mesafeyle ankraj yapılmıştır. Numunelerde girinti oluşturulan yüzeye  $15 \times 15$  cm gözenekli ve  $\phi 6$ 'lık Q tipi hasır çelik döşenmiştir. Şekil 3.24'de gösterildiği gibi bu hasır çeliğin ankrajı, duvar düzlemine dik olacak şekilde ve  $\perp$  şeklinde ankrajlar dan 8 adet yapılmıştır. Bu ankrajlar epoksiyle yapılmış ve hasır çeliğe dışarıdan mesnet olacak şekilde uygulanmıştır. Hasır çelik üzerine deprem şartnamesindeki karışım oranlarına uygun sıva ile 3.5 cm kalınlığında sıva yapılmıştır. Bu sıvaların kürü yapılmıştır. Bu numune I-FA30  $\phi 8$ -WA8-P1 olarak isimlendirilmiştir (Şekil 3.20).

3, 4 ve 5 no'lu deney elemanlarında güçlendirilmesinde tek bir parametre değiştirilmiştir. Bu üç numunede de kullanılan çerçeve ankraj aralığı, hasır çelik

miktarı aynı kalmaktadır. Güçlendirmede kullanılan sıva kalitesi deprem şartnamesinde verilen karışım oranlarına uygun bir biçimde hazırlanmıştır. Numunelerde değişen tek parametre çerçeve ankraj çapıdır. Yapılan deneylerde çerçeve ankraj çapının değişiminin güçlendirmeye olan etkisi incelenecektir.

Şekil 3.20’de gösterildiği gibi üç numaralı deney elemanında çerçeve ankraj çapı şartnamede verilen değerlere uygun seçilmiş ve toplamda 20 adet kullanılmıştır. Diğer parametrelerin tamamı da deprem şartnamesine uygun seçilmiştir. Numunelerde sadece çerçeve ankraj çapı olan 8 mm değişecektir. Bu numune yani üç numaralı çerçeve I-FA30-WA8Φ8-P1 olarak adlandırılmıştır (Şekil 3.24).



Şekil 3. 23:3 no’lu numune ankraj detayları

Şekil 3.21’de gösterildiği gibi dört numaralı numunede çerçeve ankraj çapın şartnamede verilen değerlere uygun seçilmiş ve 20 adet kullanılmıştır. Diğer parametrelerin tamamı da deprem şartnamesine uygun seçilmiştir. Numunelerde sadece çerçeve ankraj çapı olan 10 mm’ye değişecektir. Bu numune yani dört numaralı çerçeve I-FA30 Φ10-WA8-P1 olarak adlandırılmıştır (Şekil 3.25).



Şekil 3. 24. 4 no'lu numune ankraj detayları

Şekil 3.22'de gösterildiği gibi beş numaralı deney elemanında çerçeve ankraj çapı şartnamede verilen değerlere uygun seçilmiş ve toplamda 20 adet kullanılmıştır. Diğer parametrelerin tamamı da deprem şartnamesine uygun seçilmiştir. Numunelerde sadece çerçeve ankraj çapı olan 12 mm'ye değişecektir. Bu numune yani beş numaralı çerçeve I-FA30  $\Phi$ 12-WA8-P1 olarak olarak adlandırılmıştır (Şekil 3.26).



Şekil 3.25. 5 no'lu numune ankraj detayları

### 3.3. Deney ve Ölçüm Düzenegi

Deneilerin yapıldığı laboratuvarında 7 m uzunluğunda ve 50 cm kalınlığında L şeklinde betonarme yükleme duvarı ve 60 cm kalınlığında deney numunelerinin mesnetlendiği rijit bir döşeme bulunmaktadır. Şekil 3.29'da yükleme duvarı ve deney düzenegi gösterilmiştir. Yapılan deneylerde yer değiştirmeleri ölçmek için Linear Variable Differential Transformers - LVDT'ler kullanılmıştır. Şekil 3.30'da gösterildiği gibi yükleme krikosu ile yapılmış ve krikosu önünde bulunan yük hücresinden uygulanan yükler veri toplatıcıya aktarılmıştır. LVDT'nin bağlandığı kanallardan alınan veriler yine veri toplatıcıya (data logger) ve oradan da bilgisayara aktarılmıştır.

Yapılan numune deneylerinde toplam 13 tane LVDT kullanılmıştır. Bunlardan 4 tanesi tepe yer değiştirmelerini ölçmek için istifade edilmiştir. Şekil 3.31'de gösterildiği gibi duvarın iç yüzünde  $39.13^\circ$  olarak karşılıklı yerleştirilen 2 adet LVDT ile diyagonal okumaları alınmıştır. Ölçümlerin alındığı kolonun alt ucuna her iki yüzde 2 adet olmak üzere toplam 4 adet LVDT bağlanmış ve okumalar alınmıştır. Şekil 3.31'de görüldüğü gibi temel hareketi ve dönmeleri için de aynı şekilde LVDT'ler bağlanmış ve okumalar elde edilmiştir.

Deney numunelerinde iç yüzeyde hasır ve ankarjlarla güçlendirilen elemanın duvar imalatı merkezden kaçık (eksantrisite) örülen dolgu duvarların yatay kuvvet uygulanması sırasında elemanlarda düzlem dışına doğru harekete neden olabileceği düşünülmüştür. Bu hareketin engellenebilmesi için çerçeve elemanlarının çevresine sağlam temele dayalı çelik kafes sistemi inşa edilmiştir. Şekil 3.27'de gösterildiği gibi bu sisteme deney elemanlarının kirişleri hizasına gelecek şekilde bağlanan kayıcı mesnetler yardımıyla yatay yükün, elemanların sadece düzlem içinde hareketine izin verecek şekilde etkilmesi sağlanmıştır.

Yapılan deneyler yer değiştirme kontrollü devam ettirilmiştir. Deney elemanları üzerine yerleştirilen veri toplama aletlerinden gelen veriler eş zamanlı olarak bilgisayarda toplanmıştır. İtme ve çekme döngüleri çift çevrim şeklinde uygulanmış ve ikinci çevrimlerin sonunda deneylere kısa süre ara verilerek elemanlar üzerindeki çatlak ve hasar tespiti yapılmıştır.



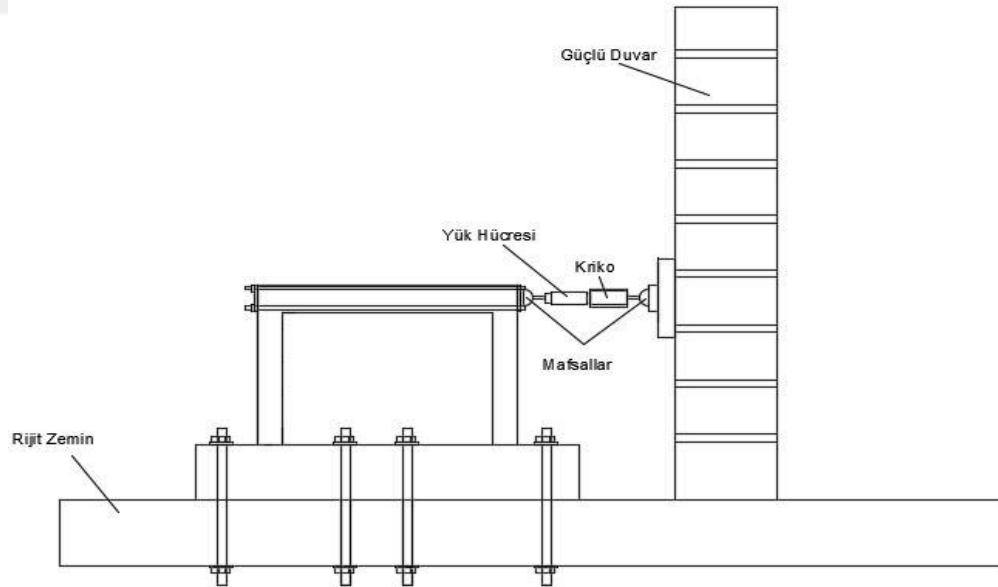
Şekil 3. 26: Düzlem dışı hareketi engellemek için yapılan kayıcı mesnetler



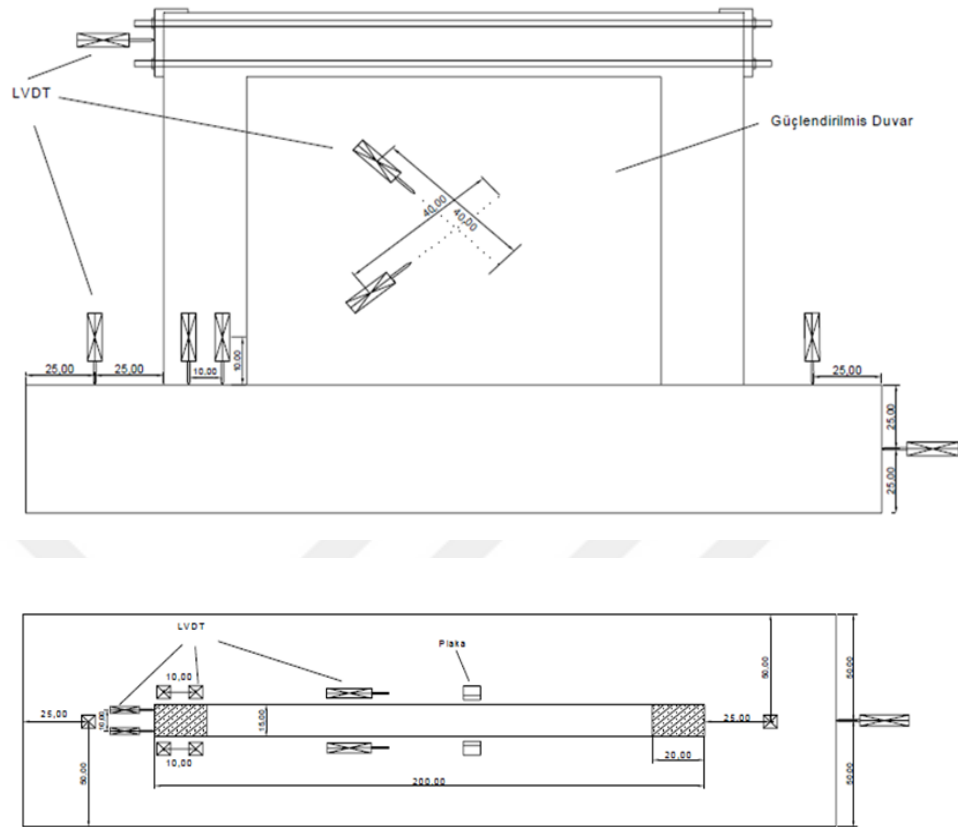
Şekil 3. 28: Yükleme düzeneği, kriko ve yük hücresi.



Şekil 3.27. Yükleme duvarı ve deney düzeneği



Şekil 3.28. Deney düzeneği



Şekil 3.29. Deney veri toplama düzeneği

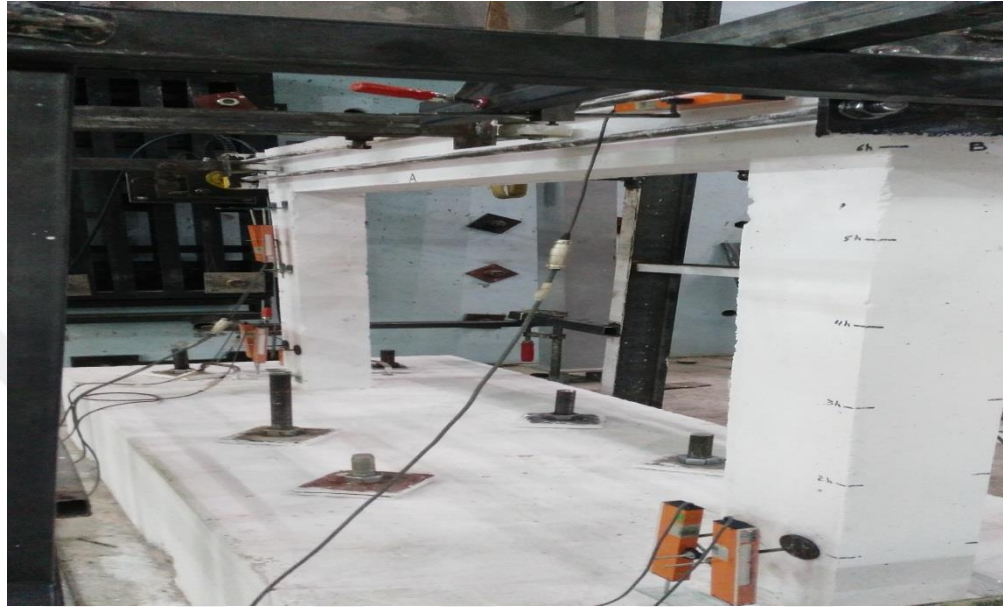
### 3.3.1. Deneilerin Yapılması

Deneilerde bir açıklıklı, bir katlı ve  $\frac{1}{2}$  ölçekli betonarme çerçeve numuneleri tersinir tekrarlanır yatay kuvvet altında test edilmiştir. Deney numunesine bağlanan LVDT'lerden elde edilen okumalar dijital ortama aktarılmıştır. Bu aktarılan veriler kullanılarak çeşitli hesaplamalar yapılmış, tablo ve grafikler elde edilmiştir.

Yapılan deneyler yer değiştirme kontrollü olarak gerçekleştirilmiştir. Elde edilen yer değiştirme oranlarına göre hedef yer değiştirmeler hesap edilmiştir. Hedef yer değiştirme, yer değiştirme oranı ile LVDT lerden tepe yer değiştirmelerin ölçüldüğü noktanın temele olan uzaklığıyla çarpılması sonucunda elde edilmiştir. Numuneler her bir yer değiştirme oranında, belirlenen hedef yer değiştirmeye kadar hem itme hem de çekme yönünde iki çevrim yapılmıştır. Yapılan her deney için yatay yük-yer değiştirme eğrileri elde edilmiştir.

Boş çerçeve (B) deneyinde, hedef yer değiştirme, yer değiştirme oranı ile tepe yer değiştirmelerin ölçüldüğü LVDT'nin temele olan mesafesi 1330 mm ile çarpılması

sonucunda bulunmuştur. Deney yer değiştirme oranı 0.0005'den (hedef yer değiştirme 0.665 mm) başlatılmış ve yer değiştirme oranı 0.07'de (hedef yer değiştirme 93.1 mm) sonlandırılmıştır. İtme ve çekmedeki ikinci çevrimlerde deneye kısa bir süre ara verilerek hasarlara not edilmiş ve fotoğrafları çekilmiştir.



şekil 3. 30: Boş çerçeve numunesine yatay yüklenme yapılıması

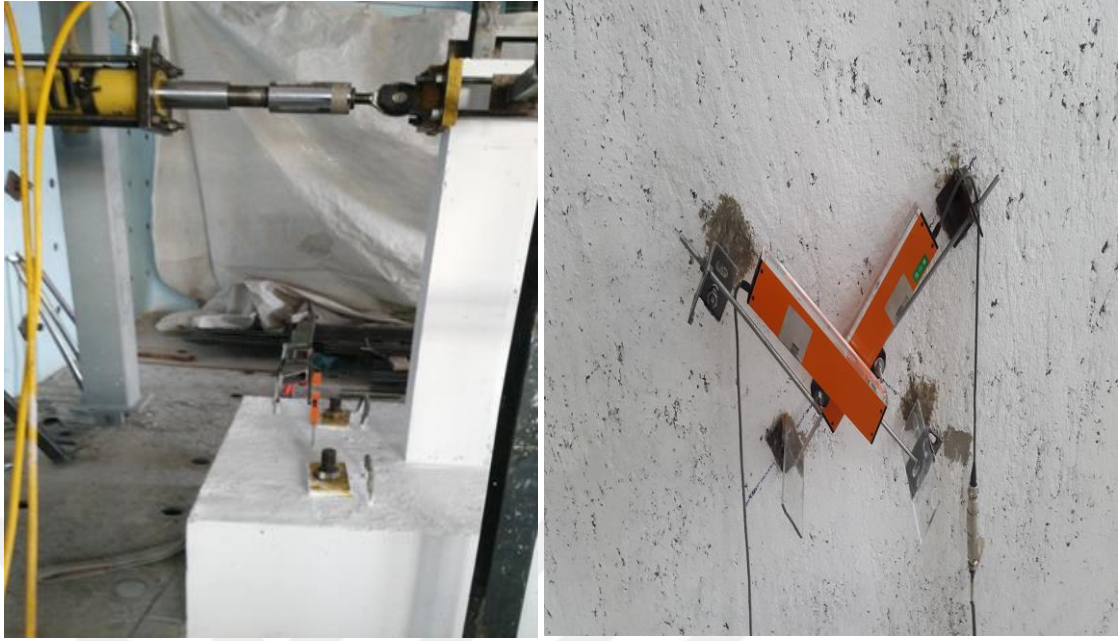


şekil 3. 31: LVDT lerle numuneden veri toplanması

Dolgu duvarlı çerçevede (I), hedef yer değiştirme için ölçülen LVDT mesafesi 1330 mm dir. Yer değiştirme oranı 0.0005, hedef yer değiştirme 0.665 mm den başlatılmış ve yer değiştirme oranı 0.01, hedef yer değiştirme 13.3 mm de sonlandırılmıştır.



Şekil 3.32. Dolgu duvarlı numunesine yatay yükleme yapılması



Şekil 3.33. LVDT lerle numuneden veri toplanması

Dolgu duvarlı güçlendirilmiş numuneler için de dolgu duvarli çerçeve için uygulanan yükleme protokolünün aynısı uygulanmıştır.

## BÖLÜM 4

### DENEY SONUÇLARI VE DEĞERLENDİRİLMESİ

Bu çalışma kapsamında 5 adet tek katlı, tek açıklıklı ve ½ ölçekli çerçeveler üretilerek deneye tabi tutulmuşlardır. Aşağıdaki paragraflarda her bir çerçeve numunesinin deneyi ve test sonucunda elde edilen sonuçları sayısal ve grafiksel olarak sunulmuştur.

#### 4.1. Deneylerin Aşamaları ve Yük-Yer Değiştirme Eğrileri

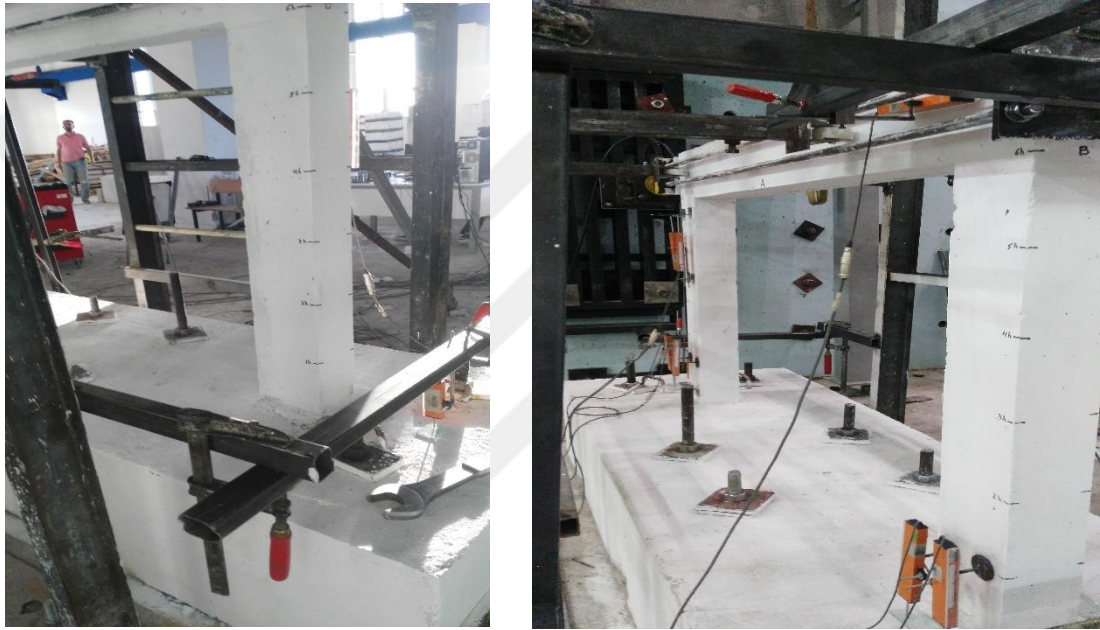
##### 4.1.1. Boş Çerçeve (B)

Numunelerden ilki boş çerçeve (bare frame) olarak test edilmiş ve bu numune B olarak adlandırılmıştır. Boş çerçeve (B) deneyinde, hedef yer değiştirme, yer değiştirme oranı ile tepe yer değiştirmelerin ölçüldüğü LVDT nin temele olan mesafesi 1330 mm ile çarpılması sonucunda bulunmuştur. Deney yer değiştirme oranı 0.0005 (hedef yer değiştirme 0.665 mm) den başlatılmış ve yer değiştirme oranı 0.07 (hedef yer değiştirme 93.1 mm) de sonlandırılmıştır. Numune her bir yer değiştirme oranındaki hedef yer değiştirmeye kadar ikişer sefer itme ve çekme yapılmıştır. İtme ve çekmedeki 2.çevrimlerde deneye kısa bir süre ara verilerek hasarlara bakılmış ve fotoğrafları çekilmiştir.

Kriko ile yükleme yapılan numune yüzeyi D olmak üzere saat yönünde devam ederek sırasıyla C,B,A yüzeyleri devam etmektedir. Numunede yer alan kolonlardan yükleme krikosuna yakın taraftaki kolon A1 ve diğer kolon da A2 olarak isimlendirilmiştir.

Şekil 4.1'de boş çerçevenin deney öncesi görüntüleri verilmiştir. Deney numunesinin her bir döngüde fotoğrafları çekilmiş ve oluşan hasar çerçeve üzerinde işaretlenmiştir. İlk dört döngü sonrası A1 ve A2 kolonlarının giriş birleşim yerlerinde 6h seviyesinde ve B yüzeylerinde ilk çatlaklar oluşmuştur (Şekil 4.2). Dördüncü döngüye yakın çevrimlerde A2 kolonunun 5 h seviyesinde B yüzünde ve A1 kolonunun D yüzünde 5h seviyesinde çatlaklar meydana gelmiştir. 7. döngüye kadar mevcut çatlakların genişliği

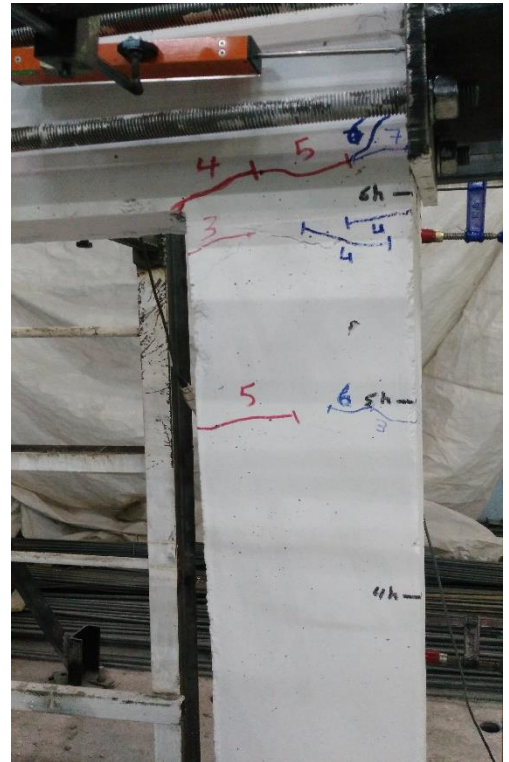
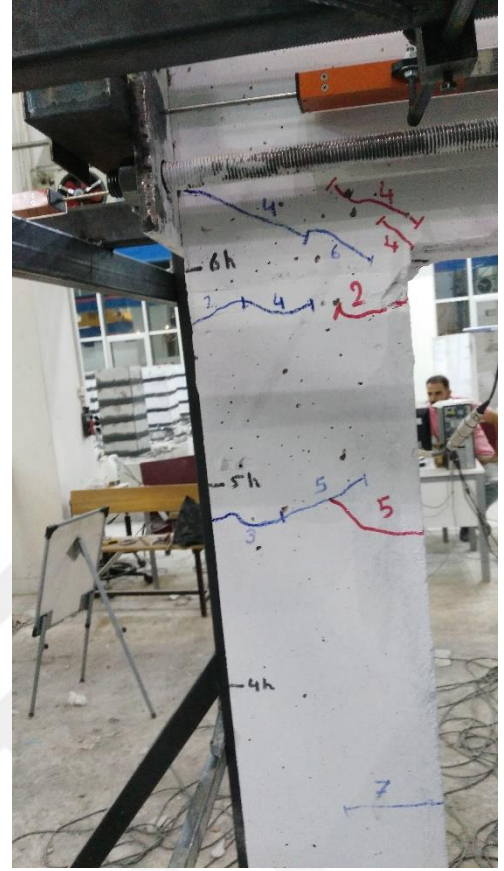
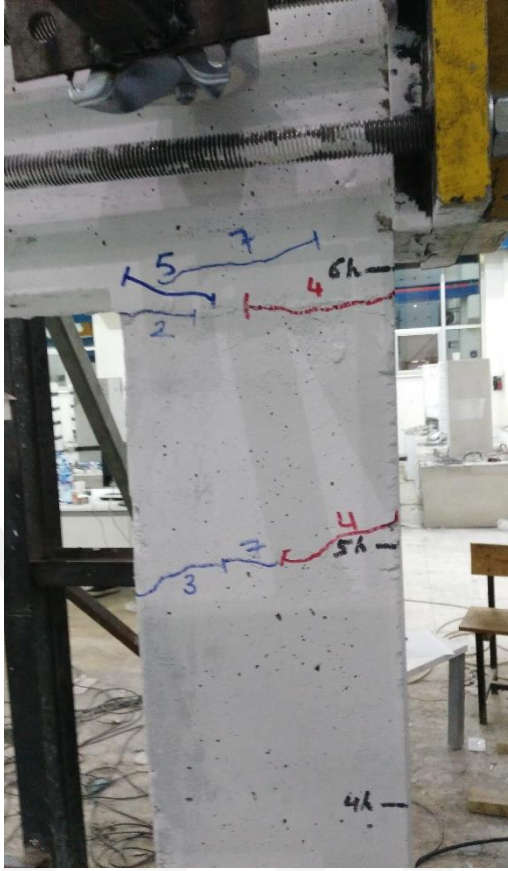
1 mm seviyesine kadar artmış ve ilaveten A1 kolonun C yüzünde kolon-kiriş seviyesinde  $45^\circ$  çatlak meydana gelmiştir (Şekil 4.3). 12 döngü seviyesinde A1 kolonu B yüzünde kiriş birleşim bölgesindeki çatlak boyutu 4 mm ulaşmıştır. (Şekil 4.4). 13. döngüden sonra A2 kolonu tarafındaki kolon-kiriş bölgesi D yüzündeki mevcut çatlakların genişliği 6-7 mm mertebesine ulaşmıştır (Şekil 4.5). Daha sonraki çevrimlerde temel-kolon birleşim bölgesinde plastik mafsallık oluşmuş, yani hasar seviyesi artarak çatlaklar genişlemiştir.



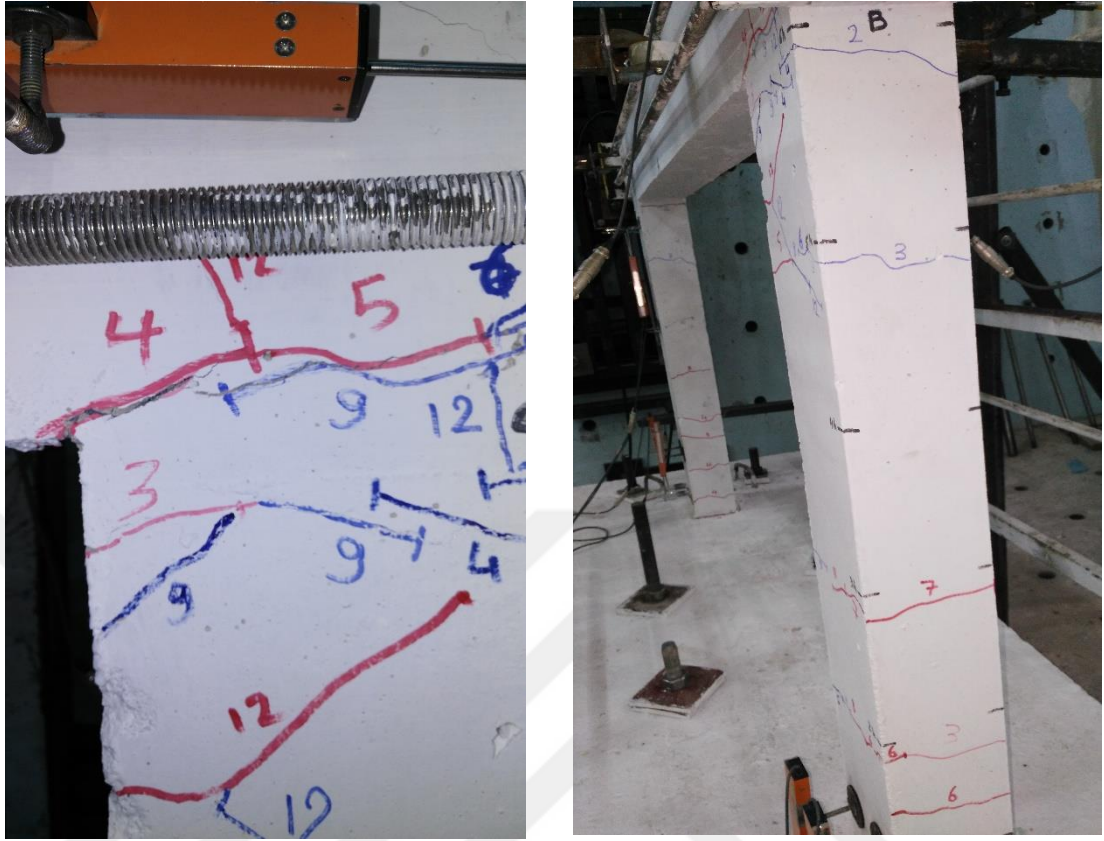
Şekil 4.1. Boş çerçeve deney öncesi



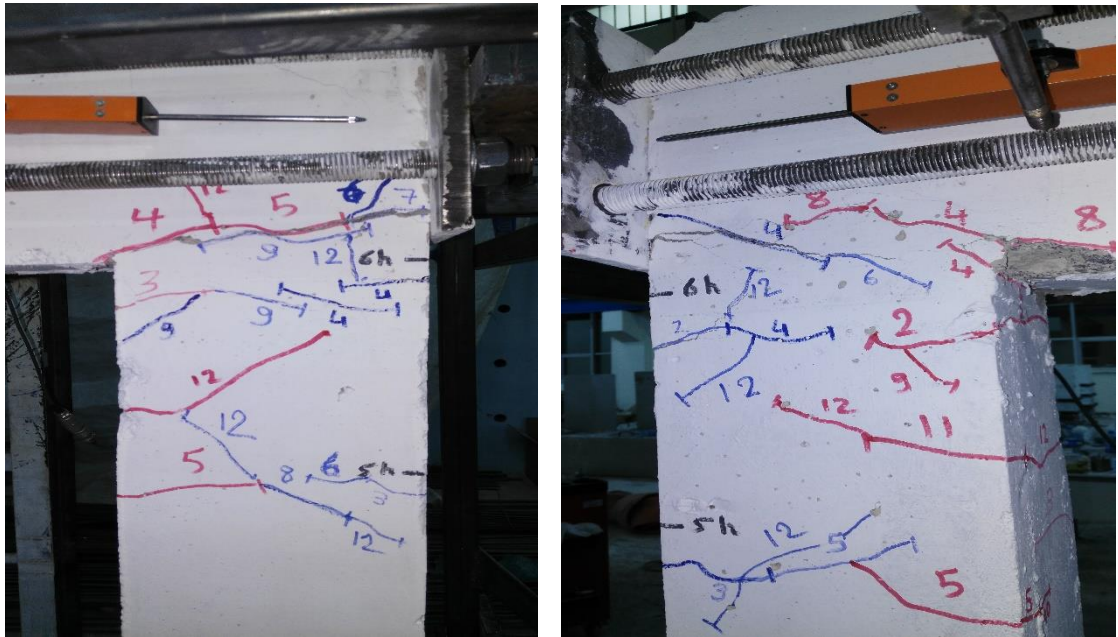
Şekil 4.2. 4. döngü sonunda çatlak durumu



Şekil 4.3. 7. Döngü sonunda çatlak durumu

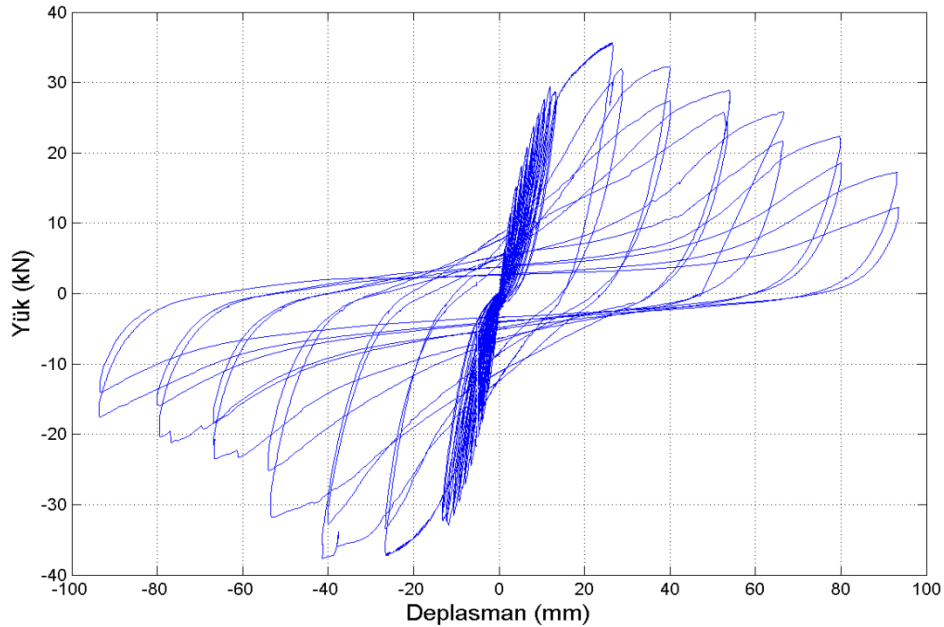


Şekil 4.4. 12. Döngü sonunda çatlak durumu



Şekil 4. 5: 13. Döngü sonunda çatlak durumu

Yapılan itme ve çekme döngüleri sonunda elde edilen boş çerçeveye ait kuvvet-yer değiştirme grafiği aşağıda verilmiştir.



Şekil 4.6. Boş çerçeveye ait yük-yer değiştirme eğrisi.

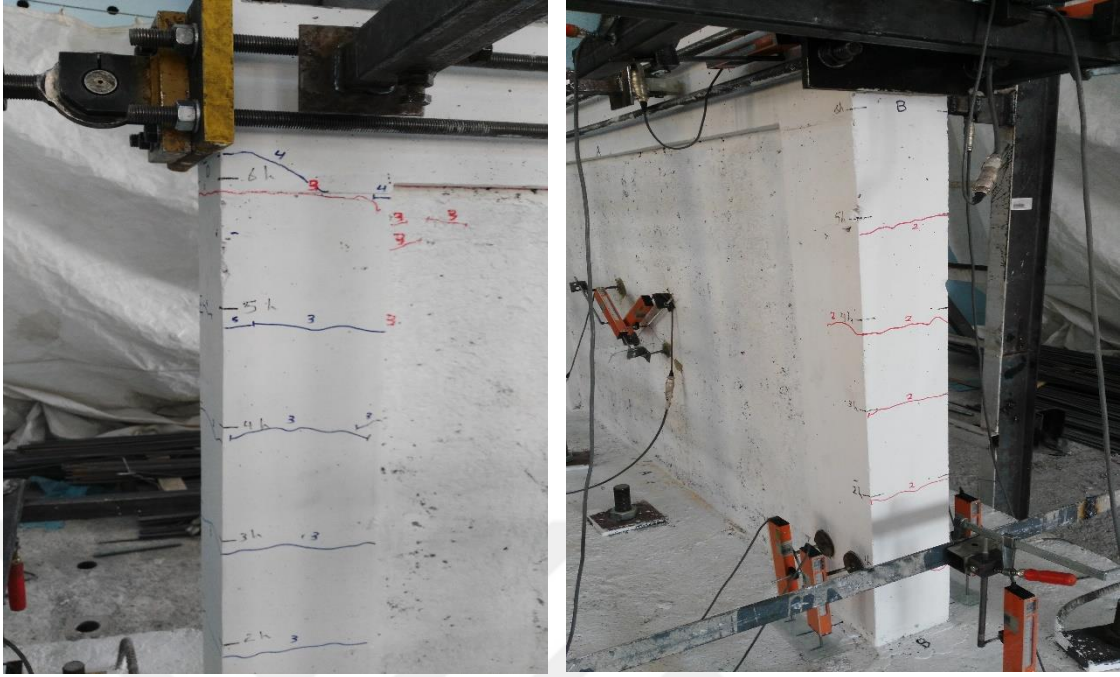
#### 4.1.2. Dolgu Duvarlı Referans Çerçeve (I)

Dolgu duvarlı çerçevede (I) hedef yer değiştirme için ölçülen LVDT mesafesi 1330 mm'dir. Yer değiştirme oranı 0.0005, hedef yer değiştirme 0.665 mm den başlatılmış ve yer değiştirme oranı 0.01, hedef yer değiştirme 13.3 mm de sonlandırılmıştır.

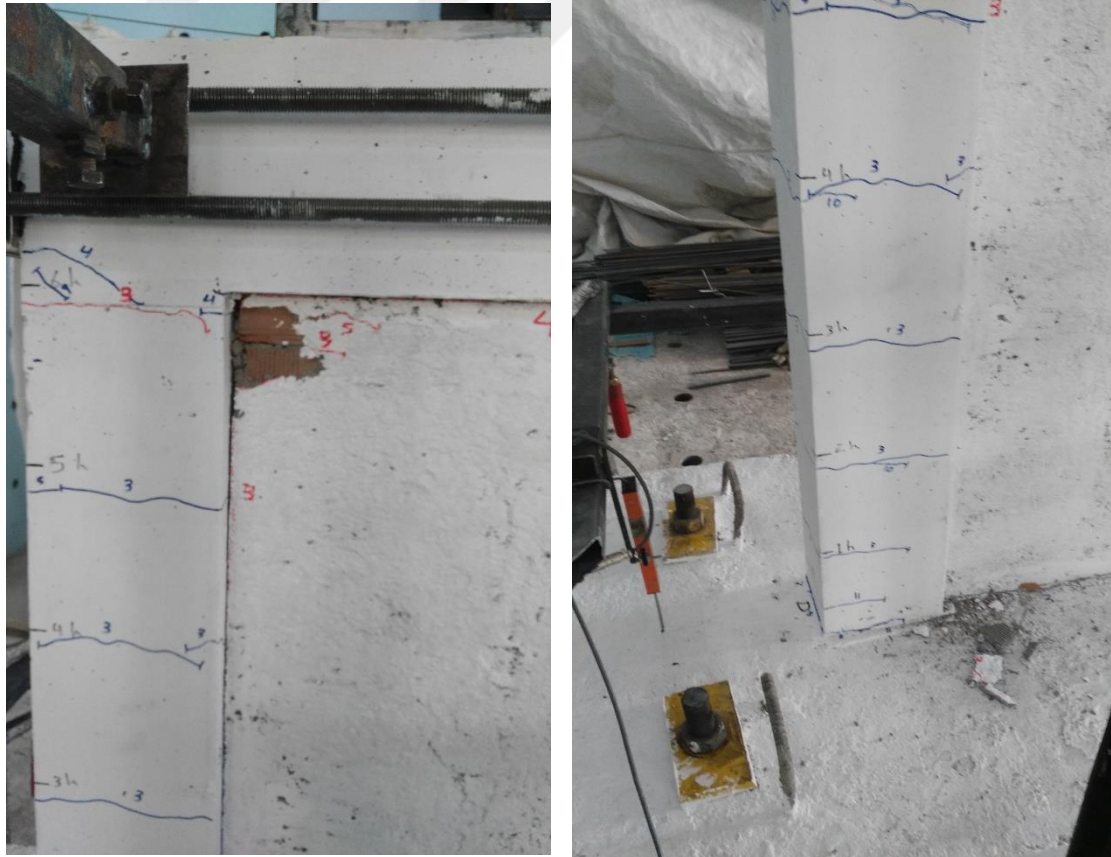
Çerçevedeki ilk çatlaklar 2. döngüden sonra meydana gelmiştir. 2. kolon B yüzünde 1, 2, 3, 4, 5h seviyelerinde kesit boyunca enine çatlaklar oluşmuştur. 2. ve 3. döngü sonunda oluşan bu çatlaklar Şekil 4.8'de gösterilmiştir. 4. döngü itmede 1. kolon ile kirişin birleşim bölgesinde  $45^\circ$  çatlak gözlenmiştir. Çekmede ise 2. kolon kiriş birleşim bölgesinde  $45^\circ$  çatlak görülmüştür. İlerleyen aşamalarda mevcut çatlaklar genişlemiş ve 5. döngüde 2. kolon-teme-duvar arasında ayrılma 1 mm mertebesine ulaşmıştır. 8. döngüde kesme çatlakları 1 mm seviyesine ulaşmış ve çerçevede dökülmeler başlamıştır (Şekil 4.9). 12. döngü sonunda duvar ortasında diyagonal çatlaklar oluşmuştur. 13. döngüde 1. kolon-kiriş birleşimiyle duvar arasındaki ayrılma 10 mm civarında ölçülmüştür (Şekil 4.10).



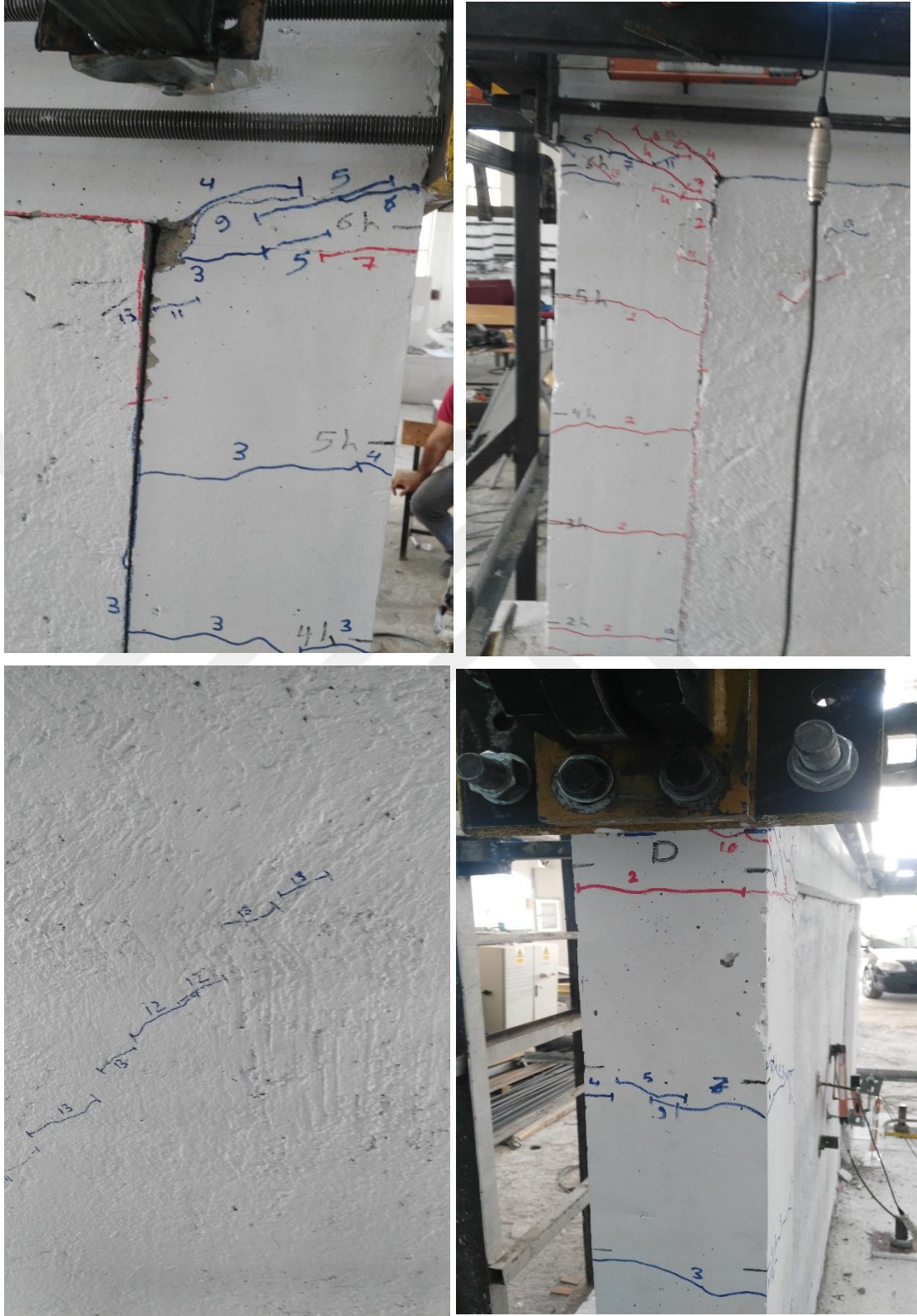
Şekil 4.7. Dolgu duvarlı referans çerçeve (I)



Şekil 4.8. Dolgu duvarlı referans çerçevede 2 ve 3. döngüde oluşan çatlaklar



Şekil 4.9. 7. döngü sonunda oluşan çatlaklar ve dökümler



Şekil 4.10. 13. döngü sonunda oluşan çatlaklar ve dökülmeler

17. döngü itmede 1. kolon-kiriş birleşim bölgesindeki kesme çatlaklarının genişliği 4 mm mertebesine ulaşmıştır. 1. kolon birleşim bölgesinde bulunan tuğla kırılmaya ve dökülmeye başlamıştır (Şekil 4.11). Çerçeve nihai dayanımını ise yaklaşık olarak 29 döngüden sonra ulaşmıştır (Şekil 4.12)

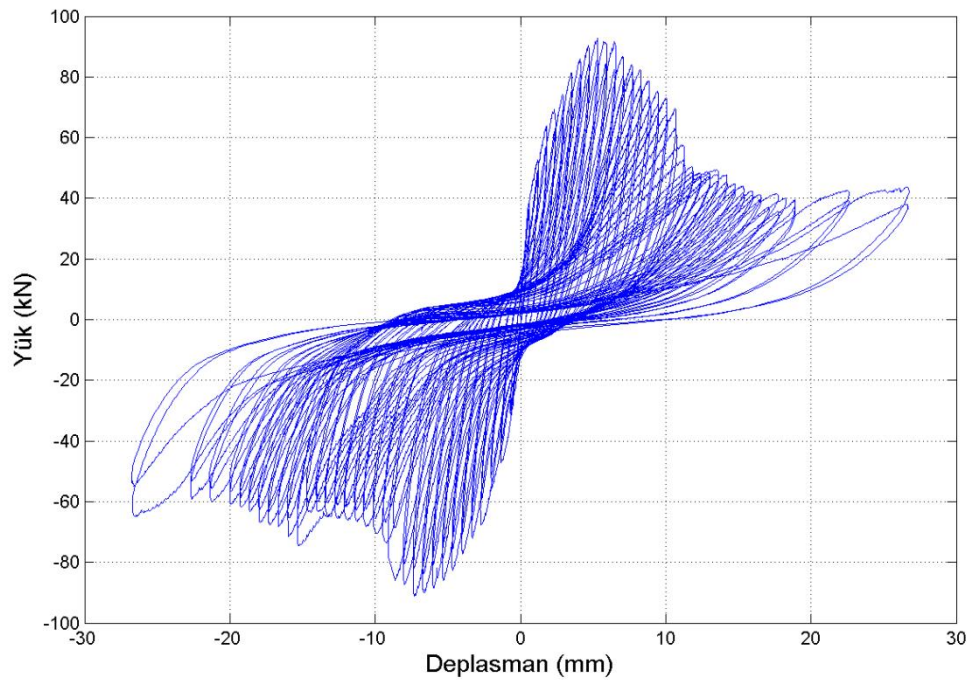
Tuğla dolgulu referans çerçeve için yapılan itme ve çekme deneylerinden sonra elde edilen yük –deformasyon grafiği Şekil 4.13’te sunulmuştur.



Şekil 4.11. 17. döngü sonunda oluşan çatlaklar ve dökülmeler



Şekil 4.12. 30. döngü sonunda oluşan çatlaklar ve dökülmeler



Şekil 4.13. Tuğla dolgulu çerçeveye (I) ait yük-yer değiştirme eğrisi.

### 4.1.3 Güçlendirilmiş Çerçeve (FA30 $\Phi$ 8)

Dolgu duvarlı güçlendirilmiş numuneler için aynı yükleme protokolü uygulanmıştır. Yer değiştirme oranı 0.0005, hedef yer değiştirme 0.665 mm den başlatılmış ve yer değiştirme oranı 0.01, hedef yer değiştirme 13.3 mm de sonlandırılmıştır.

Deneyin 1. döngüsü itmede kolonun D yüzünde eğilme çatlakları gözlenmiştir. Çekmede de 1, 2, 3, 4 ve 5h seviyelerinde enine çatlaklar oluşmuştur (Şekil 4.14). 4. döngü çekme esnasında A2 kolonunun kolon-temel birleşim bölgesinde 1 mm seviyesinde duvardan ayrılma gözlenmiştir. İtmede ise A1 kolonunun kolon-kiriş birleşim bölgesinde duvarda ezilmeler görülmüştür (Şekil 4.15). 8. döngüde A1 kolonunun A ve C yüzlerinde kiriş-kolon birleşim bölgesinde dökülmeler başlamış, A2 kolonunun temel birleşim bölgesinde oluşan diyagonal çatlak 4 mm mertebesine ulaşmıştır (Şekil 4.16). 14. döngüde A2 kolonu C yüzü kolon-kiriş birleşim bölgesindeki duvar ile ayrılma 6-7 mm seviyesine ulaşmış, dökülmeler başlamıştır. Aynı döngünün çekmesinde A1 kolonun duvarla arasındaki ayrılma 1 cm mertebesine ulaşmıştır. A2 kolonu kolon-kiriş birleşim bölgesindeki eğik çatlağın genişliği 3 mm civarında ölçülmüştür (Şekil 4.17). 26. Döngünün itme aşamasında A2 kolonun kolon-kiriş birleşim bölgesi duvardaki ayrılma 2.5 cm civarına ulaşmıştır. Çekmede ise A1 kolonunun kolon-kiriş birleşim bölgesinde duvardaki ayrılma yine 2.5 cm mertebesinde ölçülmüştür (Şekil 4.18). İlerleyen aşamalarda (26, 28 ve 30. döngü) mevcut çatlakların genişlikleri hızla artmıştır. Kolon-kiriş birleşim bölgesinin hemen alt tarafında kolon bölgesinde plastik mafsallar oluşmuş ve bahsedilen panel bölgesinde büyük kesme çatlakları oluşmuştur (Şekil 4.19).

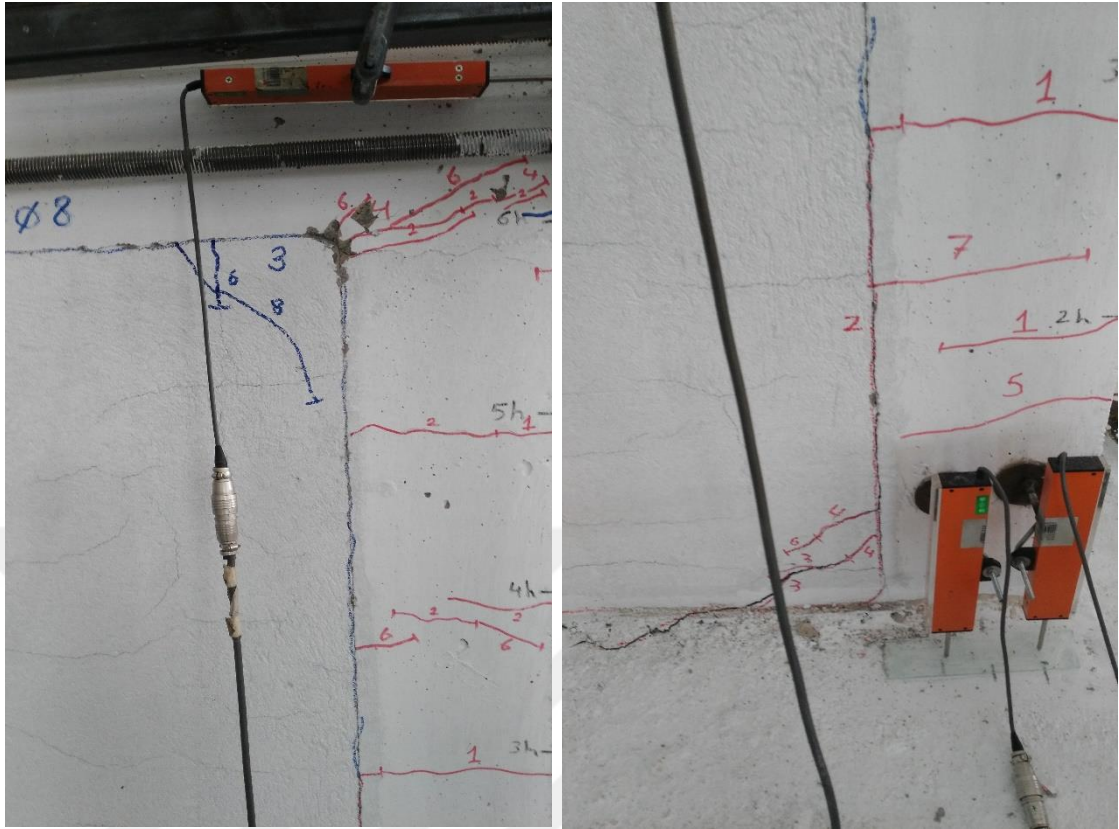
Bu deneyde numune toplamda 32 döngüye maruz bırakılmıştır. Bu çevrimler sonu elde edilen yük- deplasman eğrisi Şekil 4.20'de sunulmuştur.



Şekil 4.14. 1. döngü sonunda oluşan çatlaklar.



Şekil 4.15. 4. döngü sonunda oluşan çatlaklar ve ayrılmalar.



Şekil 4.16. 8. döngü sonunda çatlak durumu.



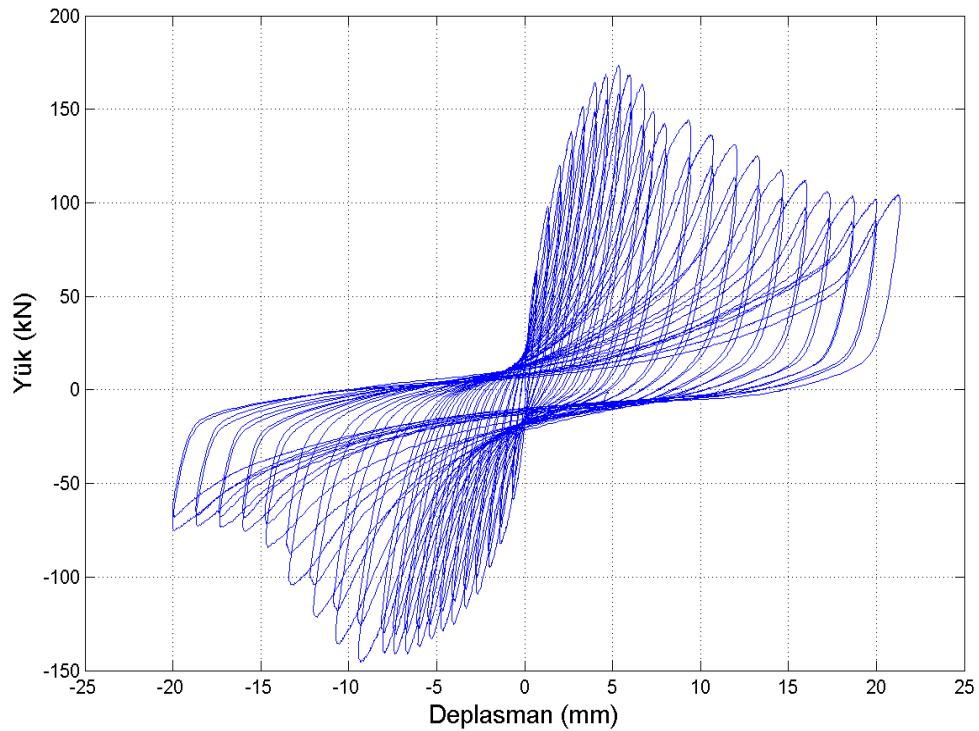
Şekil 4.17. 14. döngü sonunda çatlak ve dökülme durumu.



Şekil 4.18. 24. döngü sonunda çatlak ve dökülme durumu.



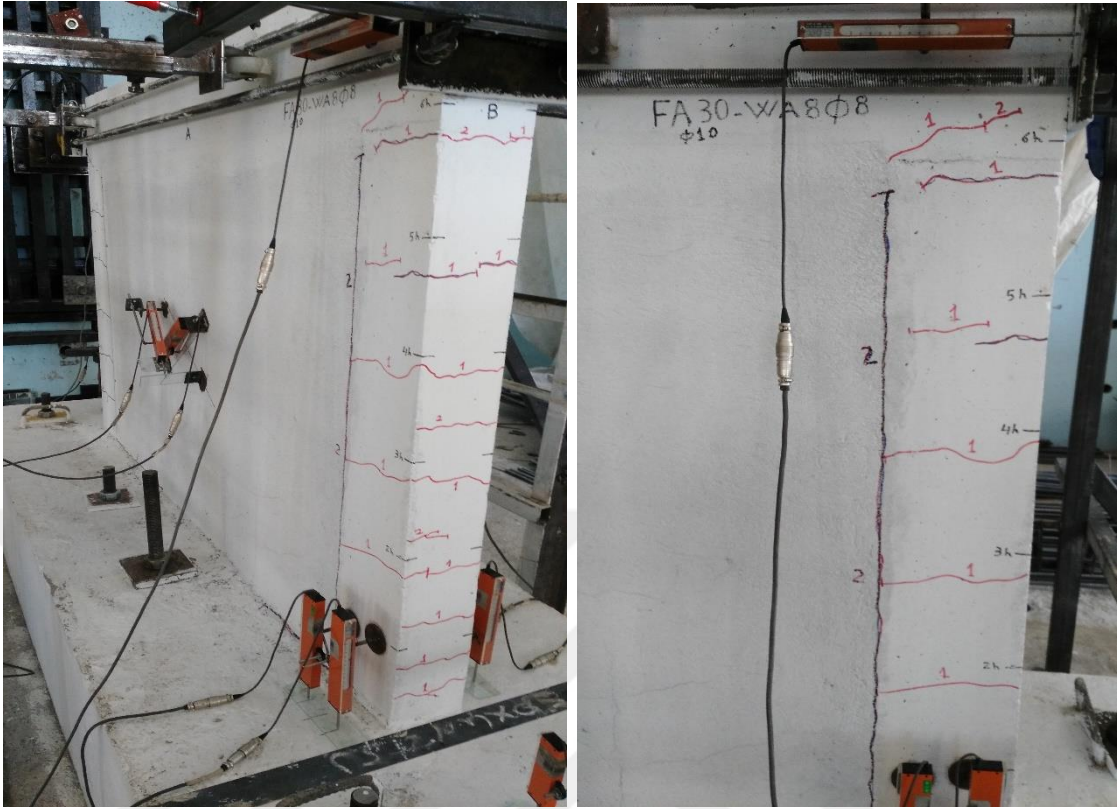
Şekil 4.19. 26, 28 ve 30. döngü sonunda çatlak ve dökülme durumu.



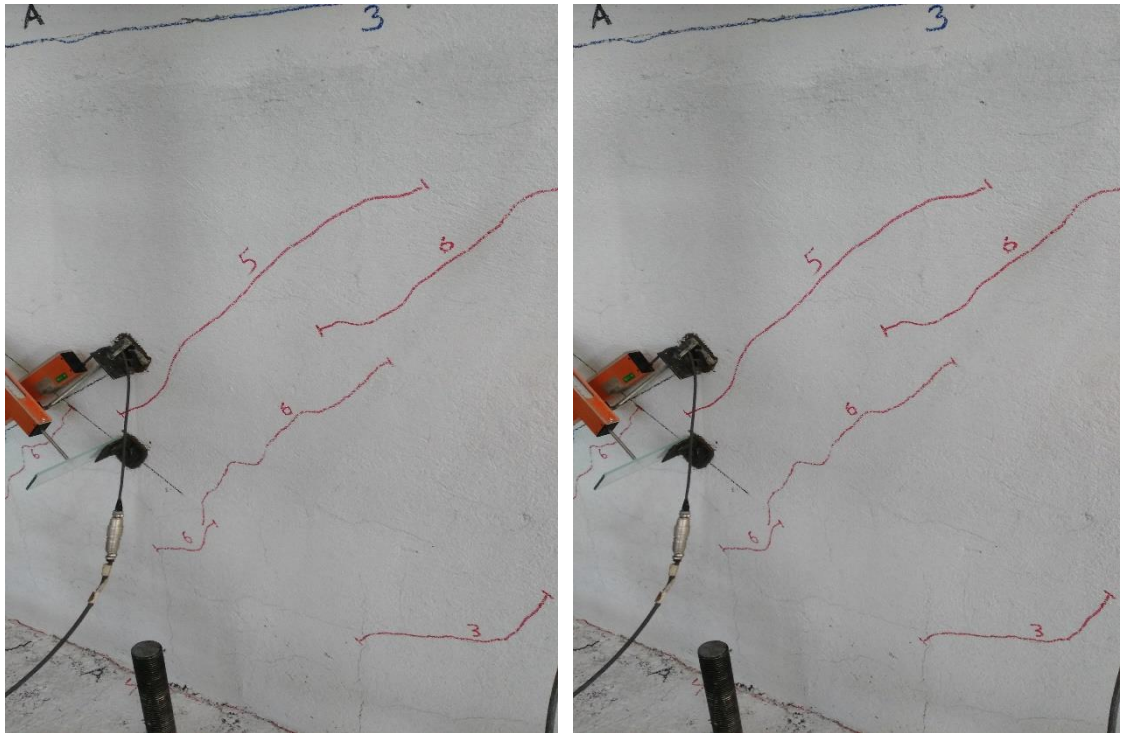
Şekil 4. 20. Güçlendirilmiş çerçeveye (I-FA30 Φ8-WA8-P1 ) ait yük-yer değiştirme eğrisi.

#### 4.1.4. Güçlendirilmiş Çerçeve (FA30 Φ10)

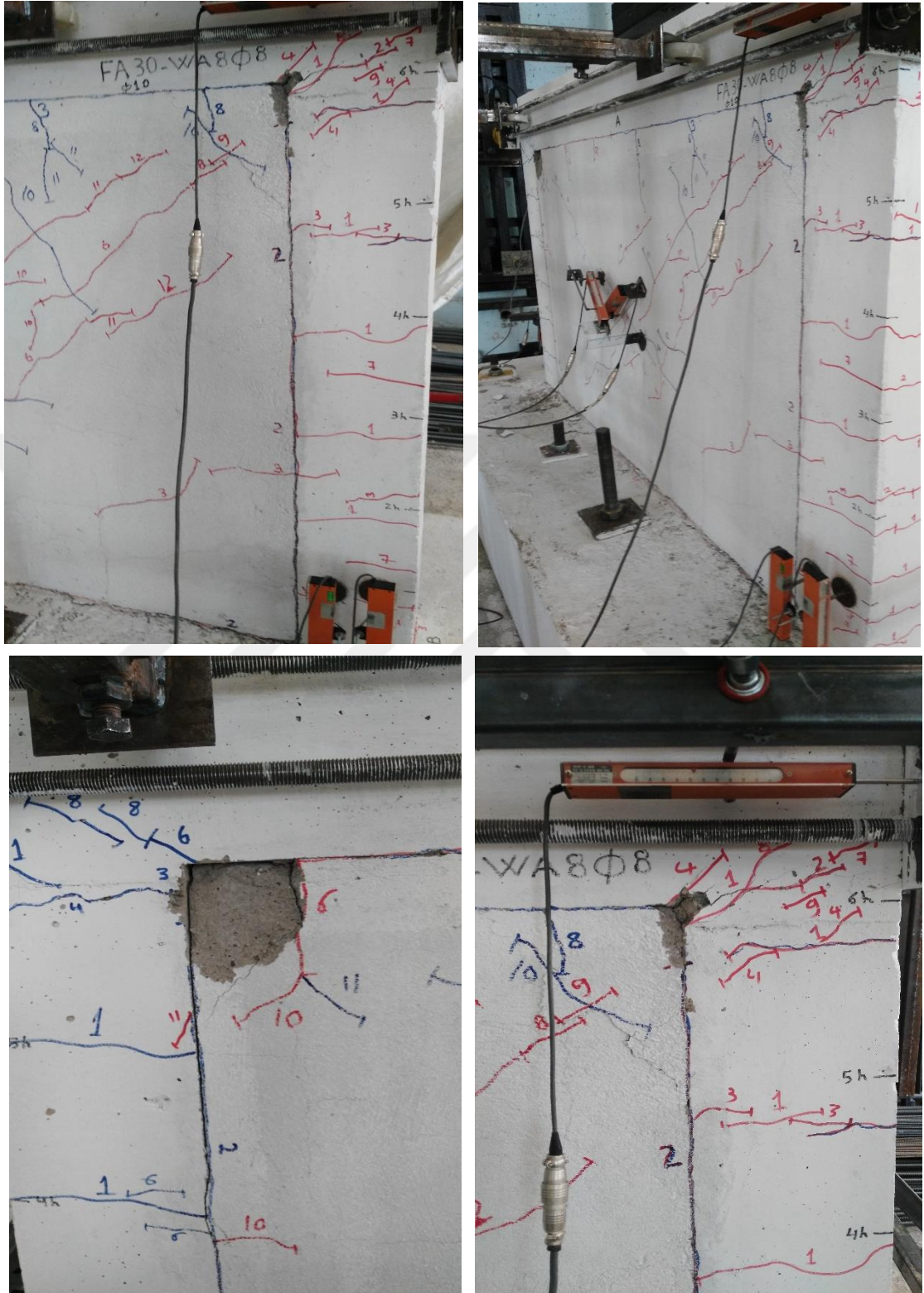
Dolgu duvarlı güçlendirilmiş bu numune için aynı bir önceki yükleme protokolü uygulanmıştır. Numune toplamda 32 döngüye maruz bırakılmıştır. İlk üç döngü sonrasında A1 kolonunun çeşitli seviyelerinde enine çatlaklar oluşmuş, duvar kolon birleşim yerinde çatlak görülmüş ve A2 kolon-kiriş birleşim bölgesinde 45° çatlak oluşmaya başlamıştır (Şekil 4.21). 6. Döngü sonunda A2 kolonunun üst bölgesinde duvar ile birleşim bölgesinde ayrılma 1 mm mertebesine ulaşmıştır. Benzer şekilde duvar alt bölgesindeki ayrılma da 1 mm civarında gözlemlenmiştir. A2 kolonu-duvar birleşim bölgesinde ve ayrıca temel birleşiminde çatlak görülmüştür. Dolgu duvar üzerinde de 45° çatlaklar oluşmaya başlamıştır (Şekil 4.22). 12. döngü sonrasında hem dolgu duvar hem de panel bölgeleri üzerindeki diyagonal çatlakların enleri ve boyları uzamaya devam etmiştir. A2 kolonunun kiriş-duvar birleşim köşesinde C yüzünde ezilmeler başlamıştır. Çatlak genişlikleri 3 mm civarında olmuştur. Çekme döngüsünde A1 kolonu kiriş-duvar birleşim bölgesindeki ayrılma 5 mm olarak ölçülmüştür. Çerçevede dökülmeler başlamıştır (Şekil 4.23).



Şekil 4. 21: İlk üç döngü sonunda çatlak ve ayrılma durumu.



Şekil 4. 22: 6. döngü sonunda çatlak ve ayrılma durumu.



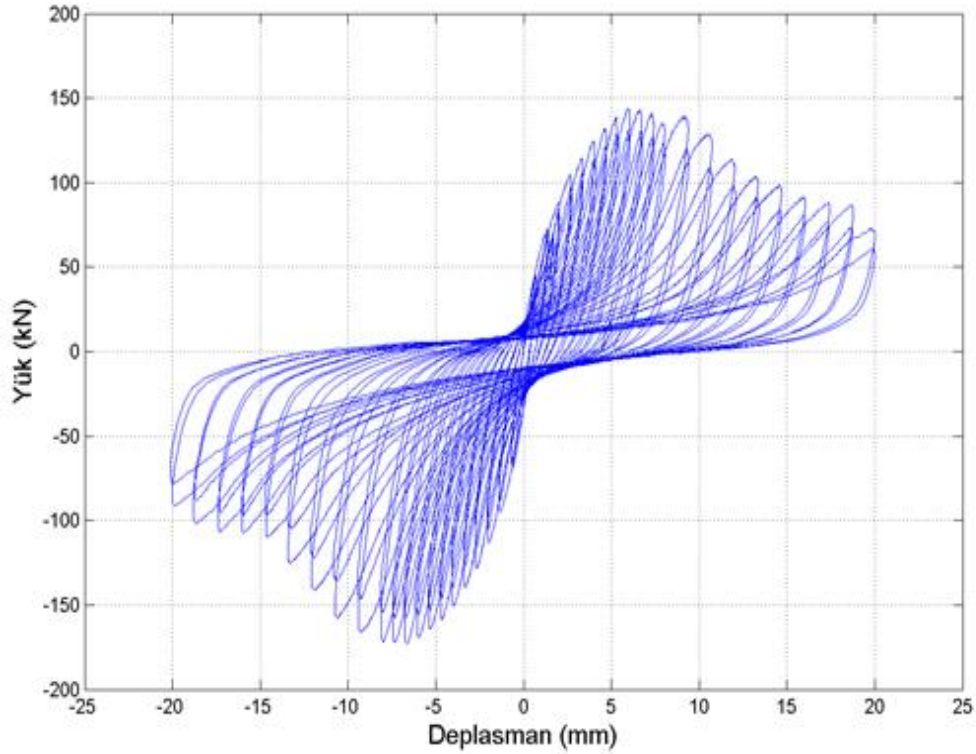
Şekil 4. 23: 12. döngü sonunda çatlak, ayrılma ve dökülme durumu.

20. döngü sonunda A2 kolonu ile duvar arasındaki ayrılma 9-10 mm mertebesinde görülmüştür, A yüzünde duvar-temel birleşim bölgesinde dik çatlaklar görülmüştür. A2 kolonunun kolon-kiriş birleşim bölgesinde ezilmeden kaynaklı dökülmeler başlamıştır. A1 kolonu C yüzü kolon-kiriş birleşim bölgesinde de ezilmeden kaynaklı dökülmeler oluşmuştur (Şekil 4.24). 24. döngü çekmede A2 kolonu kiriş birleşim bölgesinde plastik mafsalları net bir şekilde gözlemlenmiştir. Dökülen kabuk betonun içerisinde B yüzünde boyuna donatıların burkulduğu fark edilmiştir. 30. döngü civarında kolonda oluşan plastik mafsallar kesme ve eğilme dayanımlarına ulaştığı donatı ve çekirdek betonunun durumundan anlaşılmıştır. Deney birkaç döngü içerisinde sonlandırılmıştır. Bu döngüler sonucu elde edilen yük-deformasyon grafiği Şekil 4.26’te verilmiştir.



Şekil 4. 24: 20. döngü sonunda çatlak, ayrılma ve dökülme durumu.

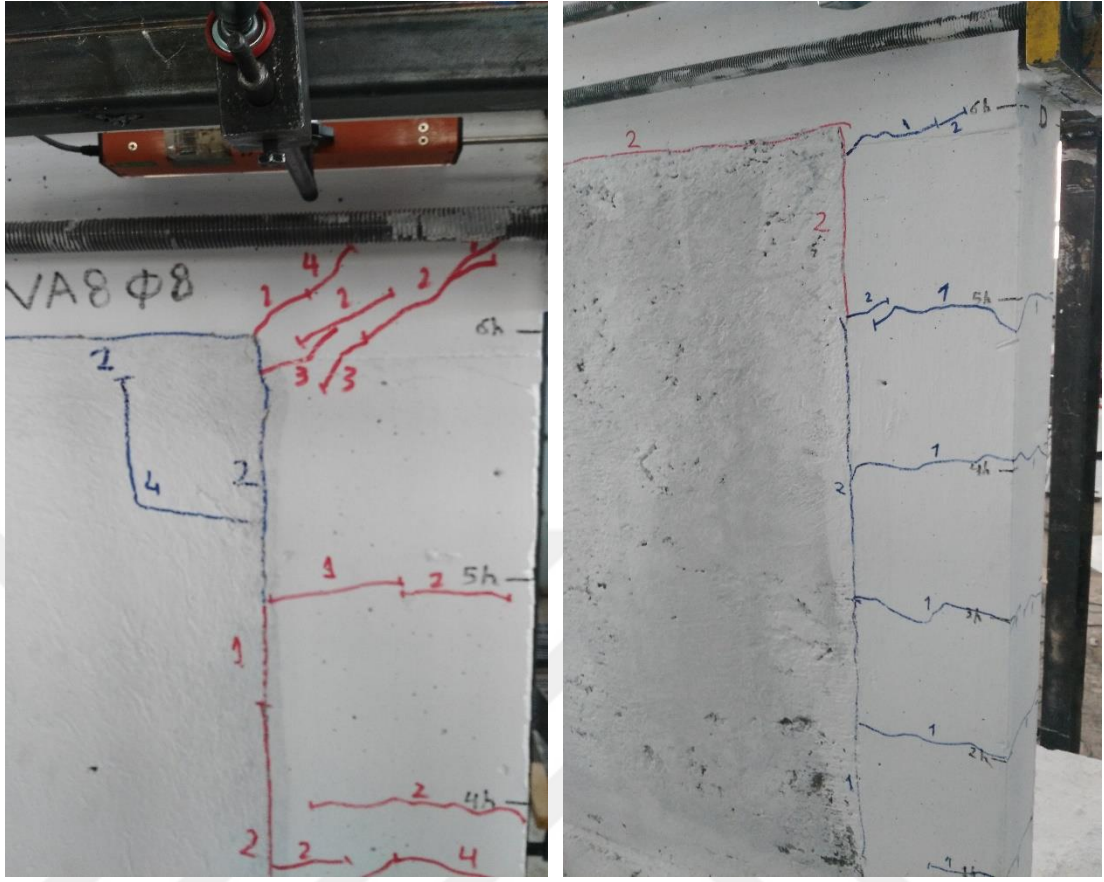




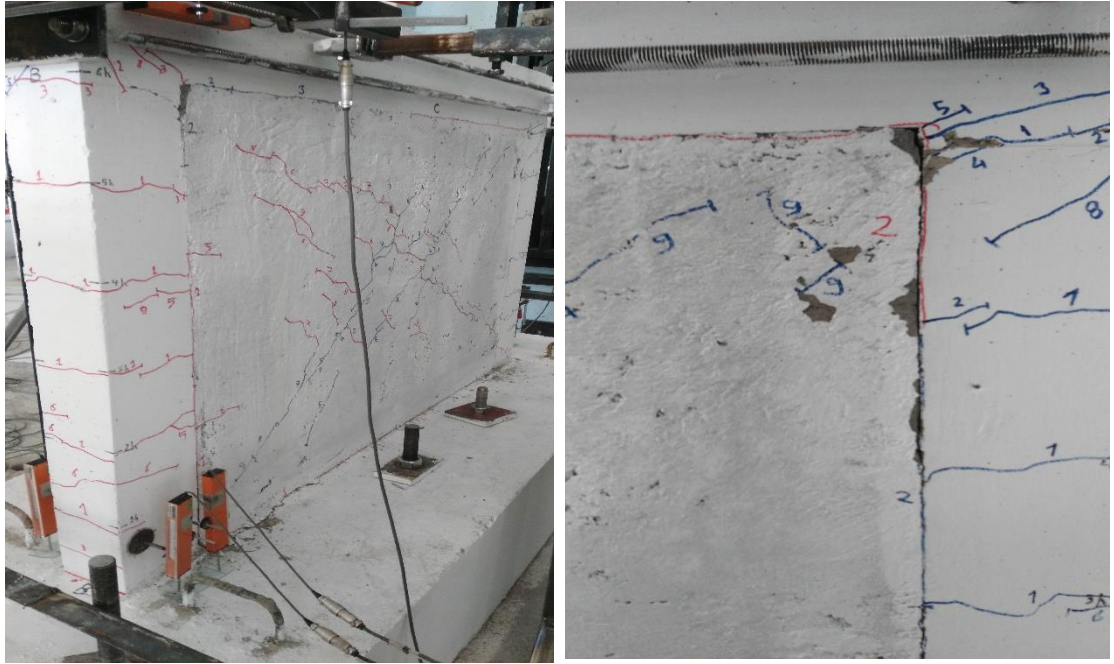
Şekil 4.26. Güçlendirilmiş çerçeveye (FA30  $\Phi$ 10) ait yük-yer değiştirme eğrisi.

#### 4.1.5. Güçlendirilmiş Çerçeve (FA30 $\Phi$ 12)

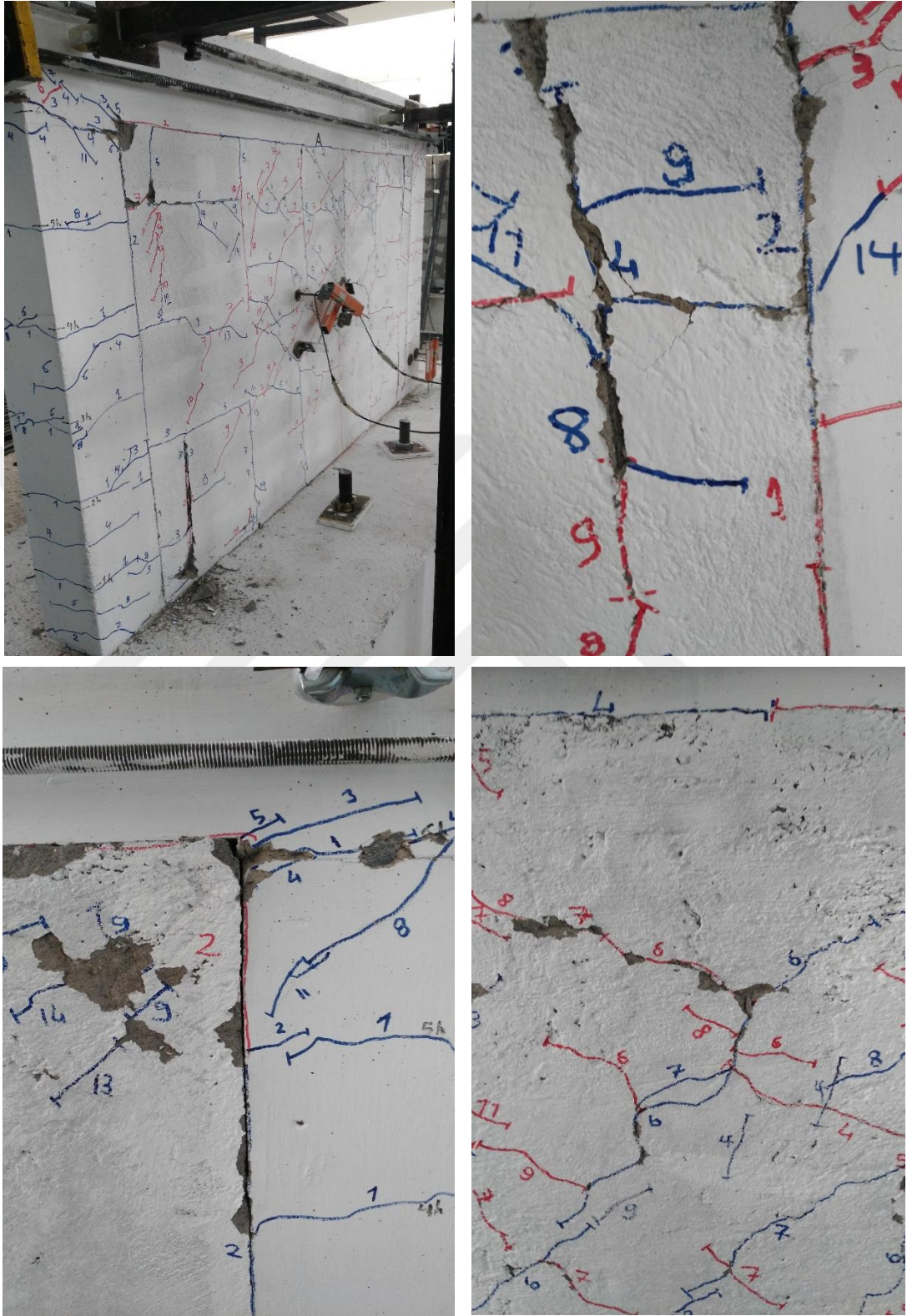
Daha önceki güçlendirilmiş çerçeve deneylerindeki duruma benzer şekilde ilk döngülerde A1 ve A2 kolonun çeşitli seviyelerinde enine çatlaklar oluşmuştur. Kolon-kiriş bölgelerinde ve duvar üzerinde kılcal boyutta eğik çatlaklar görülmüştür, ayrıca kolon-duvar ve kiriş-duvar arasındaki ayrılmalar da başlamıştır (Şekil 4.27). 7. döngüde A1 kolonu kolon-kiriş-duvar birleşim bölgesindeki duvarın kolondan ayrılması 2 mm mertebesine ulaşmıştır. 8. döngüde duvarın C yüzünde diyagonal çatlaklar başlamıştır. 9. döngüde A2 kolonunda kolon-kiriş-duvar birleşim bölgesindeki kolon-duvar arasındaki ayrılma 3-4 mm mertebesine ulaşmıştır (Şekil 4.28). 11. döngünün çekme aşamasında A1 kolonunun kolon-kiriş-duvar birleşim bölgesinde duvardan ayrılma 6 mm civarına ulaşmıştır. 14. döngünün itme aşamasında A1 kolonunun kolon-kiriş-duvar birleşim bölgesinde duvar köşesi dağılmıştır. Ayrıca duvar A yönünde kiriş ortasında ankrajın olduğu yer dağılmıştır (Şekil 4.29). 18. döngüde kolon-kiriş bölgelerindeki kesme çatlaklarının boyutları artmış, kolon elemanlarında plastik mafsallar artmıştır (Şekil 4.30).



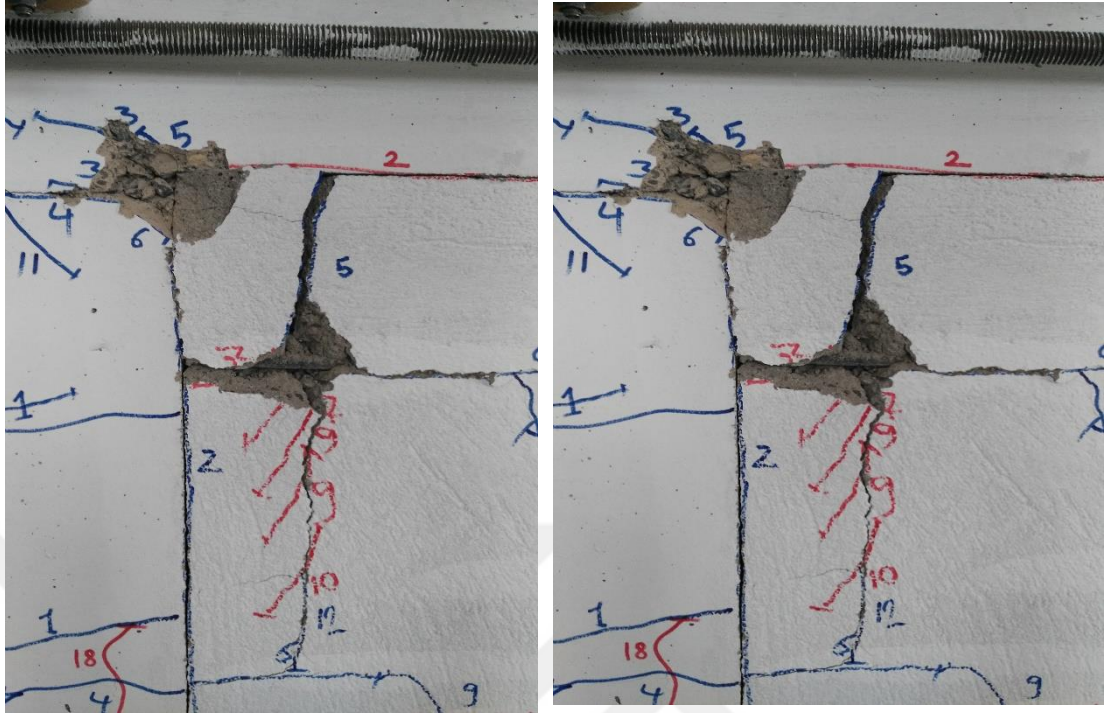
Şekil 4. 27: İlk 4 döngü sonunda çatlak durumu.



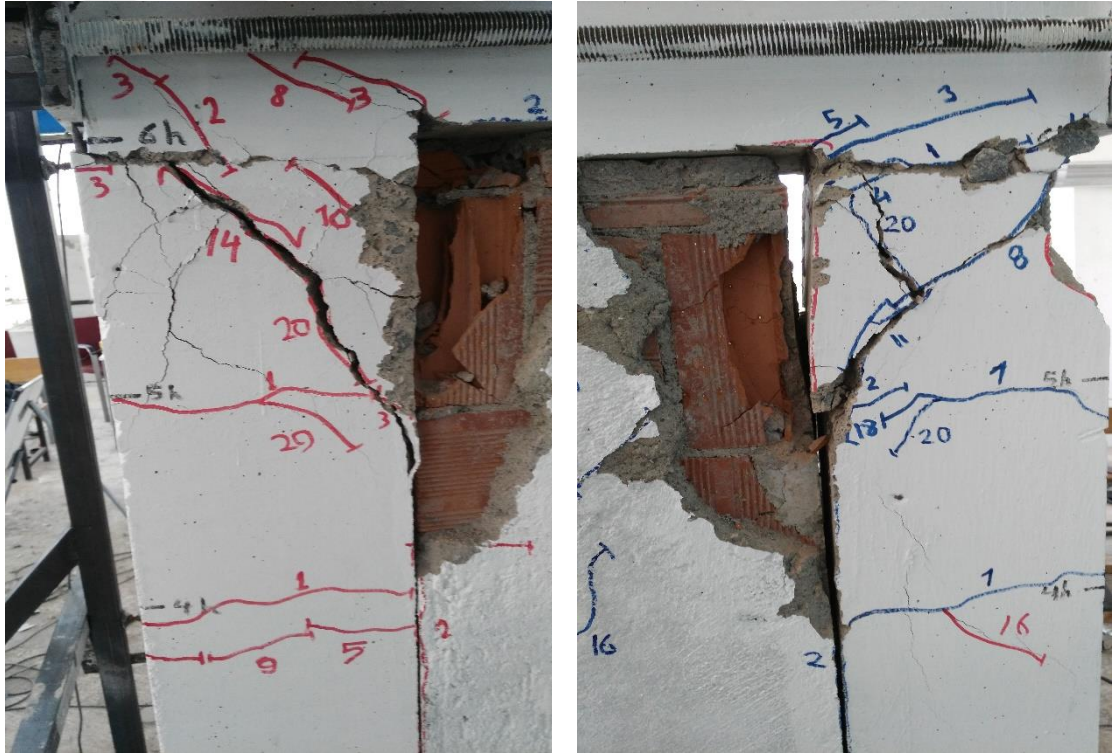
Şekil 4. 28: 9. döngü sonunda çatlak durumu.



Şekil 4.29. 14. döngü sonunda çatlak ve ayrılma durumu.

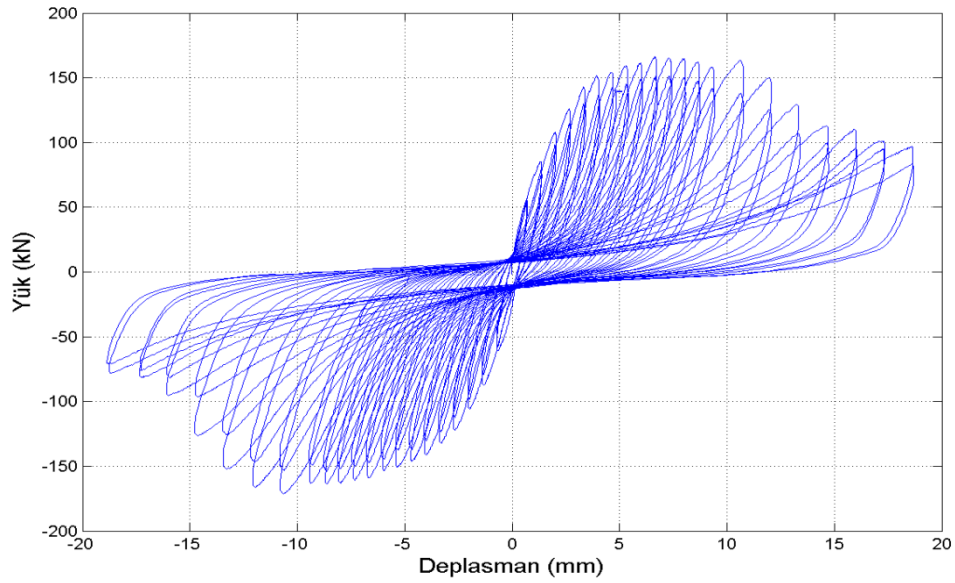


Şekil 4.30. 18. döngü sonunda çatlak durumu.



Şekil 4.31. 28. döngü sonunda çatlak durumu.

28. döngü sonunda kolon-kiriş bölgelerinde bulunan kesme ve eğilme çatlaklarının boyutları belirgin bir şekilde artmıştır. Birleşim bölgelerinin alt tarafında bulunan duvar elemanlarının köşe noktalarında ezilme ve dökülmeler görülmüştür (Şekil 4.30). Hasar seviyesinden dolayı bundan sonra yük döngülerine son verilmiştir. Tüm çevrimlerden dolayı oluşan yük-deformasyon eğrisi Şekil 4.31’te sunulmuştur.

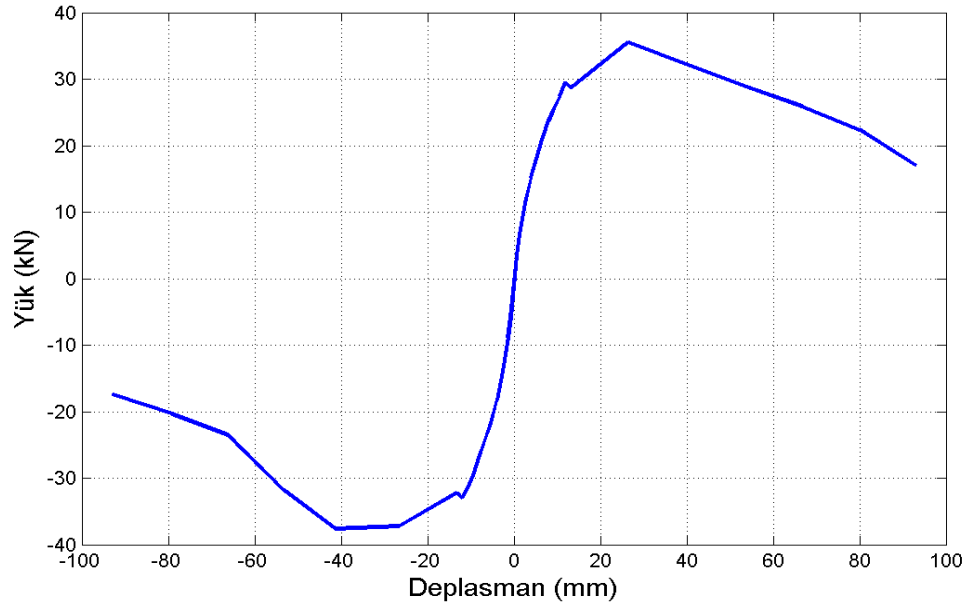


Şekil 4.32. Güçlendirilmiş çerçeveye (FA30  $\Phi$ 12) ait yük-yer değiştirme eğrisi.

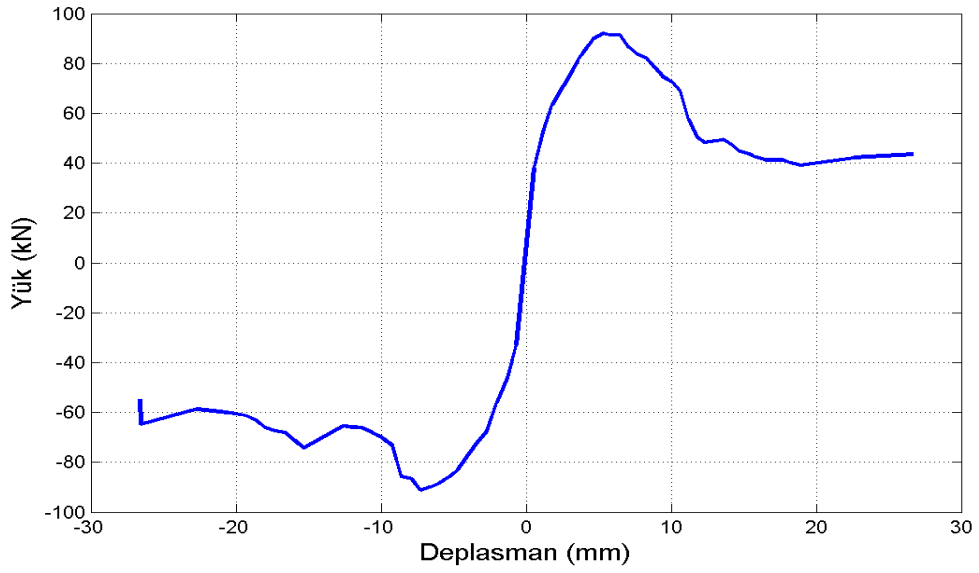
#### 4.2. Zarf Eğrileri - Bölme duvar güçlendirmesinin çerçeve davranışına etkisi

Toplamda 5 adet çerçeve deneye tabi tutulmuştur. Bunlardan 4 numunede bölme duvarı örülmüş ve 3 numunede bu duvarlar 2008 Deprem Yönetmeliğine uygun olarak güçlendirilmiştir. Yapılan bu güçlendirmenin ve bölme duvarının etkisi deneyler sonucu elde edilen yük –deformasyon eğrileri kullanılarak değerlendirilecektir.

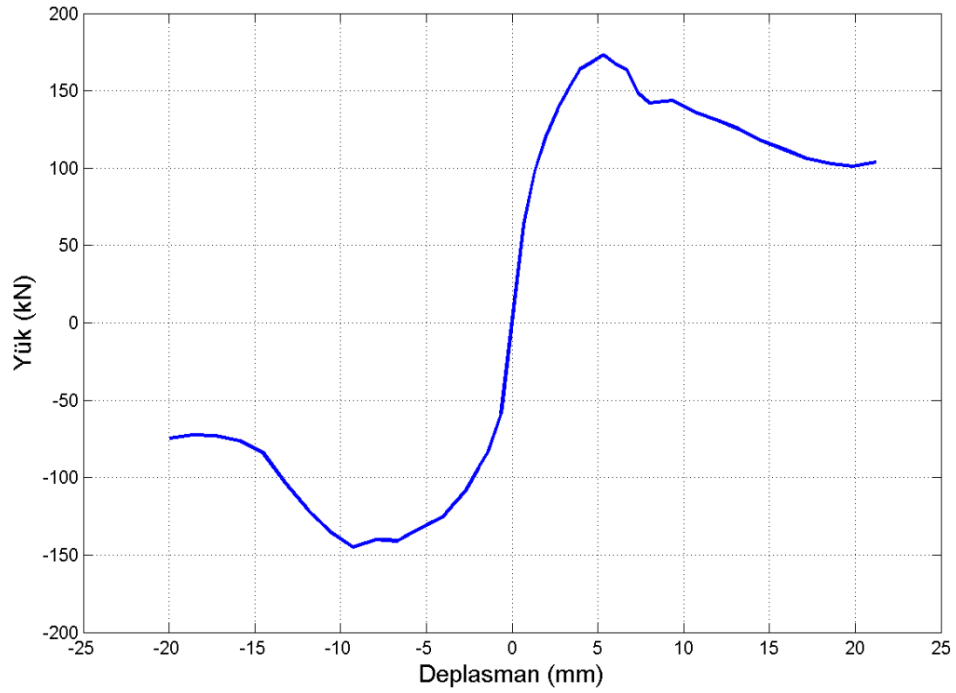
Numunelerin yatay yük- tepe yer değiştirme zarf eğrileri Şekil 4.33, 4.34, 4.35, 4.36 ve 4.37’da verilmiştir.



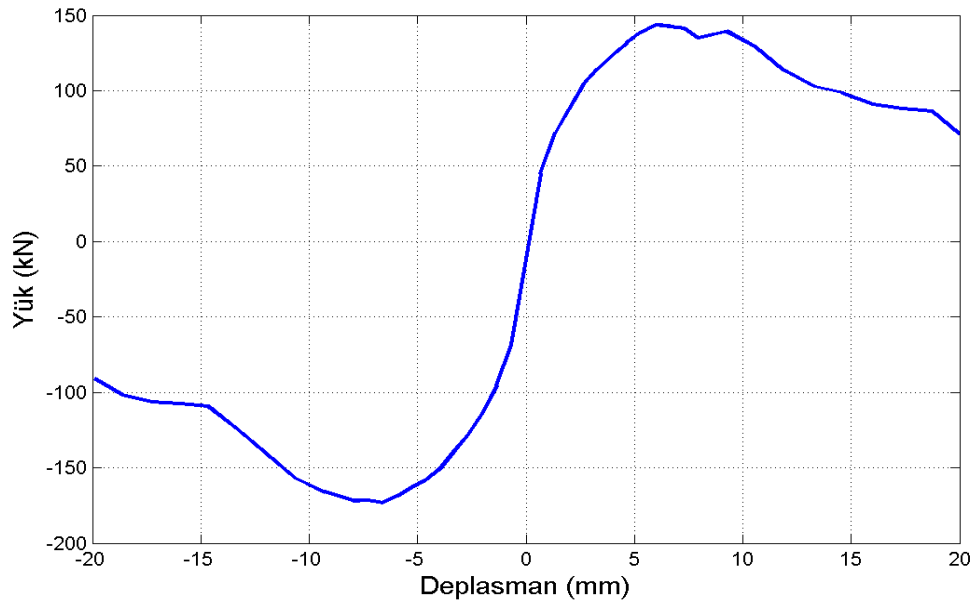
Şekil 4. 33: Boş çerçeve (B) yatay yük- yer değiştirme zarf eğrisi



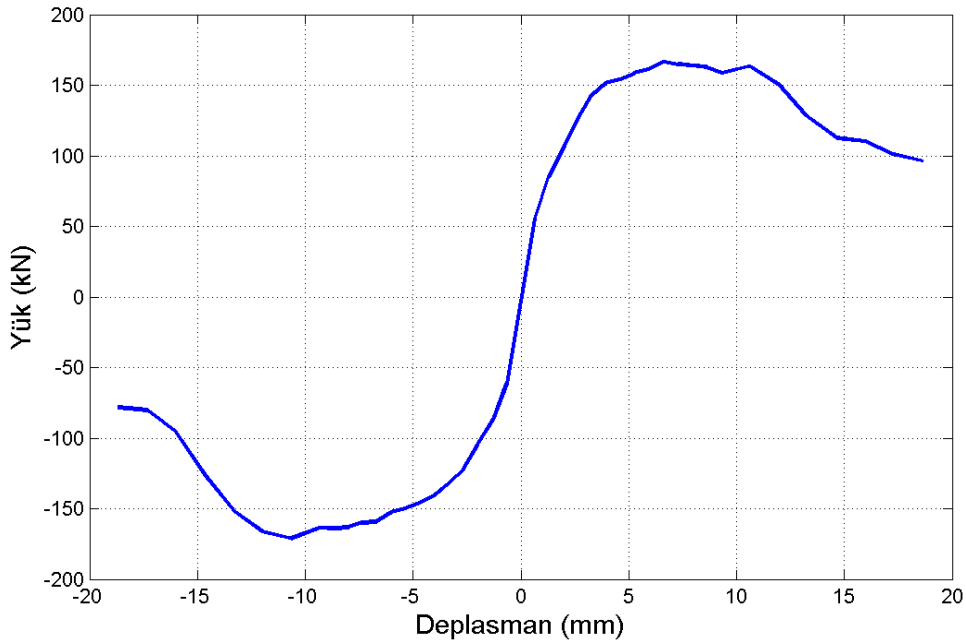
Şekil 4. 34: Dolgu duvarlı çerçeve (I) yatay yük- yer değiştirme zarf eğrisi



Şekil 4.35. Dolgu duvarlı güçlendirilmiş çerçeve (I-FA30- Φ8-WA8-P1) yatay yük-yer değiştirme zarf eğrisi



Şekil 4.36. Dolgu duvarlı güçlendirilmiş çerçeve (I-FA30- Φ10-WA8-P1) yatay yük-yer değiştirme zarf eğrisi



Şekil 4. 37. Dolgu duvarlı güçlendirilmiş çerçeve (I-FA30-  $\Phi$ 12-WA8-P1) yatay yük-  
yer değiştirme zarf eğrisi

Yukarıdaki eğrilere göre numunelerin itme ve çekmede gösterdikleri en büyük yük değerleri sırasıyla:

Boş çerçevede (B)  $F_{max} = 35.5 \text{ kN}, 37.6 \text{ kN}$

Dolgu duvarlı çerçeve (I)  $F_{max} = 92.1 \text{ kN}, 91.2 \text{ kN}$

Güçlendirilmiş çerçeve ( $\Phi$ 8)  $F_{max} = 173.6 \text{ kN}, 145.1 \text{ kN}$

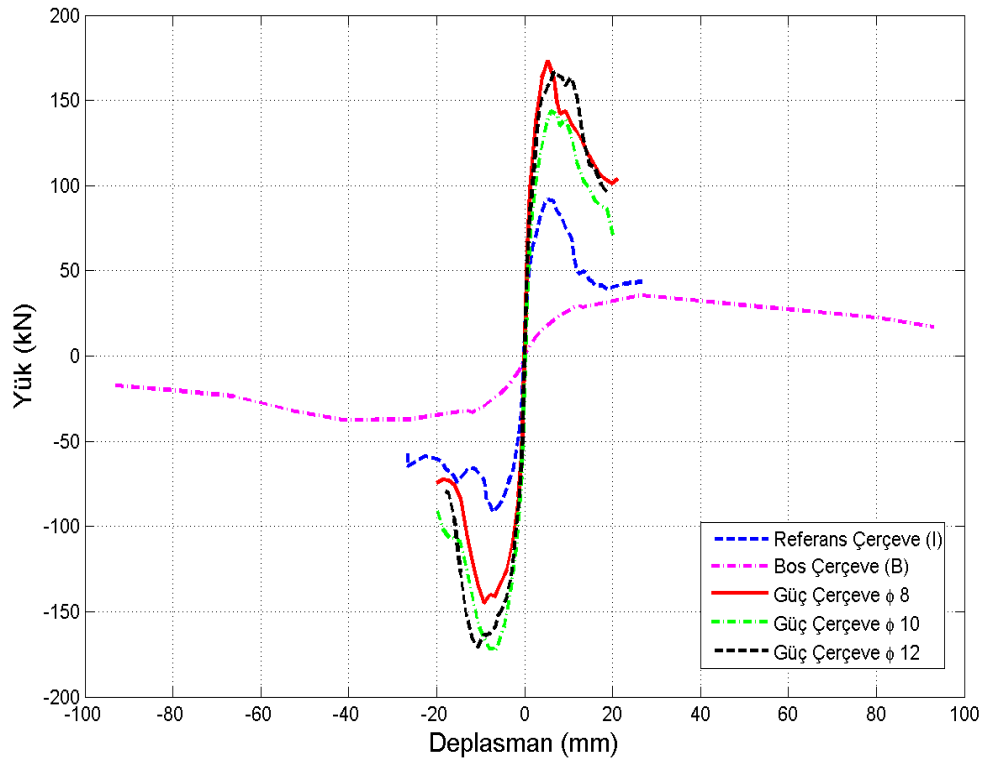
Güçlendirilmiş çerçeve ( $\Phi$ 10)  $F_{max} = 143.7 \text{ kN}, 173.2 \text{ kN}$

Güçlendirilmiş çerçeve ( $\Phi$ 12)  $F_{max} = 166.5 \text{ kN}, 166.2 \text{ kN}$

Buna göre boş çerçevenin duvarlı hale getirilmesiyle  $92.1 / 35.5 = 2.6$  kat yük taşıma kapasitesinde bir artış görülmektedir. Yani bölme duvarların etkisi ciddi manada ortaya çıkmaktadır.

Ancak olası bir deprem esnasında sade duvarın büyük olasılıkla düzlem dışına devrilebilecek ve bölme duvarın bu katkısı tam kullanılmayarak kaybedilecektir. Oysaki güçlendirme sonrasında ankrajlar sayesinde duvar yerinde

kalacak ve böylece hem duvarın hem de güçlendirmenin yük taşımadaki katkısı korunacaktır. Yapılan deneylerde de çerçevenin düzlem dışı hareketi engellenmiş ve duvarın bu katkısı ciddi manada görülmüştür Bölme duvarlı çerçevenin, hasır çelik ve sıva ile güçlendirilmesiyle numunenin yatay yük taşıma kapasitesindeki artış  $\Phi 8$ 'lik çerçeve ankraj için  $173.6 / 92.1 = 1.88$  kat artmaktadır.  $\Phi 10$  ve  $\Phi 12$  ankrajlar için bu oran  $143.7 / 92.1 = 1.56$  ve  $166.5 / 92.1 = 1.81$  olmaktadır. Başka bir deyişle deprem yönetmeliğinde belirtilen verilere göre yapılmış, bölme duvarlı çerçevenin güçlendirilmesi ile yatay yük taşıma kapasitesinde  $\Phi 8$ ,  $\Phi 10$  ve  $\Phi 12$ 'lik ankraj kullanılmasıyla sırasıyla %88, %56 ve %81 oranında artış sağlanmıştır. Şekil 4.38'de deney yapılan bütün çerçeveler için elde edilen grafikte bölme duvarının ve güçlendirilmiş çerçevenin etkisi görülmektedir.



Şekil 4.38. Boş çerçeve, dolgu duvarlı referans çerçeve ve güçlendirilmiş çerçeveler için elde edilen yatay yük- yer değiştirme zarf eğrisi

### 4.3. Çerçeve Rijitliklerinin Kıyaslanması

Çerçevelerin başlangıç rijitlikleri hem itme hem de çekmede oluşan rijitliklerin ortalaması alınarak hesaplanabilir. Bu anlamda başlangıç rijitlikleri açısından bakıldığında; boş çerçeve (B) numunesi başlangıç rijitliği 6.54 kN/mm, dolgu duvarlı çerçeve (I) numunesi başlangıç rijitliği 57.94 kN/mm, dolgu duvarlı güçlendirilmiş çerçeve (I-FA30-  $\Phi$ 8-WA8-P1) numunesi başlangıç rijitliği 95.97 kN/mm, dolgu duvarlı güçlendirilmiş çerçeve (I-FA30-  $\Phi$ 10-WA8-P1) numunesi başlangıç rijitliği 84.64 kN/mm ve dolgu duvarlı güçlendirilmiş çerçeve (I-FA30-  $\Phi$ 12-WA8-P1) numunesi başlangıç rijitliği 88.97 kN/mm'dir.

Boş çerçevenin (B), dolgu duvarlı (I) hale getirilmesi ile 9 kat rijitlik artışı sağlanmıştır.

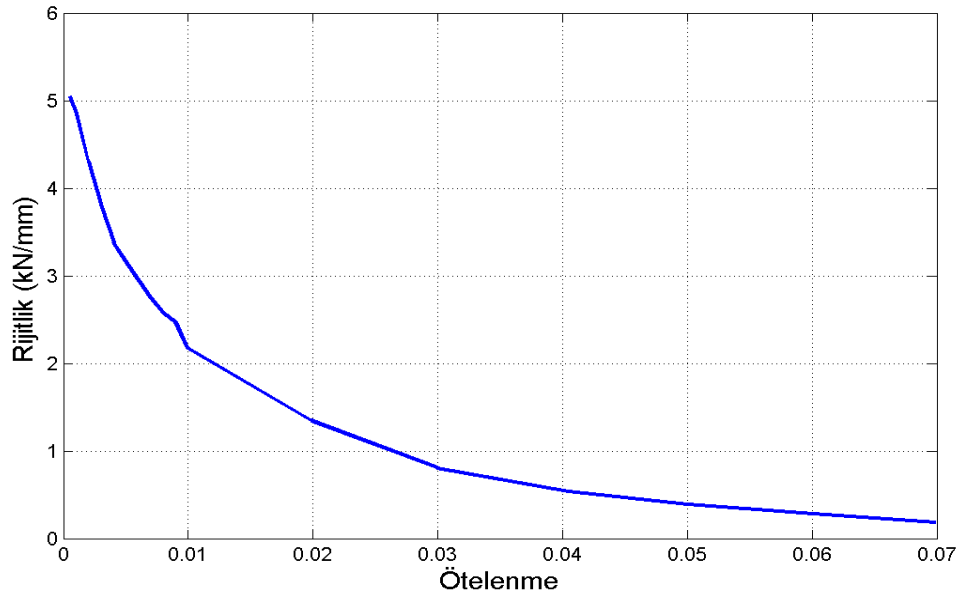
Boş çerçevenin (B), dolgu duvarlı güçlendirilmiş numune (I-FA30-  $\Phi$ 8-WA8-P1) ile kıyaslandığında 15 kat rijitlik artışı gözlenmiştir.

Dolgu duvarlı çerçeve ile dolgu duvarlı çerçevenin güçlendirilmesiyle elde edilen rijitlik artışı 1.66 katıdır. Yani % 66 oranında bir rijitlik artışı sağlanmıştır.

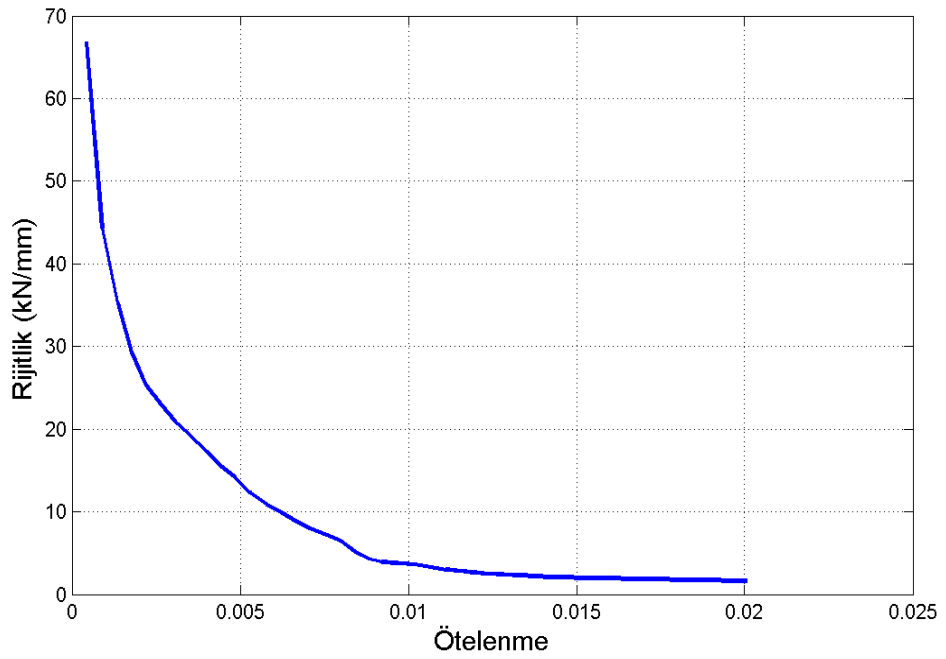
Çerçeve ankraj çapının  $\Phi$ 8'den  $\Phi$ 10'na çıkarılmasıyla rijitlikte %12'lik bir azalma görülmüştür.

Çerçeve ankraj çapının  $\Phi$ 8'den  $\Phi$ 12'na çıkarılmasıyla rijitlikte %7'lik bir azalma hesaplanmıştır.

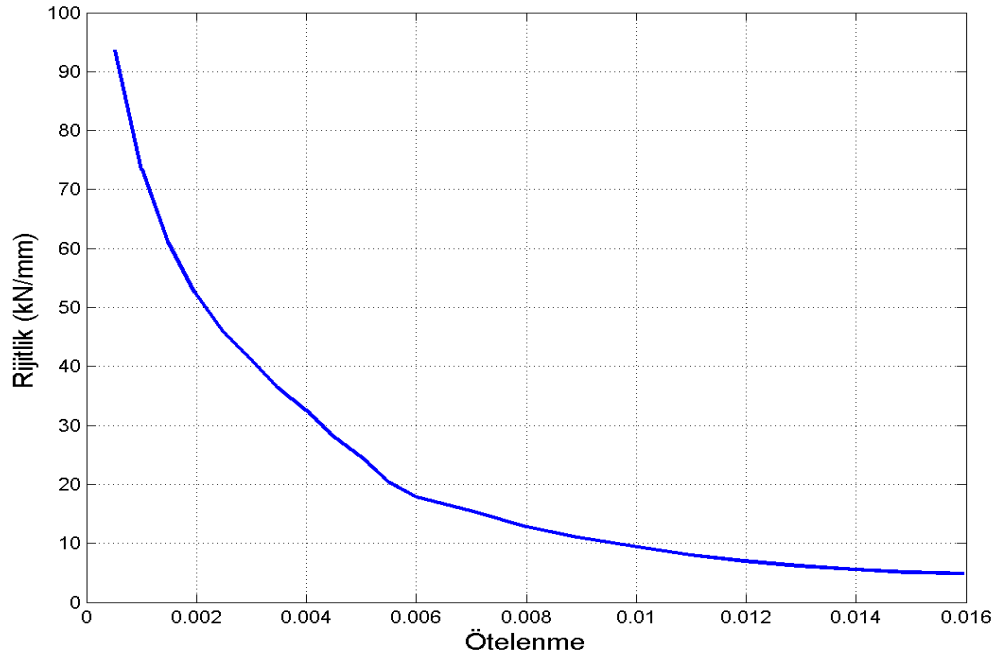
Numunelerin rijitlik-ötelenme eğrileri Şekil 4.39, 4.40, 4.41, 4.42 ve 4.43'de verilmiştir. Bütün çerçevelere ait rijitlik-ötelenme eğrileri ise Şekil 4.44'te sunulmuştur. Boş çerçeve (B) numunesinde, ötelenme oranı %1 iken başlangıç rijitliğinin %43'ünü korurken, ötelenme oranı %5 te başlangıç rijitliğinin %8 seviyesine inmiştir. Bölme duvarlı çerçevede (I), ötelenme oranı 0.002 iken başlangıç rijitliğinin %37'sini korurken, 0.01 ötelenme oranında rijitliğin %5'i mertebesine kadar azalmıştır. Dolgu duvarlı güçlendirilmiş çerçevede (I-FA30-  $\Phi$ 8-WA8-P1), ötelenme oranı 0.002 iken başlangıç rijitliğin %53'nü korumakta, 0.007 ötelenme oranında ise rijitliğin %1.6'sını korunmaktadır. Diğer dolgu duvarları güçlendirilmiş çerçevelerde de benzer rijitlik azalması görülmektedir. Sonuçla, rijitlik azalmasına açısından bakıldığında başlangıç rijitliği fazla olan çerçevede, rijitlik azalması daha hızlı gerçekleşmiştir.



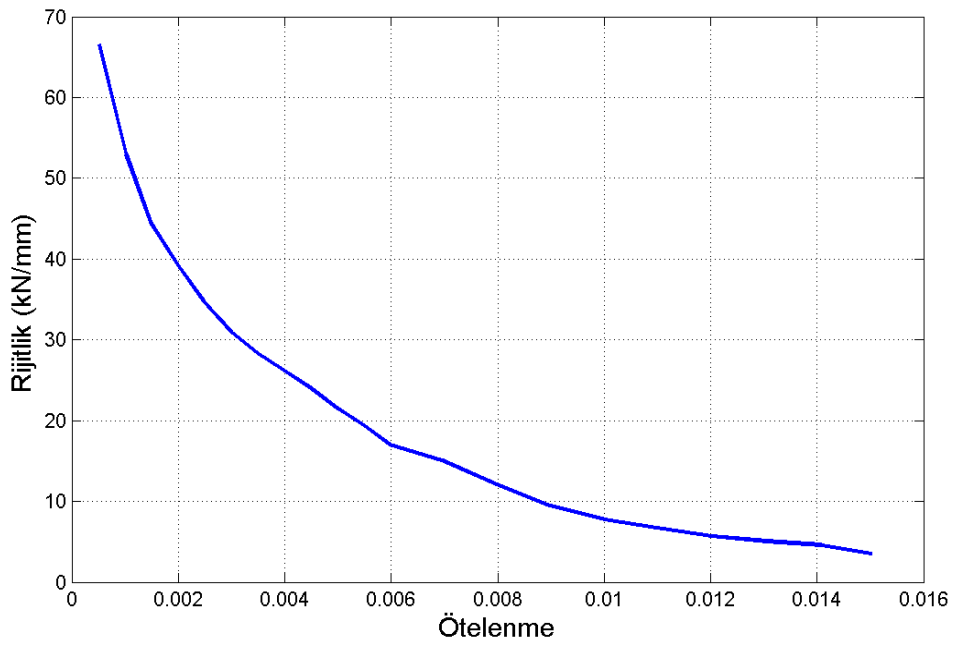
Şekil 4. 39: Boş çerçeve (B) rijitlik-ötelenme eğrisi.



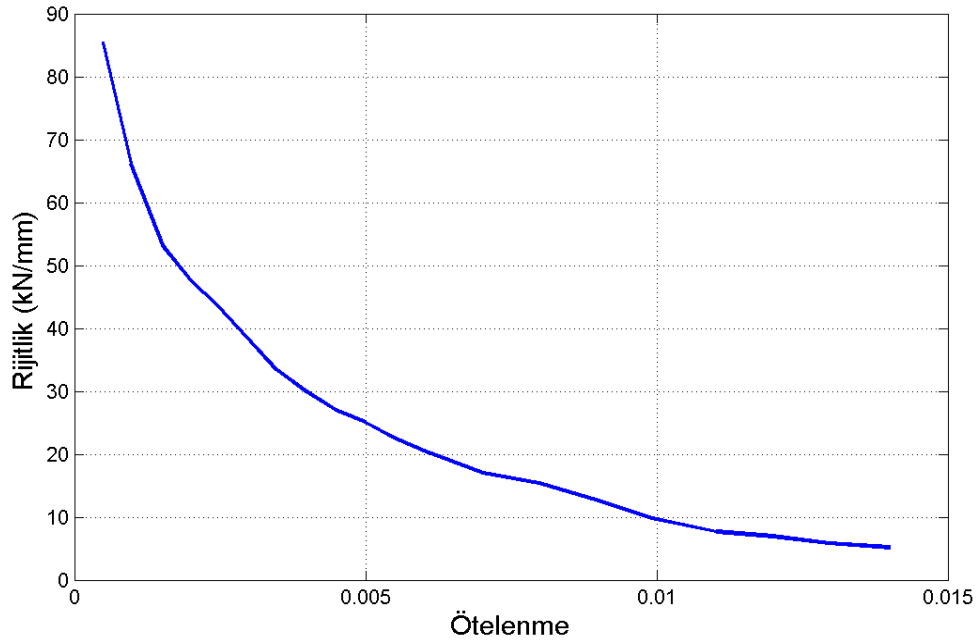
Şekil 4. 40: Dolgu duvarlı çerçeve (I) rijitlik-ötelenme eğrisi.



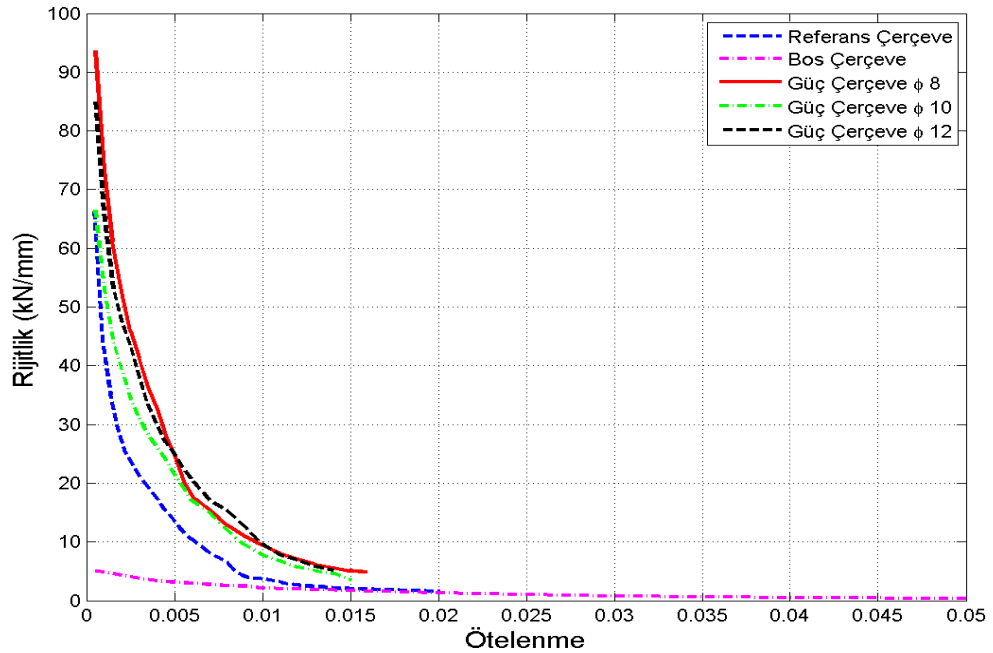
Şekil 4.41. Dolgu duvarlı güçlendirilmiş çerçeve (I-FA30- Φ8-WA8-P1) rijitlik-ötelenme eğrisi.



Şekil 4.42. Dolgu duvarlı güçlendirilmiş çerçeve (I-FA30- Φ10-WA8-P1) rijitlik-ötelenme eğrisi.



Şekil 4.43. Dolgu duvarlı güçlendirilmiş çerçeve (I-FA30- Φ12-WA8-P1) rijitlik-ötelenme eğrisi.



Şekil 4.44. Boş çerçeve, dolgu duvarlı referans çerçeve ve güçlendirilmiş çerçeveler için elde edilen rijitlik-ötelenme eğrileri.

#### 4.4. Çevrimler Arası Rijitlik Azalması

Betonarme çerçeve numuneleri her bir ötelenme oranında hem itmede hem de çekme yönünde ikişer kez yüklenmiştir. Dolayısıyla her döngüye ait çevrim içi rijitlikleri hesaplamak mümkün olmuştur. İtmeden sonra yapılan çekme döngüsünde ve sonrasında tekrar itme ve çekme çevrimlerinde rijitlik azalması meydana gelmiştir. Bu azalım aşağıda verilen rijitlik değişim yüzdesi denklemi ile hesaplanmıştır.

$$\Delta S = (S_1 - S_2) / S_1$$

Bu denklemde;

$\Delta S$  = Çevrimler arası rijitlik azalması yüzdesini,

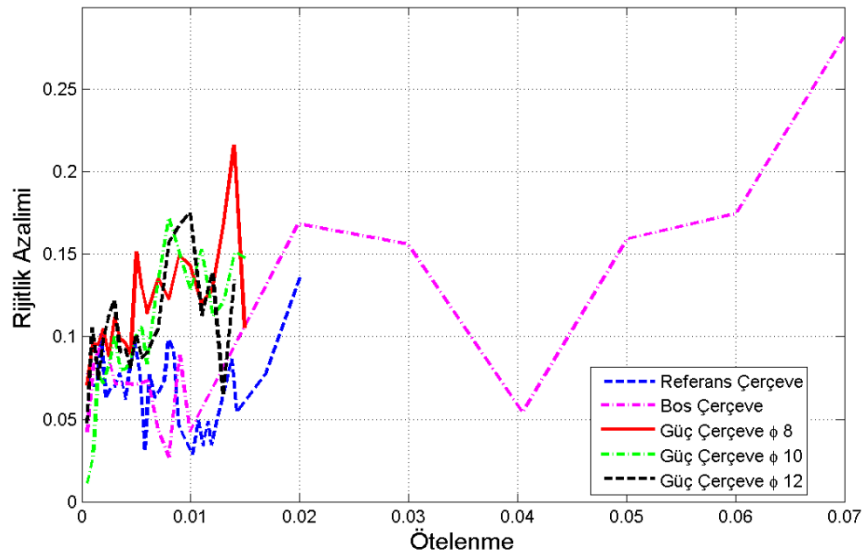
$S_1$  = i.inci ötelenme adımındaki 1.çevrim rijitliğini,

$S_2$  = i.inci ötelenme adımındaki 2.çevrim rijitliğini göstermektedir.

Şekil 4.45 boş çerçeve, dolgu duvarlı güçlendirilmemiş referans çerçeve ve dolgu duvarlı güçlendirilmiş çerçevelerin her bir ötelenme oranında meydana gelen çevrim içi rijitlik azalmalarını göstermektedir. Boş çerçevede ötelenme oranı 0.01'e kadar çevrimler arası ( 1. çevrim ve 2. çevrim rijitlikleri) rijitlikteki azalma %5 civarında görülmektedir. Bu orandan sonra rijitlik azalım değeri artmaktadır. 0.02 ötelenme oranında rijitlik azalımı %16, 0.07 ötelenme oranında bu değer %28 mertebesinde olmaktadır. Ötelenme değerleri arasında rijitlik azalımında dalgalanmalar görülmekte ise de azalım davranışı artan ötelenme değerleri ile beraber yükselmektedir.

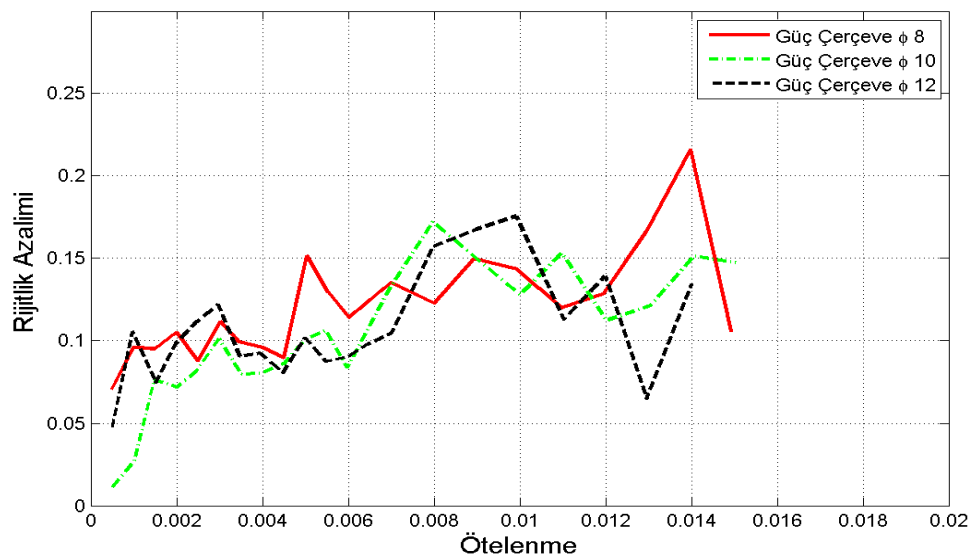
Dolgu duvarlı referans çerçevede 0.01 ötelenme oranına kadar çevrim içi rijitlik değerinde ortalama olarak %7 civarında bir azalım görülmektedir (Şekil 4.45). 0.015 ötelenme oranında bu azalım %9, 0.02 ötelenme oranında ise rijitlik kaybı %14 mertebesinde hesap edilmiştir. Bu azalım değerleri, boş çerçevede meydana gelen azalımlardan daha büyüktür.

Dolgu duvarlı güçlendirilmiş çerçevelerde meydana gelen çevrim içi rijitlik azalması yüzdesinin, boş ve dolgu duvarlı referans çerçeveye göre daha yüksek olduğu Şekil 4.45'dan anlaşılmaktadır. Şekil 4.46 bu azalmaları daha detaylı bir biçimde göstermektedir.



Şekil 4.45 Tüm numunelerde meydana gelen çevrim içi rijitlik kaybı yüzdesi.

Şekil 4.46'den ankraj çapı değişiminin çevrim içi rijitlik azalmalarında belirgin bir etkisi olmadığına işaret etmektedir. İlk çevrimlerden sonra rijitlik azalımı yüzdesi ötelenme oranı arttıkça fazlalaşmaktadır. İlk çevrimde numunelerde ortalama olarak %5 oranında bir çevrim içi rijitlik azalımı görülmektedir. 0.005 ötelenme oranında bu azalım %10 mertebesinde, 0.01 ötelenme oranında azalım değeri %15 olarak hesap edilmiştir. Bu ötelenme oranından sonra rijitlik oranında bir azalma olsa da en son döngülerde tekrar ortalama olarak %15 civarına çıkmaktadır.



Şekil 4.46. Dolgu duvarlı güçlendirilmiş numunelerde meydana gelen çevrim içi rijitlik kaybı yüzdesi.

## BÖLÜM 5

### SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bölme duvarının betonarme bir çerçevenin yatay yük taşıma kapasitesini ve yanal rijitliğini ciddi anlamda arttırdığı herkes tarafından bilinmektedir. Ancak tek başına bölme duvarlar muhtemel bir depremde düzlem dışına devrilebilecek ve bölme duvarların bu katkısı tam kullanılamayabilecektir. Bölme duvarların güçlendirilmesiyle bu sorunlar ortadan kaldırılabilir. Yapılacak olan ankrajlar ve güçlendirme sıvasının etkisiyle duvar yerinde kalacak, böylece duvarın düzlem dışına devrilerek erken devreden çıkması önlenecek hem duvarın hem de güçlendirmenin katkısı olası deprem boyunca korunmuş olacaktır.

Çalışmada 2007 Deprem Yönetmeliğine uygun olarak yapılan duvar güçlendirmesinin etkisi araştırılmıştır. Bu amaç doğrultusunda 5 adet tek katlı, tek açıklıklı ve ½ ölçekli çerçeve üretilmiştir. Bu numunelerden ilki dolgusuz çerçeve, ikincisi tuğla dolgulu çerçeve ve diğer üç tanesi ise dolgu duvarları güçlendirilmiş çerçevedir. Çerçeve kolon ve kiriş boyutları ve donatı detayları, pratikte kusurlu olarak üretilen çerçeveleri temsil etmek üzere seçilmiştir. Güçlendirilen 3 çerçeve arasındaki farkı uygulanan ankraj çapındaki değişim oluşturmaktadır. Ankraj aralıkları 30 cm, çapları ise sırasıyla 8, 10 ve 12 mm'dir.

Üretilen çerçeve numuneleri Erciyes Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği, Deprem Araştırma Laboratuvarında deneye tabi tutulmuşlardır. Yapılan deneyler sonucunda aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

Boş çerçevenin (B) yatay yük taşıma kapasitesi 35.5 kN'dur. Dolgu duvarlı çerçevenin ise 92.1 kN, yani dolgu duvar örülmesi ile çerçevenin yatay yük taşıma kapasitesi 2.6 kez arttırılmıştır. Dolgu duvara ilaveten 30 cm aralıklı ve  $\Phi 8$  çaplı ankraj ve sıva ile

yapılan güçlendirme sonucu bu kapasite 173.6 kN'na çıkmıştır. Başka bir deyişle güçlendirilmiş çerçevenin kapasitesi boş çerçeve kapasitesinin 4.9 katı, dolgu duvarlı çerçeve kapasitesinin ise 1.9 katıdır. Ankraj çapının 10 mm ve 12 mm çıkarılmasıyla yatay yük taşıma kapasitesi 143.4 kN ve 166.5 kN'na düşmüştür. Yani çap arttırmanın tasarlanan betonarme çerçevelerde olumlu bir katkısı olmamıştır. Çap arttırılmasıyla çerçeve itme kapasitede yaşanan bu düşüşler, çekme kapasitesinde sırasıyla 173.2 kN ve 166.2 kN olmuştur. Yani ankraj çapının attırılması betonarme çerçevelerin çekme kapasitelerinde nerdeyse herhangi bir değişime neden olmamıştır.

Ankraj çapının büyük olduğu çerçevelerde, deney esnasında ankraj donatılarının üzerindeki sıvanın erken dökülmesi, yeterli sıva kalınlığının olmamasından kaynaklandığı düşünülmekte olup, ankraj için yeterince aderans sağlayacak sıva kalınlığının olmadığı kanaatine varılmıştır. Bunun için ankaraj çapının artması durumunda sıva kalınlığının da arttırılması gerektiği düşündürmüştür.

Çerçeve dolgu duvar yapılması ve dolgu duvar güçlendirilmesi çerçeve yatay yük taşıma kapasitesini önemli derecede arttırsa da yatay yer değiştirme kapasitesinde düşüşe neden olmuştur.

Çerçeve rijitliği bakımından karşılaştırma yapılırsa; boş çerçevenin rijitliği 6.54 kN/mm, dolgu duvarlı çerçevenin 57.94 kN/mm, dolgu duvarlı  $\Phi 8$  çap ankrajla güçlendirilmiş çerçevenin 95.97 kN/mm, dolgu duvarlı  $\Phi 10$  çap ankrajla güçlendirilmiş çerçevenin 84.64 kN/mm, dolgu duvarlı  $\Phi 12$  çap ankrajla güçlendirilmiş çerçevenin 88.97 kN/mm olarak belirlenmiştir. Yani boş çerçevenin, dolgu duvarlı hale getirilmesi ile rijitlikte 9 kat artış sağlanmıştır. Ayrıca duvar güçlendirmesi ile bu artış 15 kata çıkmıştır. Dolgu duvarlı çerçeve ile dolgu duvarlı çerçevenin güçlendirilmesiyle elde edilen rijitlik artışı 1.66 kattır. Çerçeve ankraj çapının  $\Phi 8$ 'den  $\Phi 10$ 'na çıkarılmasıyla rijitlikte %12'lik bir azalma görülmüştür. Çerçeve ankraj çapının  $\Phi 8$ 'den  $\Phi 12$ 'na çıkarılmasıyla rijitlikte %7'lik bir azalma hesaplanmıştır. Başlangıç rijitlikleri yüksek olan güçlendirilmiş dolgu duvarlı çerçevelerin rijitlikleri yatay ötelenme oranı ile hızlı bir şekilde düşmektedir.

Yapılan deneysel çalışmaların hepsinde düzlem içi yükleme dikkate alınmış, düzlem dışı hareket engellenmiş ve düzlem dışı bir etki ettirilmemiştir. Dolayısıyla burada yapılan yorumlar düzlem içi yükler için geçerlidir.

Benzer şekilde ereve elemanlarına herhangi bir aksenal yükleme yapılmamıştır. Konu üzerinde daha kesin sonuçlara ulaşabilmek için bu faktörün göz önüne alınması gerekmektedir.

Güçlendirilen erveleer kusurlu olarak üretilmiş, zayıf kolon-güçlü kiriş tasarımı dikkate alınmıştır. Muhtemelen bu sebepten dolayı ankraj çapının artması betonarme ervenin yatay yük ve rijitliğinin artmasına neden olmamıştır. Bu etkinin görülmesi için aynı deneylerin yönetmeliğe uygun üretilmiş, güçlü kolon-zayıf kiriş prensibine dayanan betonarme ervelerde tekrar edilmesi görüşü hasıl olmuştur.

## KAYNAKLAR

1. Özgen, K., 2001. Betonarme sistemlerde iyileştirme ve güçlendirme esasları, *Yapı Malzemesi ve Deprem Semineri*, İTÜ, İstanbul, 14-16 Mart, s.102-111.
2. Çetinkaya, N., Kaplan, H., Şenel, M. 2003. “Betonarme kirişlerin lifli polimer malzemeler kullanılarak onarım ve güçlendirilmesi”, Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Denizli.
3. DBYYHY, (2007) Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, Ankara
4. Özgen, K., 1990. Betonarme Yapılarda Taşıyıcı Sistem Hasarları, Onarım ve Güçlendirme, **Yapı Dergisi**, **116**, 50-54.
5. Ersoy, U., 2007. “Betonarme Yapıların Onarımı ve Güçlendirilmesi Uygulama ve Araştırmalar”, *Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı*, 16-20 Ekim 2007, İstanbul.
6. Malekkianie, B., 2006. “Dolgu Duvarlı Betonarme Çerçevelerde Karbon Lifler Kullanılarak Güçlendirme”, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
7. Benjamin, J.R., Williams, H.A., 1957. “The behaviour of One-Story Brick Shear Walls”, **Journal of Structural Division, A.S.C.E.**, **84**, (4), 1723.
8. Smith, B.S., 1962. “Lateral Stiffness of Infilled Frames” **Journal of Structural Division, A.S.C.E.**, **88**, 183-199.
9. Whitney, C.S., Anderson, B.G. ve Cohen, E. (1955) Design of Blast Resistant Construction for Atomic Explosions, **ACI Structural Journal**, **26**(7):589-683.
10. Benjamin, J. R. and Williams, H. A. (1958) Blast and Earthquake Resistant Design Data: Behavior of One-Story Reinforced Concrete Shear Walls Containing Openings. **ACI Structural Journal**, **30**(5):605-618.
11. Smith, B. S. (1968) Model Test Results of Vertical and Horizontal Loading of Infilled Frames, **ACI Journal**. **65**:618-625.

12. Ersoy, U. ve Uzsoy, Ş. (1971) The Behavior and Strength of Infilled Frames. TÜBİTAK Araştırma Projesi Raporu. Proje No: MAG-205. Ankara, Türkiye. 95 s.
13. Klingner, R. E. and Bertero, V. V. (1978) Earthquake Resistance of Infilled Frames. **ASCE Journal of Structural Engineering**, **104**:973-989.
14. Liauw, T. C. (1979) Tests on multistory infilled frames subject to dynamic lateral loading. **ACI Journal**, **76**(4):551-563.
15. Yüzügüllü, Ö. (1979) Strengthening of Reinforced Concrete Frames Damaged by Earthquake Using Precast Panel Elements, TÜBİTAK Araştırma Projesi Raporu, Proje No: MAG-494.
16. Higashi, Y., Endo, T., and Shimizu, Y. (1982), Effects on Behaviors of Reinforced Concrete Frames by Adding Shear Walls, Proceedings of the Third Seminar on Repair and Retrofit of Structures, Ann Arbor Michigan, USA, s. 265-290.
17. Sugano, S. (1982), An Overview of the State-of-the Art in Seismic Strengthening of Existing Reinforced Concrete Buildings in Japan, Proceedings of the third seminar on repair and retrofit of structures, Ann Arbor Michigan, USA, 265-290
18. Govindan, P., Lakshmi pathy M., and Santhakumar A. R. (1986) Ductility of Infilled Frames, **ACI Structural Journal**, **83**(4): 567-576.
19. Altın, S. (1990) Strengthening of Reinforced Concrete Frames with Reinforced Concrete Infills, Doktora Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
20. 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.
21. Gündoğmuş, H. T. (1995) Repair and Strengthening of Damaged Reinforced Concrete Frames with Steel Infill Frame and Prestressing Bars, Yüksek Lisans Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara. 135 s.
22. Mehrabi, A. B., Shing, P. B., Schuller, M. P. and Noland, J. L. (1996) Hysteretic Response of Reinforced Concrete Infilled Frames, **ASCE Journal of Structural Engineering**, **122**(3): 228-237.

23. Frosch, R. J., Wanzhi, L., Jirsa, J. O. and Kreger, M. E. (1996) Retrofit of Non-Ductile Moment-Resisting Frames Using Precast Infill Wall Panels. **Earthquake Spectra**.**12**(4): 741-760.
24. Masri, A. and Goel, S. (1996) Seismic Design and Testing of an RC Slab Column Frame Strengthened with Steel Bracing, **Earthquake Spectra**, **12**(4):645-666.
25. Gilmore, A. T., Bertero, V. V. and Youssef, N. F. G. (1996) Seismic Rehabilitation of Infilled Non-Ductile Frame Buildings Using Post-Tensioned Steel Braces, **Earthquake Spectra**. **12**(4):863-882.
26. Humay F. K. and Durrani, A. J. (2001) Experimental Study of Perforated Infill Panels for Retrofitting Flat Plates. **ACI Structural Journal**, **98**(5): 727-734.
27. Canbay, E., Ersoy, U. and Özcebe, G. (2003) Contribution of Reinforced Concrete Infills to Seismic Behavior of Structural Systems, **ACI Structural Journal**, **100**(5): 637-643.
28. Özcebe, G., Ersoy, U., Tankut, T., Erduran, E., Keskin, R. S. O. ve Mertol, C. (2003) Strengthening of Brick-Infilled RC Frames with CFRP. Teknik Rapor, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara. 69 s.
29. Türk, M., Ersoy, U., Özcebe, G. (2003) Betonarme Çerçevelerin Betonarme Dolgu Duvarlarla Depreme Karşı Onarımı ve Güçlendirilmesi, Beşinci Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, İstanbul, Bildiri No: AT-045.
30. Perera, R., Gómez, S. and Alarcón, E. (2004) Experimental and Analytical Study of Masonry Infill Reinforced Concrete Frames Retrofitted with Steel Braces, **ASCE Journal of Structural Engineering**, **130**(12): 2032-2039.
31. Karaduman, A. (2005). Dolgu Duvarların Çerçevelerin Yatay Yükler Altındaki davranışları Üzerine Deneysel Bir Çalışma, **Mühendislik Bilimler Dergisi (Journal of Engineering sciences)**, **11**(3).
32. Kesner, K. and Billington, S. L. (2005) Investigation of Infill Panels Made from Engineered Cementitious Composites for Seismic Strengthening and Retrofit, **ASCE Journal of Structural Engineering**, **131**(11): 1712- 1720.

33. Kaltakçı, M. Y. ve Yavuz, G. (2006) Kısmi Betonarme Perde Duvar ile Güçlendirilmiş Betonarme Çerçevelerin Depremi Benzeştiren Yatay Yük Etkisindeki Davranışı, Yedinci Uluslararası İnşaat Mühendisliğinde Gelişmeler Kongresi, İstanbul, Bildiri No: 169.
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 Sismology, Geneva, Switzerland, Paper No: 1608.
35. Kara, M. E. and Altın, S. (2006) Behavior of Reinforced Concrete Frames with Reinforced Concrete Partial Infills, **ACI Structural Journal**, **103**(5):701-709.
36. Güney, D. ve Boduroğlu M. H.(2006) Deprem etkisi altındaki simetrik ve asimetrik yapıların, lineer olmayan tepkilerine dolgu duvarlarının katkısı, **İTÜ Dergisi/ Mühendislik**, **5**,(3), 165-174.
37. Anil, Ö. and Altın, S. (2007) An Experimental Study on Reinforced Concrete Partially Infilled Frames, **Engineering Structures**, **29**(3): 449-460.
38. Özdemir H. (2008). Dolgu Duvarlı Çerçevelerin Hasır Çelik Donatılı Sıva İle Güçlendirilmesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul.
39. Ünal, A. (2012) "TDY 2007'ye Göre Tasarlanmamış Betonarme Çerçevelerin Düzlem Dışı Perde Duvarla Güçlendirilmesi", Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
40. Kılıç, A. (2012) "Betonarme Çerçevesiz Yapılarda Dolgu Duvarların Güçlendirilmesi", Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.

## EKLER

**Ek A:** Bölme duvarının ve bölme duvar güçlendirilmesinin çerçeve davranışına etkisi.

**Çizelge A.1:** Boş Çerçevenin (B), Belirli Ötelenme Oranlarındaki Maksimum Yük Değerleri Çizelgesi

YERDEĞİŞTİRME - MAKSİMUM YÜK 1 NO'LU DENEY ( B )			
1.ÇEVİRİM			
ÖTELENME ORANI	YERD. mm	İTME KN	ÇEKME KN
0	0	0	0
0.0005	0.665	3.483	-5.739
0.001	1.33	6.7	-8.78
0.002	2.66	11.37	-13.96
0.003	3.99	15.22	-18.25
0.004	5.32	18.03	-21.72
0.005	6.65	20.87	-24.28
0.006	7.98	23.79	-26.91
0.007	9.31	25.59	-29.57
0.008	10.64	27.44	-31.44
0.009	11.97	29.49	-32.95
0.01	13.3	28.69	-32.16
0.02	26.6	35.54	-37.22
0.03	39.9	32.21	-37.6
0.04	53.2	28.9	-31.77
0.05	66.5	25.9	-23.48
0.06	79.8	22.4	-20.35
0.07	39.1	17	-17.42

**Çizelge A.2:** Dolgu Duvarlı Çerçevenin (I), Belirli Ötelenme Oranlarındaki Maksimum Yük Değerleri Çizelgesi.

YERDEĞİŞTİRME - MAKSİMUM YÜK 2 NO'LU DENEY ( I )			
1.ÇEVİRİM			
ÖTELENME ORANI	YERD. mm	İTME KN	ÇEKME KN
0	0	0	0
0.0005	0.665	38.23	-32.71
0.0015	1.995	52.63	-46.23
0.002	2.66	63.42	-55.79
0.0025	3.325	68.7	-67.43
0.003	3.99	73.98	-71.39
0.0035	4.655	81.03	-77.04
0.004	5.32	85.32	-82.78
0.0045	5.985	89.71	-85.92
0.005	6.65	92.08	-88.35
0.0055	7.315	91.18	-90.05
0.006	7.98	91.18	-91.21
0.0065	8.645	86.51	-86.85
0.007	9.31	86.72	-85.69
0.0075	9.975	83.58	-73.3
0.008	10.64	82.16	-70
0.0085	11.305	78.31	-68.14
0.009	11.97	74.82	-66.06
0.0095	12.635	72.34	-65.9
0.01	13.3	69.26	-65.46
0.0105	13.965	57.56	-74.2
0.011	14.63	50.37	-71.39
0.0115	15.295	48.29	-68.11
0.012	15.96	49.49	-67.34
0.0125	16.625	47.47	-66.29
0.013	17.29	44.56	-63.11
0.0135	17.955	43.73	-61.33
0.014	18.62	42.21	-60.55
0.0145	19.285	41.32	-59.76
0.015	19.95	41.25	-58.7
0.016	21.28	40.01	-64.84
0.017	22.61	39.1	-54.85
0.02	26.6	42.31	-32.71

**Çizelge A.3:** Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçevenin (I-FA30  $\Phi$ 8-WA8-P1), Belirli Ötelenme Oranlarındaki Maksimum Yük Değerleri Çizelgesi

YERDEĞİŞTİRME - MAKSİMUM YÜK 3 NO'LU DENEY (I-FA30 $\Phi$ 8-WA8-P1)			
1.ÇEVİRİM			
ÖTELENME ORANI	YERD. mm	İTME KN	ÇEKME KN
0	0	0	0
0.0005	0.665	63.38	-58.6
0.0015	1.995	97.91	-82.65
0.002	2.66	120.1	-94.13
0.0025	3.325	137.3	-108.6
0.003	3.99	151.2	-116.5
0.0035	4.655	163.7	-125.4
0.004	5.32	168.3	-128.5
0.0045	5.985	173.1	-132.2
0.005	6.65	167.9	-136.8
0.0055	7.315	163.3	-140.9
0.006	7.98	148.7	-140.5
0.0065	8.645	141.9	-140.1
0.007	9.31	143.7	-145.1
0.008	10.64	136	-135.3
0.009	11.97	131.2	-120.7
0.01	13.3	125.4	-103.9
0.011	14.63	117.3	-83.83
0.012	15.96	111.7	-75.99
0.013	17.29	106	-72.91
0.014	18.62	103.1	-72.53
0.015	19.95	101	-74.58

**Çizelge A.4:** Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçevenin (I-FA30  $\Phi$ 10-WA8-P1),  
Belirli Ötelenme Oranlarındaki Maksimum Yük Değerleri Çizelgesi

YERDEĞİŞTİRME - MAKSİMUM YÜK 4 NO'LU DENEY (I-FA30 $\Phi$ 10-WA8-P1)			
1.ÇEVİRİM			
ÖTELENME ORANI	YERD. mm	İTME KN	ÇEKME KN
0	0	0	0
0.0005	0.665	45.05	-68.53
0.0015	1.995	71.95	-95.15
0.002	2.66	87.63	-113.1
0.0025	3.325	104.3	-128.2
0.003	3.99	114.1	-138.9
0.0035	4.655	123.3	-150.3
0.004	5.32	131.7	-158.6
0.0045	5.985	138.6	-163.2
0.005	6.65	143.7	-168.6
0.0055	7.315	142.7	-173.2
0.006	7.98	141.2	-171.6
0.0065	8.645	135	-171.9
0.007	9.31	139.3	-166.1
0.008	10.64	128.7	-156.9
0.009	11.97	113.8	-140
0.01	13.3	102.8	-125
0.011	14.63	98.6	-109.1
0.012	15.96	91.04	-107.4
0.013	17.29	88.21	-106.3
0.014	18.62	86.26	-101.9
0.015	19.95	71.31	-91.01

**Çizelge A.5:** Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçevenin (I-FA30  $\Phi$ 12-WA8-P1),  
Belirli Ötelenme Oranlarındaki Maksimum Yük Değerleri Çizelgesi

YERDEĞİŞTİRME - MAKSİMUM YÜK 5 NO'LU DENEY (I-FA30 $\Phi$ 12-WA8-P1)			
1.ÇEVİRİM			
ÖTELENME ORANI	YERD. mm	İTME KN	ÇEKME KN
0	0	0	0
0.0005	0.665	55.03	-61.14
0.0015	1.995	85.24	-86.81
0.002	2.66	107.2	-105
0.0025	3.325	126.1	-121.6
0.003	3.99	142.9	-132
0.0035	4.655	151.6	-140.8
0.004	5.32	154.1	-145.8
0.0045	5.985	158.4	-149.9
0.005	6.65	161.2	-152.4
0.0055	7.315	166.5	-159.2
0.006	7.98	165	-160
0.0065	8.645	164	-163.2
0.007	9.31	162.8	-163.8
0.008	10.64	158.5	-163.5
0.009	11.97	163.5	-171
0.01	13.3	150.3	-166.2
0.011	14.63	129	-152.2
0.012	15.96	112.6	-126.7
0.013	17.29	110.3	-95.27
0.014	18.62	101	-80.34
0.015	19.95	96.33	-78.25

**Çizelge B.1:** Boş Çerçevenin (B), Çevrimler Arası Rijitlik Azalması oranı Çizelgesi

ÇEVİRİMLER ARASI RİJİTLİK AZALMASI ORANI			
1 NO'LU DENEY (B)			
ÖTELENME ORANI	İTME 1.ÇEVİRİM KN/MM	İTME 2.ÇEVİRİM KN/MM	$\Delta S=(S1-S2)/S1$
0.0005	5.047826087	4.456428571	0.042302
0.001	4.851556843	3.875186846	0.081444
0.002	4.306818182	3.514257129	0.10022
0.003	3.785128078	3.139425783	0.071562
0.004	3.381470368	2.942767012	0.07158
0.005	3.167880996	2.722722723	0.071061
0.006	2.938125232	2.631805004	0.073313
0.007	2.751612903	2.507029053	0.043541
0.008	2.576525822	2.249584027	0.026973
0.009	2.469849246	2.084147258	0.089182
0.01	2.176783005	1.118614416	0.042556
0.02	1.345702385	0.68222666	0.168751
0.03	0.808483936	0.508513488	0.156165
0.04	0.537574405	0.327062011	0.054059
0.05	0.389064143	0.23125937	0.159362
0.06	0.28028028	0.131305559	0.1749
0.07	5.047826087	4.456428571	0.281836

S1=i. inci ötelenme oranının daki 1.çevrim rijitliği

S2=i. inci ötelenme oranının daki 2.çevrim rijitliği

**Çizelge B.2:** Dolgu Duvarlı Çerçevenin (I), Çevrimler Arası Rijitlik Azalması oranı  
Çizelgesi

ÇEVİRİMLER ARASI RİJİTLİK AZALMASI ORANI			
2 NO'LU DENEY (I)			
ÖTELENME ORANI	İTME 1.ÇEVİRİM KN/mm	İTME 2.ÇEVİRİM KN/mm	$\Delta S=(S1-S2)/S1$
0.0005	66.83566	61.50337838	0.079782045
0.0015	44.33867	41.19087838	0.07099425
0.002	35.19423	32.73720529	0.069813246
0.0025	29.30887	26.32775633	0.101713816
0.003	25.28366	23.69858279	0.0626919
0.0035	22.94817	21.36054422	0.069183245
0.004	20.94256	19.47649055	0.070004425
0.0045	19.36326	17.85046729	0.078127132
0.005	17.30827	16.23556145	0.061976684
0.0055	15.56238	14.30246389	0.080959246
0.006	14.12767	12.73923815	0.098277659
0.0065	12.26765	11.32035548	0.077218717
0.007	10.8729	10.54198076	0.030435437
0.0075	9.9311	9.165964617	0.077044483
0.008	8.82764	8.270507483	0.06311235
0.0085	7.95112	7.419728392	0.066831807
0.009	7.18371	6.657057654	0.073312544
0.0095	6.5278	5.884615385	0.09853062
0.01	5.14388	4.672306322	0.091676377
0.0105	4.27952	4.077768385	0.047144453
0.011	3.93883	3.774636511	0.041684746
0.0115	3.6605	3.555390335	0.02871535
0.012	3.34531	3.180154821	0.049370194
0.0125	3.01693	2.914460285	0.03396368
0.013	2.84515	2.70703125	0.0485463
0.0135	2.66477	2.573132454	0.034389527
0.014	2.51033	2.389359129	0.048188498
0.0145	2.32788	2.154115587	0.074644165
0.015	2.18993	2	0.086728318
0.016	2.0666	1.954521417	0.05423158
0.017	1.8713	1.724015922	0.078704798
0.02	1.63184	1.409602401	0.136185814

**Çizelge B.3:** Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçevenin (I-FA30  $\Phi$ 8-WA8-P1),  
Çevrimler Arası Rijitlik Azalması oranı Çizelgesi

ÇEVİRİMLER ARASI RİJİTLİK AZALMASI ORANI			
3 NO'LU DENEY (I-FA30 $\Phi$ 8-WA8-P1)			
ÖTELENME ORANI	İTME 1.ÇEVİRİM KN/mm	İTME 2.ÇEVİRİM KN/mm	$\Delta S=(S1-S2)/S1$
0.0005	98.81987578	91.84210526	0.070611003
0.0015	74.68296409	67.51295337	0.096005974
0.002	60.17034068	54.43668993	0.095290316
0.0025	52.17227049	46.69619786	0.104961363
0.003	45.63575959	41.62679426	0.087847017
0.0035	40.81632653	36.25963691	0.111638896
0.004	36.74135306	33.09044149	0.099367913
0.0045	32.57035647	29.44579213	0.095932765
0.005	28.02537139	25.5124146	0.089667208
0.0055	24.44244874	20.73389021	0.151726145
0.006	20.14417845	17.5328304	0.129632889
0.0065	17.7530339	15.72626048	0.114164905
0.007	15.50187869	13.40294973	0.135398361
0.008	12.76995305	11.20187793	0.122794118
0.009	11.04377104	9.390651085	0.149687996
0.01	9.492808478	8.130630631	0.143495768
0.011	8.034246575	7.070499658	0.119954859
0.012	7.016331658	6.112225705	0.128857357
0.013	6.155632985	5.132446501	0.16621954
0.014	5.543010753	4.344605475	0.216201146
0.015	5.085599194	4.547965846	0.105716815

**Çizelge B.4:** Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçevenin (I-FA30 Φ10-WA8-P1),  
Çevrimler Arası Rijitlik Azalması oranı Çizelgesi

ÇEVİRİMLER ARASI RİJİTLİK AZALMASI ORANI			
4 NO'LU DENEY (I-FA30 Φ10-WA8-P1)			
ÖTELENME ORANI	İTME 1.ÇEVİRİM KN/mm	İTME 2.ÇEVİRİM KN/mm	$\Delta S=(S1-S2)/S1$
0.0005	66.54357459	65.7856094	0.011390509
0.0015	52.98232695	51.54654655	0.027099233
0.002	44.57273652	41.17410938	0.076249012
0.0025	39.21052632	36.38982417	0.07193737
0.003	34.77598293	31.93099274	0.081809052
0.0035	31.01886792	27.88270378	0.101105049
0.004	28.28608247	26.03092784	0.079726651
0.0045	26.20037807	24.09525595	0.080347013
0.005	24.00200434	21.93613108	0.086070864
0.0055	21.44252442	19.27836589	0.100928346
0.006	19.33452006	17.28091728	0.106214314
0.0065	16.98754247	15.56591883	0.083686245
0.007	15.05620406	13.08320791	0.13104207
0.008	12.13006598	10.03780718	0.17248536
0.009	9.587194608	8.137729549	0.151187612
0.01	7.723516153	6.736486486	0.127795378
0.011	6.753424658	5.71975393	0.153058749
0.012	5.697121402	5.056461731	0.112453224
0.013	5.084149856	4.466396292	0.121505774
0.014	4.607905983	3.909528908	0.151560617
0.015	3.567283642	3.040601504	0.147642349

**Çizelge B.5:** Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçevenin (I-FA30 Φ12-WA8-P1),  
Çevrimler Arası Rijitlik Azalması oranı Çizelgesi

ÇEVİRİMLER ARASI RİJİTLİK AZALMASI ORANI			
5 NO'LU DENEY (I-FA30 Φ12-WA8-P1)			
ÖTELENME ORANI	İTME 1.ÇEVİRİM KN/mm	İTME 2.ÇEVİRİM KN/mm	$\Delta S=(S1-S2)/S1$
0.0005	85.45031056	81.51335312	0.046073062
0.0015	66.128782	59.14156627	0.105660735
0.002	53.17460317	49.22227797	0.07432731
0.0025	47.69288956	42.99662035	0.098468959
0.003	43.42145245	38.56757567	0.111785224
0.0035	38.55544252	33.84768542	0.122103568
0.004	33.42733189	30.39194688	0.090805483
0.0045	30.10834442	27.32240437	0.092530496
0.005	27.06968934	24.89134069	0.080471875
0.0055	25.06775068	22.51536501	0.101819493
0.006	22.62443439	20.64904834	0.087312064
0.0065	20.54365527	18.68762475	0.090345681
0.007	18.91263941	17.05793917	0.098066705
0.008	16.99731903	15.21202362	0.105033942
0.009	15.40999057	12.98774741	0.157186544
0.01	12.56688963	10.4587156	0.167756231
0.011	9.780136467	8.063063063	0.175567428
0.012	7.680763984	6.813651877	0.112893992
0.013	6.919698871	5.957286432	0.139082994
0.014	5.858468677	5.479444123	0.064696865
0.015	5.167918455	4.473147154	0.134439293

Çizelge C.1: Boş Çerçevenin (B) Rijitlik çizelgesi

<b>RİJİTLİK 1 NO'LU DENEY ( B )</b>		
1. ÇEVİRİM		
ÖTELENME ORANI	İTME kN	RİJİTLİK kN/mm
0.0005	3.483	5.047826
0.001	6.7	4.851557
0.002	11.37	4.306818
0.003	15.22	3.785128
0.004	18.03	3.38147
0.005	20.87	3.167881
0.006	23.79	2.938125
0.007	25.59	2.751613
0.008	27.44	2.576526
0.009	29.49	2.469849
0.01	28.69	2.176783
0.02	35.54	1.345702
0.03	32.21	0.808484
0.04	28.9	0.537574
0.05	25.9	0.389064
0.06	22.4	0.28028
0.07	17	0.182835

Çizelge C.2: : Dolgu Duvarlı Çerçevenin (I), Rijitlik çizelgesi

<b>RİJİTLİK 2 NO'LU DENEY ( I )</b>		
1. ÇEVİRİM		
ÖTELENME ORANI	İTME kN	RİJİTLİK kN/mm
0.0005	38.23	66.83566
0.001	52.63	44.33867
0.0015	63.42	35.19423
0.002	68.7	29.30887
0.0025	73.98	25.28366
0.003	81.03	22.94817
0.0035	85.32	20.94256
0.004	89.71	19.36326
0.0045	92.08	17.30827
0.005	91.18	15.56238
0.0055	91.18	14.12767
0.006	86.51	12.29534
0.0065	86.72	12.26765
0.007	83.58	10.8729
0.0075	82.16	9.931101
0.008	78.31	8.827641
0.0085	74.82	7.951116
0.009	72.34	7.183714
0.0095	69.26	6.527804
0.01	57.56	5.143878
0.0105	50.37	4.279524
0.011	48.29	3.938825
0.0115	49.49	3.660503
0.012	47.47	3.345314
0.0125	44.56	3.016926
0.013	43.73	2.845153
0.0135	42.21	2.664773
0.014	41.32	2.510328
0.0145	41.25	2.327878
0.015	40.01	2.189929
0.016	39.1	2.066596
0.017	42.31	1.871296
0.02	43.57	1.631835

**Çizelge C.3:** Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçevenin (I-FA30  $\Phi$ 10-WA8-P1) Rijitlik çizelgesi.

<b>RİJİTLİK 3 NO'LU DENEY (I-FA30 <math>\Phi</math>10-WA8-P1)</b>		
1. ÇEVİRİM		
ÖTELENME ORANI	İTME kN	RİJİTLİK kN/mm
0.0005	63.38	93.61891
0.001	97.91	73.34082
0.0015	120.1	61.18186
0.002	137.3	52.58522
0.0025	151.2	45.88771
0.003	163.7	41.28625
0.0035	168.3	36.38132
0.004	173.1	32.6173
0.0045	167.9	28.13338
0.005	163.3	24.44245
0.0055	148.7	20.28096
0.006	141.9	17.75303
0.0065	143.7	15.36734
0.007	136	12.76995
0.008	131.2	11.04377
0.009	125.4	9.492808
0.01	117.3	8.034247
0.011	111.7	7.016332
0.012	106	6.155633
0.013	103.1	5.543011
0.014	101	5.085599
0.015	103.8	4.891612

**Çizelge C.4:** Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçevenin (I-FA30  $\Phi$ 10-WA8-P1) Rijitlik çizelgesi.

<b>RİJİTLİK 4 NO'LU DENEY (I-FA30 <math>\Phi</math>10-WA8-P1)</b>		
1. ÇEVİRİM		
ÖTELENME ORANI	İTME kN	RİJİTLİK kN/mm
0.0005	45.05	66.54357459
0.0015	71.95	52.98232695
0.002	87.63	44.57273652
0.0025	104.3	39.21052632
0.003	114.1	34.77598293
0.0035	123.3	31.01886792
0.004	131.7	28.28608247
0.0045	138.6	26.20037807
0.005	143.7	24.00200434
0.0055	142.7	21.44252442
0.006	141.2	19.33452006
0.0065	135	16.98754247
0.007	139.3	15.05620406
0.008	128.7	12.13006598
0.009	113.8	9.587194608
0.01	102.8	7.723516153
0.011	98.6	6.753424658
0.012	91.04	5.697121402
0.013	88.21	5.084149856
0.014	86.26	4.607905983
0.015	71.31	3.567283642

**Çizelge C.5: : Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçevenin (I-FA30  $\Phi$ 12-WA8-P1)  
Rijitlik çizelgesi.**

<b>RİJİTLİK 5 NO'LU DENEY (I-FA30 <math>\Phi</math>12-WA8-P1)</b>		
1. ÇEVİRİM		
ÖTELENME ORANI	İTME kN	RİJİTLİK kN/mm
0.0005	45.05	66.54357459
0.0015	71.95	52.98232695
0.002	87.63	44.57273652
0.0025	104.3	39.21052632
0.003	114.1	34.77598293
0.0035	123.3	31.01886792
0.004	131.7	28.28608247
0.0045	138.6	26.20037807
0.005	143.7	24.00200434
0.0055	142.7	21.44252442
0.006	141.2	19.33452006
0.0065	135	16.98754247
0.007	139.3	15.05620406
0.008	128.7	12.13006598
0.009	113.8	9.587194608
0.01	102.8	7.723516153
0.011	98.6	6.753424658
0.012	91.04	5.697121402
0.013	88.21	5.084149856
0.014	86.26	4.607905983
0.015	71.31	3.567283642

## ÖZGEÇMİŞ

### KİŞİSEL BİLGİLER

Adı, Soyadı: ALI ABDULHUSSEIN KRAIDI ALMALIKI

Uyruğu: Irak

Doğum Tarihi ve Yeri: 22 ŞUBAT 1985, Bağdat

Medeni Durumu: Evli

Tel: +90 536 395 66 71

email: sonic\_ali2006@yahoo.com

Yazışma Adresi: yeni doğan Mah. Defne. Sok yörük 24 Apt. Kat:1.No:6

Talas/KAYSERİ

### EĞİTİM

Derece	Kurum	Mezuniyet Tarihi
Lisans	Tecknology Üniversitesi	2007
Lise	Al- EMIN	2003

### İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görev
2007- Halen	Irak Eğitim Bakanlığı	Mühendis

### YABANCI DİL

İngilizce ,Türkçe