



FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜLERİ  
ORTAK YÜKSEK LİSANS PROGRAMI



YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Muhammed Nurullah ATAY**

**TUĞLA DOLGU DUVARLARIN PLASTİK  
ATIK MALZEME, LİFLİ POLİPROPİLEN  
VE GEOGRİD İLE GÜÇLENDİRİLMESİ**

**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ  
YAPI ANABİLİM DALI**

**OSMANİYE – 2017**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
ORTAK YÜKSEK LİSANS PROGRAMI**

**TUĞLA DOLGU DUVARLARIN PLASTİK ATIK  
MALZEME, LİFLİ POLİPROPİLEN VE GEOGRİD İLE  
GÜÇLENDİRİLMESİ**



**Muhammed Nurullah ATAY**

**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ  
YAPI ANABİLİM DALI**

**OSMANİYE  
MAYIS-2017**

## TEZ ONAYI

### TUĞLA DOLGU DUVARLARIN PLASTİK ATIK MALZEME, LİFLİ POLİPROPİLEN VE GEOGRİD İLE GÜÇLENDİRİLMESİ

Muhammed Nurullah ATAY tarafından Yrd. Doç. Dr. Selçuk KAÇIN danışmanlığında Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yapı Anabilim Dalı'nda hazırlanan bu çalışma aşağıda imzaları bulunan jüri üyeleri tarafından oy birliği/çokluğu ile **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

**Danışman:** Yrd.Doç. Dr. Selçuk KAÇIN  
Yapı Anabilim Dalı, İSTE

.....  


**Üye:** Prof.Dr. Hüseyin Rızkullah YERLİ  
Mekanik Anabilim Dalı, ÇÜ

.....  


**Üye:** Yrd.Doç.Dr. Tarık BARAN  
Yapı Anabilim Dalı, OKÜ

.....  


Yukarıdaki jüri kararı Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun ...../...../..... tarih ve ..... /..... sayılı kararı ile onaylanmıştır.

Doç. Dr. Halil Zeki GÖK  
Enstitü Müdürü, **Fen Bilimleri Enstitüsü**

.....

*Bu tezde kullanılan özgün bilgiler, şekil, çizelge ve fotoğraflardan kaynak göstermeden alıntı yapmak 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunu hükümlerine tabidir.*

## TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, bu çalışma sonucunda elde edilmeyen her türlü bilgi ve ifade için ilgili kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını ve bu tezin Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlandığını bildiririm.

Muhammed Nurullah ATAY



## ÖZET

### TUĞLA DOLGU DUVARLARIN PLASTİK ATIK MALZEME, LİFLİ POLİPROPİLEN VE GEOGRİD İLE GÜÇLENDİRİLMESİ

Muhammed Nurullah ATAY  
Yüksek Lisans, Yapı Anabilim Dalı  
Danışman: Yrd. Doç. Dr. Selçuk KAÇIN

Mayıs 2017, 97 sayfa

Bu tez çalışması kapsamında, yığma yapılarda ve dolgu duvarlarda kullanılan standart 190×190×85 mm 8,5'lik yatay delikli tuğlalarla üretilmiş duvar numunelerinin güçlendirilmemiş ve farklı yöntemler ile güçlendirilmiş durumdaki davranışları incelenmiştir. Derz harcı için standartlarda belirtilen oranlarda çimento su ve agrega kullanılarak duvarlarda kullanılacak sıva hazırlanmıştır. 3×4 toplam 12 adet numune üzerinde çalışmalar yapılmıştır. Deney numunelerinin boyutları 820×820×90 mm civarındadır. Güçlendirilmiş tuğla duvarların deneylerinde, deformasyon ölçümleri LVDT sensörleri kullanılarak ölçülmüştür. Üç numune güçlendirilmeden yalın bir şekilde şahit olarak alınmış, üç adet numune PVC katkı harç ile güçlendirilmiş (beyaz lifli karışım), üç adet numune siyah lifli polipropilen (siyah lifli) harç ile güçlendirilmiş, üç adet numune ise geogrid malzemeyle güçlendirilmiştir. Tüm numunelerde diyagonal basınç yüklemesi altında deney yapılmıştır. Yapılan bütün deneyler İskenderun Teknik Üniversitesi Yapı Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiş ve yükleme monotonik (doğrusal) olarak yapılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Tuğla duvarların güçlendirilmesi, yığma yapı güçlendirmesi, pvc katkı harç, siyah lif Polipropilen Fiber katkı harç

## ABSTRACT

### STRENGTHENING BRICK FILLING WALLS WITH PLASTIC WASTE MATERIAL, FLEXIBLE POLYPROPYLENE AND GEOGRID

Muhammed Nurullah ATAY  
M.Sc, Department of Structural  
Supervisor: Assist.Prof.Dr. Selçuk KAÇIN

May 2017, 97 pages

This research includes the searching behaviors of walls which have been reinforced by using 190x190x85 bricks and also the walls which have built by same materials and reinforced by different methods. The mortar of the walls has mixed with the same ratio. Usage of cement and aggregate are shown in this thesis. 12 different sample has created by separating 3x4. The size of the samples selected approximately 820x820x90 mm. During this experience, the deformations of the each sample has measured by LVDT sensors. 3 sample occur this experience as unreinforced form and the others results have compared with them. 3 of the samples has reinforced by PVC material which also can call as white fiber mixing. Another type of the sample was 3 walls created by polypropylene. This reinforcing material can also call as Black fiber mixing. The last type of the samples has created by Geogrid systems. All of the types and each sample has experienced under diagonal stress. These experiences have done in İskenderun Technical University Laboratory and the stress occurred with a linear direction.

**Key Words:** Strengthening of brick walls, polypropylene (PP) pvc reinforced mortar, black fiber Polypropylene Fiber reinforced mortar



Çok kıymetli babama...

## TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans tez konumun belirlenerek tez çalışmamın yürütölmesini üstlenen, çalışmalarım süresince değerli bilgi ve tecrübeleriyle katkılarını esirgemeyen danışman hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Selçuk KAÇIN'a teşekkürlerimi sunarım.

Bölümdeki çalışmalarım süresince beni destekleyen diğer bölüm hocalarıma ve arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Çalışmamın her aşamasında bana yardımcı olan Kemaleddin ADAY'a, Nurullah KILIÇ'a ve Atılım KULEAŐAN'a teşekkürü borç bilirim.

Gösterdiği fedakârlık ile bugünlere ulaşmamı sağlayan sevgili annem Fatma ATAY'a, değerli babam Hadi ATAY'a ve neşeleriyle hayatımı renklendiren kardeşlerime tüm kalbimle teşekkür ederim.



# İÇİNDEKİLER

TEZ ONAYI	
TEZ BİLDİRİMİ	
ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
İTHAF SAYFASI .....	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
İÇİNDEKİLER .....	v
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	x
1. GİRİŞ.....	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR .....	3
3. MALZEME VE YÖNTEM .....	19
3.1 Giriş.....	19
3.2 Malzeme Özellikleri.....	19
3.2.1 Tuğla .....	19
3.2.2 Derz Harcı.....	20
3.2.3 Sıva .....	24
3.2.4 Polipropilen .....	33
3.2.5 Polipropilen Fiber .....	34
3.2.6 Geogrid Malzeme .....	37
3.3 Deneç Düzenegİ .....	38
3.3.1 Yükleme Düzenegİ .....	38
3.3.2 Yer Değiştirme Ölçerlerin Yerleştirilmesi.....	39
3.4 Güçlendirme Yöntemleri.....	44
3.4.1 Giriş .....	44
3.5 Numune Tasarımı .....	46
3.5.1 Giriş .....	46
3.6 Güçlendirme İşlemi.....	51
3.6.1 Numune Hazırlığı ve Katkı Uygulaması .....	51
3.6.2 Ankraj Uygulaması.....	54
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	56
4.1 Diyagonal Basınç Deneyleri.....	56
4.2 Numunelerde Hasar Gelişimi ve Gözlemler .....	57

4.2.1	Grup - 1 'e Ait Deneyler (Referans Duvar).....	58
4.2.2	Grup - 2 'ye Ait Deneyler (Plastik Atık Malzeme (Beyaz Lif) Katkılı Duvar).....	61
4.2.3	Grup - 3 'e Ait Deneyler (Lifli PoliPropilen Malzeme (Siyah Lif) Katkılı Duvar).....	64
4.2.4	Grup - 4 'e Ait Deneyler (Geogridli Duvar).....	67
4.3	Deney sonuçları .....	71
4.3.1	Grup - 1 'e Ait Sonuçlar (Referans Duvar) .....	71
4.3.2	Grup - 2 'ye Ait Sonuçlar (Plastik Atık Malzeme (Beyaz Lif) Katkılı Duvar) .....	73
4.3.3	Grup - 3 'e Ait Sonuçlar (Lifli PoliPropilen Malzeme (Siyah Lif) Katkılı Duvar) .....	75
4.3.4	Grup - 4 'e Ait Sonuçlar (Geogridli Duvar) .....	77
4.4	Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	79
4.4.1	Taşıma Kapasitesi (Taşıma Gücü).....	79
4.4.2	Kayma Dayanımı.....	82
4.4.3	Kayma Şekil Değiştirmesi .....	85
4.4.4	Enerji Tüketimi.....	87
5.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	89
	KAYNAKLAR .....	93
	ÖZGEÇMİŞ .....	97

## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Standart derz harcı karışım miktarları .....	21
Çizelge 3.2. 7. gün deney sonuçlarının gösterimi .....	24
Çizelge 3.3. Standart derz harcı karışım miktarları .....	25
Çizelge 3.4. 7. gün standart harç deneyi sonuçları .....	27
Çizelge 3.5. Beyaz lif katkılı derz harcı karışım miktarları.....	27
Çizelge 3.6. 7.gün beyaz lif katkılı atık (PVC) malzemeyle hazırlanan harç deneyi sonuçları .....	29
Çizelge 3.7. Siyah lif katkılı derz harcı karışım miktarları.....	30
Çizelge 3.8. 7.gün siyah lif katkılı Polipropilen Fiber malzemeyle hazırlanan harç deneyi sonuçları.....	33
Çizelge 3.9. Polimer fiber (siyah lifli katkı) malzemesinin özellikleri.....	36
Çizelge 3.10.Numune isimlendirme formülü .....	48
Çizelge 4.1. Deney grupları ve bu grupta bulunun elemanların isimlendirilmesi .....	57
Çizelge 4.2. Deney numunelerinin maksimum taşıma güçleri .....	80
Çizelge 4.3. Deney numunelerinin maksimum kayma dayanımları .....	83
Çizelge 4.4. Deney numunelerinin maksimum kayma şekil değiştirmesi .....	86
Çizelge 4.5. Deney numunelerinin enerji tüketimleri.....	87

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Yatay delikli tuğla örnekleri .....	19
Şekil 3.2. Yatay delikli tuğlanın mekanik özellikleri.....	20
Şekil 3.3. Yatay delikli tuğlanın boyutlarının gösterimi .....	20
Şekil 3.4. Derz harcı yapım aşamaları .....	21
Şekil 3.5. 7 günlük ve 28 günlük deneyler için hazırlanan hazırlan numuneler.....	22
Şekil 3.6. Numunelerin kür havuzunda bekletilmesi .....	22
Şekil 3.7. Deney düzeneği ve sonuçlarının gösterimi .....	24
Şekil 3.8. Sıva harcı hazırlama aşamaları .....	26
Şekil 3.9. Eğilme ve basınç deneyi aletleri .....	26
Şekil 3.10. Beyaz lifli katkı malzemesiyle sıva harcının yapılması.....	28
Şekil 3.11. Beyaz lifli karışımla oluşturulmuş numunelerin 7. gün ve 28. gün basınç deneyleri.....	29
Şekil 3.12. Siyah lifli katkı malzemesiyle sıva harcının hazırlanması.....	31
Şekil 3.13. Siyah lifli karışımla oluşturulmuş numunelerin 7. gün ve 28. Gün basınç deneyleri.....	32
Şekil 3.14. Siyah lifli karışımla oluşturulmuş numunelerin 7. gün ve 28. Gün eğilme deneyleri.....	32
Şekil 3.15. Beyaz lifli (Polipropilen (PP)) PVC atık malzemesi .....	34
Şekil 3.16. Beyaz lifli (Polipropilen (PP)) PVC atık malzemesinin harçla karıştırılmış hali .....	34
Şekil 3.17. Siyah lifli polimer katkı (Polipropilen Fiber) .....	36
Şekil 3.18. Geogirid malzemenin ilk hali .....	38
Şekil 3.19. Yükleme düzeneği .....	39
Şekil 3.20. Yükleme düzeneği LVDT yerleşimi .....	40
Şekil 3.21. LVDT'lerin gösterimi ve yerleşimi .....	41
Şekil 3.22. L köşebentlerin ön taraftan pullarla ve somunlarla sabitlenmesi.....	42
Şekil 3.23. Gijonların arka taraftan pullarla sabitlenmesi.....	42
Şekil 3.24. İşkencelerin LVDT 'lerin sabitlemesi.....	43
Şekil 3.25. Standart (referans, şahit) duvar numuneleri.....	44
Şekil 3.26. Sıvalı duvar numuneleri.....	45

Şekil 3.27. Geogridle güçlendirilmiş duvarlar .....	45
Şekil 3.28. Duvar numunelerinin temsili gösterimi ve kesit.....	47
Şekil 3.29. Duvar numunesi örme işlemi aşamaları.....	50
Şekil 3.30. Katkı malzemesi karıştırılma fotoğrafları.....	51
Şekil 3.31. Duvar numunelerine sıva uygulanması.....	52
Şekil 3.32. Geogrid uygulama fotoğrafları .....	53
Şekil 3.33. Ankraj uygulama fotoğrafları .....	55
Şekil 3.34. Ankraj mesafelerinin temsili gösterimi.....	55
Şekil 4.1. SD01 duvar numunesinin hasar gelişimi .....	59
Şekil 4.2. SD02 duvar numunesinin hasar gelişimi .....	60
Şekil 4.3. SD03 duvar numunesinin hasar gelişimi .....	61
Şekil 4.4. BLS01 duvar numunesinin hasar gelişimi .....	62
Şekil 4.5. BLS02 duvar numunesinin hasar gelişimi .....	63
Şekil 4.6. BLS03 duvar numunesinin hasar gelişimi .....	64
Şekil 4.7. SLS01 duvar numunesinin hasar gelişimi.....	65
Şekil 4.8. SLS02 duvar numunesinin hasar gelişimi.....	66
Şekil 4.9. SLS03 duvar numunesinin hasar gelişimi.....	67
Şekil 4.10. GDS01 duvar numunesinin hasar gelişimi .....	68
Şekil 4.11. GDS02 duvar numunesinin hasar gelişimi .....	69
Şekil 4.12. GDS03 duvar numunesinin hasar gelişimi .....	70
Şekil 4.13. Referans duvar düşey yük-düşey yer değiştirme grafiği.....	71
Şekil 4.14. Referans duvar düşey yük-yatay yer değiştirme grafiği .....	72
Şekil 4.15. Beyaz lifli duvar düşey yük-düşey yer değiştirme grafiği.....	73
Şekil 4.16. Beyaz lifli duvar düşey yük-yatay yer değiştirme grafiği.....	74
Şekil 4.17. Siyah lifli duvar düşey yük-düşey yer değiştirme grafiği .....	75
Şekil 4.18. Siyah lifli duvar düşey yük-yatay yer değiştirme grafiği.....	76
Şekil 4.19. Geogridli duvar düşey yük-düşey yer değiştirme grafiği .....	77
Şekil 4.20. Geogridli duvar düşey yük-yatay yer değiştirme grafiği .....	78
Şekil 4.21. Duvar numunelerinde taşıma gücü artış oranı .....	81
Şekil 4.22. Duvar numunelerinde kayma dayanım oranı.....	84
Şekil 4.23. Deney numunelerinin enerji tüketimleri oranı.....	88

## SİMGELER ve KISALTMALAR

BFRP	Bazalt lif takviyeli polimer
CFRP	Karbon lif takviyeli polimer
FRP	Lif takviyeli polimer
LVDT	Yer değiştirme ölçer
TRM	Tekstil donatılı harç
PP	Polipropilen
$\tau$	Kayma dayanımı
$\tau_{\max}$	Maksimum kayma gerilmesi
$\tau_{\max(\text{ort})}$	Maksimum kayma gerilmesi ortalaması
ASTM	Amerikan Test ve Malzemeler derneği
$\gamma$	Kayma Şekil değiştirmesi
$\Delta V$	Düşey yer değiştirme
$\Delta H$	Yatay yer değiştirme
G	Ölçüm yapılan boy
$\gamma_{\max}$	Maksimum kayma Şekil değiştirmesi
$\gamma_{\max(\text{ort})}$	Maksimum kayma Şekil değiştirmesi ortalaması

## 1. GİRİŞ

Yüzölçümünün büyük bir kısmı deprem riski taşıyan ülkemizde sıklıkla depremler yaşanmakta; yaşanan bu depremler de büyüklüklerine oranla ciddi kayıplara neden olmaktadır. Buna rağmen ülkemizde yeni ve hızlı inşa edilen yapılar bu gerçeklikten uzak kusurlu yapılardır. Yapıların inşaatı aşamasında projelere uyulmaması, herhangi bir mühendislik hizmeti görmeden ve yürürlükteki şartnamelere uygun yapılmayan yapılar sebebi ile geçmişte yaşanan depremler ciddi boyutlarda can ve mal kaybına neden olmuştur. Depreme dayanıklı yapının esas amacı; hafif dereceli depremlerde binanın herhangi bir hasar görmemesi, orta dereceli depremlerde yapısal ve yapısal olmayan sistem elemanlarının onarılabılır düzeyde kalması, şiddetli depremlerde ise can kaybına sebep olacak göçmelerin gerçekleşmesini engellemektir.

Yığma yapılar kültürel mirasımızda ve inşaat sektöründe önemli bir paya sahiptir. Yığma yapılar; esas taşıyıcı elemanı doğal taş, tuğla gibi süneklikleri az, gevrek malzeme ile inşa edilmiş duvarlar olan düşey ve yatay deprem yüklerine dayanımda duvar geometrisinin ve kullanılan malzeme özelliklerinin çok önemli değere sahip olduğu yapılardır.

Yığma yapılarda kullanılan gevrek malzemeler depremlerde istenmeyen sonuçlara neden olmakta, taşıma kapasiteleri arttığında ise ani kırılma ve çatlamalara neden olmaktadır. Duvarlara gelen iki eksenli gerilmenin altındaki davranışın bilinmesi, yapının yükleri ne oranda taşıyacağına bilinmesi açısından büyük önem arz etmektedir. Dolayısıyla bu tür yığma yapılar depreme dayanıklı yapılar olarak kabul görmezler. Fakat bu tür yapılara olumsuz bir gözle bakılmamalıdır; standartlara, yönetmeliklere uygun olarak yapılması ve mühendislik çalışması gördüğü takdirde bu yapıların sağlam, güçlendirilmiş ve emniyetli olabildikleri görülecektir.

Bu çalışmanın amacı, standart bir harçla hazırlanan duvar numunesi ile bağlayıcı özelliği katkı maddesi kullanılarak arttırılan bir duvar numunesinin mekanik davranışının nasıl değiştiğini araştırmaktır. Bunun için 820\*820\*90 mm boyutunda örülen numuneler diyagonal şekilde yerleştirilmiş ve yatay yük etkisi göz önüne alınmıştır. Toplam da (3\*4),12 adet deney gerçekleştirilmiştir.

Alternatif güçlendirme yöntemi olarak tuğla duvarların güçlendirilmesiyle ilgili deneysel çalışmalar yapılmıştır. Yapılan bu deneysel çalışmalarda referans (şahit) ve çeşitli şekillerle güçlendirilmiş deney elemanlarının dayanımlarını, davranışlarını ve yük-deplasman ilişkilerini belirleyebilmek için hassas ölçümlerle kamera destekli kayıt altına alınıp incelemesi yapılmıştır. İskenderun Teknik Üniversitesi Yapı laboratuvarında bu deneyler ve ölçümler hassasiyetle yapılmıştır.





## 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Kahn L.F., [1], Bu çalışmasında içerisinde donatı bulunan püskürtme beton ile güçlendirmenin donatısız tuğla duvarların davranışları üzerindeki etkilerini araştırmak için 17 tane tuğla paneli diyagonal basınç yükü altında test etmiştir. Bu çalışmada, duvar yüzeyinin kuru olmasının veya epoksi ile kaplanmasının ve duvar yüzeyinde bağlantı çivileri bulunmasının bu yöntem üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Deneyler, sonucunda püskürtme beton ile duvar arasında bağlantı çivileri bulunmasının veya duvar yüzeyinin epoksi ile kaplı olmasının, püskürtme beton ile güçlendirme yönteminin etkinliğini önemli bir derecede etkilemediğini sonucuna varmıştır. Güçlendirilmiş duvarın kesme dayanımının, püskürtme beton ve içerisindeki donatı tarafından sağlandığı ve duvarın kendi kesme dayanımının güçlendirilmiş duvarın kesme dayanımına fazla katkısının olmadığı sonucuna varılmıştır.

Triantafillou [2], Bu yaptığı deneyde yığma duvarları (lifli polimer malzemelerle güçlendirilmiş) düzlem içi kayma, düzlem dışı eğilme, düzlem içi eğilme etkileri altında deneysel olarak incelemiş ve deneylerden elde edilen sonuçları, analitik bağıntılarla ifade etmiştir. Böylece güçlendirilen numuneler lifli polimerin numune yüzeyinden ayrılması sonucu göçmenin gerçekleştiği ve ankraj uygulamasının davranış üzerinde olumlu etki sağladığı açıkça görülmüştür. Lifli polimer malzemelerin olumlu etkisi deneysel olarak gösterilmiştir.

Taghdi M., Bruneau M. ve Saatçioğlu M., [3], Bu çalışmalarında, dördü tuğla ve ikisi betonarme olmak üzere altı adet duvar test edilmiştir. Duvarın her iki yüzüne de yapıştırılan ikişer tane diyagonal çelik şerit ve bu şeritleri birbirine bağlayan, duvarın uzun kenarları boyunca uzanan ikişer adet dikey çelik şerit vasıtasıyla güçlendirilmiştir. Bu deneyler sonucunda, çelik şeritlerde meydana gelen akmanın ve plastik deformasyonların tuğla ve betonarme duvarlarda duvar yüzeyine dağılmış daha fazla sayıda ve daha ince çatlağın oluşmasını imkân vererek, duvarların daha sünek davranmalarına neden olduğu belirtilmiştir.

Corradi, M., Borri, A. and Vignoli, A. [4], Yaptığı deneyde numune olarak Umbria-Marche depreminde zarar gören yığma yapılardan elde edilen hasarlı veya hasarsız 15 duvar numunesi üzerinde çalışmıştır. Bu deneyler hem yerinde, hem de laboratuvar ortamında gerçekleştirilmiştir. Deney esnasında karşılaştırma sağlamak için klasik güçlendirilme tekniği olan enjeksiyon ile lifli polimer malzemelerle güçlendirme yöntemleri ele alınmıştır. Bu malzemelerin numune yüzeyinde etkili çalışabilmesi için epoksi ve harç gibi bileşimler kullanılmıştır. Elde edilen güçlendirilmiş sistemlerin basınç, diyagonal basınç ve kayma- basınç deneyleri altında young modülü, kayma dayanımı ve kayma elastisite modülü değişimleri incelenmiştir. Bu deneyler esnasında lifli polimer tekniği ile güçlendirilen yapıların dayanımları olumlu yönde artış gösterirken, göçme durumunun gerçekleştirilmesi lifli polimerlerin numune yüzeyinden ayrılmaya başlaması ile ilişkilendirilmiştir. Epoksi reçinesinin aderans üzerinde ki etkisi harç ile yüzey birleşimi sağlanmış numunelerden daha yüksek olduğu gözlenmiş ve bu malzemelerin kayma dayanımı bu numunelerde daha fazla artış göstermiştir. Aynı işlem için kullanılan hidrolik harç enjeksiyonu hasarlı numuneler üzerinde dayanım ve rijitlik olarak olumlu etki göstermiştir.

Valluzzi, M. R., Tinazzi, D. and Modena, [5], Bu çalışmada toplam otuz üç numune üzerinde çalışılmıştır. Deney sürecinde kullanılan numunelerin dokuzu lifli polimer uygulaması ile güçlendirilmiştir. Bu deney sürecinde deney parametreleri olarak numunenin bir veya iki yüzüne uygulama, lifli polimer cinsi, lifli polimerin uygulama şekli ve katman sayısını seçilmiştir. Deney esnasında bazı numunelerin tek tarafında, bazı numunelerin çift tarafında güçlendirme uygulanıp, deney sonucunda tek tarafında güçlendirilme uygulanan numunelerin asimetric güçlendirme nedeniyle oluşan bölgesel rijitlik farkı sonucunda eğilme deformasyonu gözlenmiştir. Bu hasarın güçlendirme uygulanmamış bölgelerde görüldüğü de deney sonucunda gözlemlenmiştir. Numunelerin gevrek davranışını engellemek için kullanılan ağ şeklindeki uygulamanın olumlu etkileri de deney sonucunda görülenler arasındadır. Deneysel çalışmada elde edilen sonuçlar, kayma dayanımının tahmini için kullanılan analitik modeller ile kıyaslanmıştır.

Vandergrift, J., Gergely, J. ve Joung, D.T., [6], Bu çalışmada 6 adet tuğla duvar 1219\*2438 mm ebatlarında yalın halde ve CFRP (karbon lifli polimer) ile güçlendirilmiş halde deneye tabi tutulmuştur. Deneyde uygulanan yük yatay olarak; üç numunede doğrudan duvara, diğer üçünde ise duvarın üstündeki kirişe etki ettirilmiştir. CFRP bantlar sayesinde süneklikte artış görülmekle birlikte, duvarların orta kısmında ağır hasar oluşmasına engel olunamadığı gözlenmiştir. Deney sonuçları olarak bu güçlendirme tekniğinin, çatlak tuğla duvarların düzlem içi kesme ve düzlem dışı eğilme dayanımlarına önemli ölçüde katkıda bulunduğu saptanmıştır. Ayrıca CFRP bantların, duvarın süneklik ve enerji tüketme kapasitesinde artışa neden olduğu; ancak yüksek deplasmanlarda duvarın bütünlüğünü sağlamayarak, dağılmasına engel olamadığını göstermiştir.

Ozcebe G., Ersoy U., Tankut T., Erduran E., Keskin R. S. O. ve Mertol H. C., [7] Tarafından yapılan deneylerde, yatay delikli tuğla duvarların lifli polimer şeritlerle güçlendirilmesi yöntemi araştırılmıştır. Bu çalışmada iki katli ve tek açıklıklı betonarme çerçeveler test edilmiştir. Taşıyıcı olmayan dolgu duvarların diyagonal CFRP şeritlerle güçlendirmesinin yapının yanal rijitliği ve dayanımına önemli derecede katkıda bulunabileceğini göstermiştir. Binaları temsil eden çerçevelerin depreme karşı yetersiz ve kusurlu olarak inşa edilen çerçeveler olduğuna kanaat getirilmiştir. Düşük beton dayanımı, zayıf kolon ve güçlü kirişler, eleman sonlarında yeterli sıklıkta etriye bulunmaması etriye sonlarının 135 kıvrılmaması, deney elemanlarının güçlendirmeden önce depreme karşı yetersiz olmalarına neden olmuştur. Bu deneyler ile taşıyıcı olmayan dolgu duvarların diyagonal CFRP şeritlerle güçlendirmesinin yapının yanal rijitliği ve dayanımına önemli derecede katkıda bulunabileceği anlaşılmıştır.

El-Dakhkhni, Hamid, A. A., Hakam, Z. H. R. and Elgaaly, M., [8], Yapılarda iç kısımlarda kullanılan yığma duvarların güçlendirilmesi üzerinde çalışmış ve bu çalışmayı iki aşamada incelemiştir. Bu deney sürecinde güçlendirme tipi olarak cam lifli polimer uygulaması tercih edilmiştir. Bu araştırmanın ilk kısmı 24 numunenin yatay derzlere dik ve paralel olarak basınç etkisine tabi tutulması ve diyagonal çekme etkisi altında davranışın incelenmesini içermektedir. Aşamalardan ikincisi ise yalın çelik çerçeveden oluşan zayıf çerçeve serileri ve dolgu ile birlikte güçlü çerçeve

serileri üzerinde etkisi olarak ele alınmıştır. Deney sonucunda elde edilen sonuçlar, lifli polimer güçlendirme uygulanan numunelerde rijitlik ve dayanımı attırırken istenmeyen gevrek göçmeyi önleyerek önemli derecede hasar gördükten sonra bile duvar bütünlüğünün bozulmamasıdır.

Acun, B. ve Sucuoğlu, H., [9], Tuğla dolgu duvarlı çerçevelerin hasır donatı ile güçlendirilmesi üzerine yapılan çalışmada, tuğla dolgu duvarlı betonarme çerçevelerde hasır donatı uygulaması ile güçlendirilme yöntemi incelenmiştir. Bu deneyler sonucunda, güçlendirme yönteminin, ekonomiklik ve uygulanabilirlik kriterlerinin yanı sıra elemanların yatay yük taşıma kapasitelerinde ve rijitliklerinde önemli artımlar sağladığı gözlenmiştir. Önerilen güçlendirme yönteminin yapının deprem güvenliğine katkısının daha iyi anlaşılabilmesi için, değişik ölçekte ve boyutlarda elemanların kullanıldığı, değişik ankraj detaylarının uygulandığı, duvar güçlendirilmesine ek olarak ilk kat kolon diplerinin ve kolon-kiriş birleşim bölgelerinin de lokal olarak güçlendirildiği, değişik yönelimli ve oranlı hasır donatı uygulandığı durumların da deneysel olarak incelenmesi gerektiğine inanılmaktadır.

Prota, A., Marcari, G., Fabbrocino, G., Manfredi, G. and Aldea., [10], Yapılan deneylerde numune olarak sünger taşı kullanılmıştır. Bu taş cinsi özellikle Akdeniz bölgelerinde bulunan tarihi yapılarda sıklıkla görülmektedir. Bu deney esnasında 12 adet numune kullanılmış ve bu duvarlardan 4 tanesi kontrol numunesi olarak tasarlanmıştır. İçerisinde cam lifi içeren yapıştırıcılar veya çimento esaslı harç yapıştırıcılar numune yüzeyine ağ şeklinde uygulanmıştır. Deney, numunelerin tek tarafı güçlendirilmiş, çift tarafı güçlendirilmiş veya çift kat ile güçlendirilmiş ve benzeri şekilde farklı kombinezonlar ile incelenmesi numune çeşitliliğini oluşturmuştur. Bu numuneler diyagonal yükleme altında incelemeye tabi tutulmuştur ve bu yüklenmenin yapılmasının sebebi düzlem içi deformasyon ve dayanımını belirlenmesidir. Numune çeşitliliği içerisinde özellikle her iki tarafına çift kat olarak cam lifli güçlendirmesi diğer çeşitlilikler arasından kayma dayanımı ve süneklik gibi mekanik özelliklerde gösterdiği özellikler ile farklılık göstermiştir. Yalnızca bir tarafı güçlendirilen numunelerde oluşan düzlem dışı deformasyonlar nedeniyle gevrek göçme modu gözlemlenmiştir.

Elgawady, M.A., Lestuzzi, P., and Badoux, M., [11], Bu deneyde 1/2 ölçekli tuğla duvarları hasır donatı ile takviye edilmiş püskürtme beton kullanarak güçlendirmiş ve aksenal ve yanal yükler altında test edilmiştir. Deneyler, belirli bir miktar hasır donatıyı duvarın tek yüzünde kullanmak yerine iki eşit parça halinde iki yüzde de kullanmanın, duvarın enerji tüketme ve deformasyon kapasitelerine çok büyük ölçüde katkıda bulunduğunu göstermiştir.

Erdem, I., Akyüz, U., Ersoy, U. ve Özcebe, G., [12], CFRP şeritlerle güçlendirme yönteminin etkinliğini göstermek için 1/3 ölçekli iki katlı ve üç açıklıklı iki adet betonarme çerçeve test edilmiştir. Bu çerçevelerde alt kat üst kata göre daha yüksek olarak tasarlanarak, yanal yükler altında zayıf kat oluşması sağlanmıştır. Bu çerçevelerden bir tanesi iki katın da orta açıklığına tuğla dolgu duvar ekleme ve daha sonra bu duvarlara diyagonal CFRP şeritler yapıştırma yöntemiyle, diğeri ise orta betonarme perde duvar ekleme yöntemiyle güçlendirilmiştir. İkinci elemanda perde çerçeveye çelik bağlantı çivileri, birinci elemanda ise polimer şeritler dolgu duvarlara duvar ve CFRP bağlantı elemanları olarak tuğla duvarların, betonarme perdeler gibi çerçeveye gelen yatay yüklerin büyük bir kısmını çerçevedeki kolonlara düşen yanal kuvvetleri önemli ölçüde düşürdüğünü ve çerçevenin yanal rijitliğini büyük oranda arttırdığını göstermiştir. CFRP şeritlerle güçlendirme yönteminin etkinliğinin artırılabilmesi için şeritleri duvara ve çerçeveye bağlayan bağlantıların sayısının artırılmasının önemi vurgulanmıştır.

İlki, A., Ispir, M., As, F., Demir, C. ve Kumbasar, N., [13], Bu çalışmada 130 yaşındaki bir binanın restorasyon çalışması kapsamında elde edilen tuğlalar ile oluşturulan yığma duvarlar üzerinde güçlendirilme uygulanıp, güçlendirilme malzemesi olarak ise lifli polimer yapı seçilmiştir. Deney etkisi olarak diyagonal çekme etkisi kullanılmıştır. Deney sonuçlarının daha gerçekçi bir hal alması için yapı harcı olarak belirli bir miktarda karışım olarak elde edilen çimento, su, kum ve kireç kullanılmıştır. Elde edilen karışımlar içerisinde yapı özelliklerine en uygun olanı seçilip duvar örülmesinde kullanılmıştır. Kontrol numunesi olarak ayrılan bazı numuneler dışında diğeri numunelerin yüzeyleri cam lifli polimer yapı içeren harç ile örülmüştür. Bu şekilde elde edilen numuneler ile lifli polimerin katman sayısı ve ankraj uygulamasının davranış üzerindeki etkisi incelenmiştir. Yürütülen deneyler

sonucunda yüksek dayanımlı harcın ve lifli polimer uygulamasının dayanımı %157 ile %234 oranında arttırdığı, deformasyon yeteneğini ise %263 ile %388 oranında arttırdığı görülmüştür. Bu deneyler esnasında lifli polimer yapıların numune yüzeyinden ayrılması anında oluşan ani dayanım kaybı gözlenmiş ve bu etki numunelerin göçmesine sebebiyet vermiştir. Bu bileşenler sonucunda numunelerin kapasitesini belirleyen esas bileşenin; lifli polimer, astar veya yapıştırıcının değil tuğlanın çekme dayanımı olduğu vurgulanmıştır. Bu durumlarda ise ankraj uygulaması ile ani dayanım kaybı engellenmiş ve numunelerin sünekliği artış sağlandığı görülmüştür.

Alcaino, P. and Santa-Maria, H., [14], Yüklemeler altında düzlem içi kayma etkisi yaratacak, yatay delikli tuğlalar ile örülmüş yığma duvarları, lifli polimer ile güçlendirme tekniğinin etkisini araştırmak için test etmişlerdir. Bu bağlamda on altı numune; üçü güçlendirilmemiş, on üçü karbon lifli polimer ile güçlendirilmiş numuneler kayma göçmesi eğilme göçmesinden önce gerçekleşecek şekilde tasarlanmış, duvar sonlarına 25 mm çapında çelik donatılar yerleştirilerek test edilmiştir. Zımparalanarak ve harç uygulanarak düzleştirilmiş numunelerin yüzeylerine; lifli polimer yatay bantlar veya yatay ile 45°'lik açı yapan diyagonal bantlar şeklinde tekli veya üçlü olarak uygulanmıştır. Yapılan deneylerde diğer bir parametre ise numunelerin kayma etkini sağlayacak çelik donatının varlığının kontrol edilmesidir. Lifli polimer ile güçlendirilmiş tekniği çelik ile donatılandırılmış numunelerde daha efektif olup çelik ile donatılandırılmamış numunelere göre daha fazla dayanım artışı ve çatlak oluşturan yükün daha büyük değere ulaştığı görülmüştür. Numunelerin yatay rijitliği, eşdeğer sönüm oranı, enerji yutma kapasitesi incelendiğinde, lifli polimer uygulanmasının etkisi olmadığı anlaşılmıştır. Yüzeylerinde yalnızca bir bant bulunan numunelerin; üçer bant bulunduran numunelere göre daha gevrek dayanıksız ve deformasyon kapasitesinin daha az olduğu belirtilmiştir. Diyagonal bant uygulanan örnekler ile yatay bantlı örneklere göre %13-84 oranında daha fazla dayanım ve %51-146 oranında deformasyon kapasitesi artışı görülmüştür.

Öztaş, V., [15], Bu çalışmada incelenen yığma yapının mevcut durumdaki analizi, betonarme perdelerle güçlendirilmiş durumdaki analizi ve lifli polimerle

güçlendirilmiş durumdaki analizi yapılmıştır. Analizin sonuçları şöyle sıralamıştır. Deprem dayanımının güçlendirme öncesine göre güçlendirme sonrasında yapının daha güvenli duruma getirilmesi. Yapıda köşelere yakın kapı ve pencere boşluklarının kapatılması ya da küçültülmesi. Kütle ve rijitlik merkezlerini birbirlerine yaklaştırmak üzere yeni duvarlar eklenmesi. Tek katlı bir yapının iki katlı bir yapıya bağlı olması ya da yapının simetrik olmaması halinde yapının iki ayrı bölüme ayrılarak daha basit yapılara dönüştürülmesi. Yapıda iç ve dış duvarların kesme ve düşey kuvvetlerin doğurduğu gerilmelerin taşıma güçlerinin artırılması gibi sonuçlara varılmıştır.

Coza, H., [16], Bu çalışma kapsamında yapılan deneylerin dolgu duvarlı betonarme çerçevelerin karbon lifli kompozitlerle güçlendirilmesi sonuçlarına göre belirli işlem kriterlerine bağlı kalındığında söz konusu tek ve çift taraflı güçlendirme yönteminin her ikisinin de deney elemanlarının göçme davranışları, yatay yük taşıma gücü, enerji sönümleme miktarı ve rijitlik değerleri bakımından olumlu sonuçlar sağladığı ortaya konmuştur. Deneylerden elde edilen yatay yük-yerdeğiştirme eğrileri değerlendirildiğinde dolgu duvarlı çerçeveler ve güçlendirilen çerçevelerin yanal rijitlikleri, yatay yük taşıma kapasiteleri ve enerji sönümleme değerleri boş çerçeveye göre önemli derecede büyümektedir. CFRP malzemenin tabaka kalınlığı davranışı önemli ölçüde değiştirmiştir. Çift kat CFRP malzemenin etkisi ile erken dayanım kaybı ve kopmanın önüne geçilmiştir. Dolgu duvarın tümünden göçmesinin önlenmesi için, betonarme çerçevenin karbon lifler ile güçlendirilmesi sonucunda dolgu duvar köşe kırılmaları ve çapraz çatlaklar dolgu duvarın tamamına yayılarak belirli bölgelerde toplanması önlenmiştir. Büyük avantaj sağlayan; karbon lif ile güçlendirme, uygulamanın kolaylığı ve yapı kullanım alanının olumsuz etkilenmemesinden dolayı büyük öneme sahiptir. Böylece bu yapılar boşaltılmadan yapının depreme karşı güçlendirilmesi sağlanabilmektedir, sonuçlarına varılmıştır.

Kara, H.G., [17], Tarihi yığma yapıların taşıyıcı sistemleri, güvenliğinin incelenmesi, onarımı ve güçlendirilmesi üzerine yaptığı çalışmada, tarihi yapılarda en çok rastlanılan yığma yapı yapım tekniğini incelemiştir. Tarihi yığma yapıların taşıyıcı sistemleri, kullanılan malzemeleri, tanıtılmış, yürürlükteki deprem yönetmeliği koşullarına göre yığma yapı tasarım ilkelerine değinilmiş, yığma yapılarda oluşan

hasar türleri ve onarım güçlendirme teknikleri incelenmiştir. Ele alınan örnek yapılarla ilgili tahkikler ve sayısal hesaplar verilmiştir. Sonuç olarak duvarlarda oluşan gerilmelerin emniyet gerilmelerini aşmadığı sonucuna varılmıştır. Yapıda yapılan araştırmalar neticesinde güçlendirilmesine gerek duyulmadığı ancak yapının ömrü boyunca iyi bir performans sergileyebilmesi için gerekli bakımların yapılarak rutubetten ve diğer dış etkenlerden uzak tutulması kanaatine varılmıştır.

Yılmaz, E., [18], Boşluklu tuğla ile örülmüş yığma duvarların lp kompozitler ile güçlendirilmesi ve davranışta boyut etkisi üzerine yapılan çalışmada, numuneleri 350×350×70 mm ve 500×500×70 mm boyutlarında iki ana gruptan oluşan bu deneysel çalışmada; 1/3 ölçekli özel fabrika tuğlalarıyla üretilen 24 adet duvar numunesi denenmiştir. Boyut etkisinin ana parametre olarak belirlendiği bu çalışmada diğer parametreler ise yükleme doğrultusu ve CFRP etkisi olarak belirlenmiştir. Diyagonal çekme etkileri altında tam olarak güçlendirilerek denenmiş ve güçlendirme etkisi ile güçlendirme miktarının etkisi araştırılmıştır. Bu deneyler ile elde edilen önemli sonuçlar şu şekildedir: Boyut artışı ile duvar numunelerinin ortalama basınç dayanımının ve kayma dayanımının azaldığı görülmüştür. Boyut artışının numunenin deformasyon ve enerji yutma yeteneği üzerindeki etkisi kayma numunelerinde basınç numunelerine oranla daha etkili olmuş ve büyük bir azalış görülmüştür. Yığma yapıların güçlendirilmesi için CFRP malzemesinin, uygulama kolaylığı, ek yük getirmemesi ve kesit alanının az olmasının yanı sıra dayanım, enerji yutma özelliği, şekil değiştirme yeteneği üzerindeki yapmış olduğu artış ve duvarın parçalanmasını önlediği ve hasar miktarını azalttığını göz önüne bulundurularak iyi bir yöntem olabileceği sonucuna ulaşılmıştır. Numunelerin delik yönündeki göçme şeklinin delik dik yöndeki göçme şeklinden farklı olduğu görülmüştür. Buna delik yönünde kesitin sürekli olmasının delik dik yönde ise süreksiz olmasının neden olduğu düşünülmektedir.

Sevil T., Baran M., Bilir T. ve Canbay E., [19], Bu çalışmada; tuğla dolgu duvarların çelik lif katkılı harç ile güçlendirilmesi yöntemini belirlemek için deneyler yapılmıştır. Bu deneylerde tek açıklıklı ve iki katlı tuğla dolgulu betonarme çerçeveler üzerinde yapılan deneyler, %2 oranında çelik lif ve plastikleştirici içeren harç ile dolgu duvarları güçlendirilen çerçevenin dolgu duvarları güçlendirilmemiş



çerçeveye göre iki kat daha büyük yanal dayanım, yaklaşık üç kat daha büyük rijitlik ve iki kat daha büyük enerji sönümlenme kapasitesine sahip olduğunu sonucuna varılmıştır. FRP malzemelerle ve donatılı püskürtme beton ile güçlendirme yöntemlerine göre uygulaması daha kolay ve az zaman alıcı bir yöntem olduğunu ortaya koymuştur.

Baran, M. ve Tankut, T., [20], Bu çalışmada 11 adet 1/3 ölçekli tek açıklıklı ve iki katlı güçlendirme işleminden önce deprem dayanımı yetersiz olan tuğla dolgu duvarlı betonarme çerçeve, altı farklı çeşit beton panel, duvarlara ince bir epoksi katmanı yardımıyla yapıştırılmıştır. Yapılan deneyler, bu güçlendirme işleminin çerçevelerin taşıma güçlerine önemli oranda katkıda bulunduğunu, panelin duvarı çevreleyen çerçeve elemanları ve temele bağlantı detaylarının çerçevenin yanal yük kapasitesini fazla etkilemese de çerçeve davranışını önemli derecede belirlediğini göstermiştir. Buna göre, çerçevenin deprem davranışındaki en iyi sonucu, panelin dört taraftan da çevre çerçeve elemanlarına ankrajı durumundadır. Bunun yanı sıra ön üretim panellerin dolgu duvarlardaki kayma deformasyonlarını da azalttığı sonucuna varılmıştır.

Araki, H., Yasojima, A. ve Kagawa, J., [21], Bu çalışmada tuğla duvarların en zayıf bölgeleri olarak nitelendirdikleri derz bölgelerine epoksi reçinesi enjeksiyonunun duvarların yanal dayanım, rijitlik ve sünekliklerine etkilerini araştırmışlardır. Deney parametreleri; derzlerde kullanılan harcın dayanımı ve duvara uygulanan eksenel yük olarak seçilmiştir. Yapılan deneylerde, epoksi reçinesi enjeksiyonunun duvarların basınç, kesme ve eğilme dayanımlarını önemli derecede arttırdığı gözlenmiştir. Derzlerde kullanılan harcın dayanımının duvarların kesme ve eğilme dayanımlarını fazla etkilemediğini sonucuna ulaşılmıştır.

Özbek E. ve Can, H., [22], Bu çalışmalarında betonarme çerçeve içindeki mevcut tuğla duvarların güçlendirilmesini incelemiştir. Bu çalışmada karbon lifli kumaşlara alternatif olarak daha ucuz, yerli üretim ve kolay elde edilebilir malzeme olan çelik profiller kullanılmıştır. Konu kapsamında 1/2 ölçekli biri referans olmak üzere altı adet tuğla duvar tersinir tekrarlanır yükler altında denenmiş, sonuçta güçlendirilmiş elemanların dayanımı yaklaşık 3,5 kat; rijitlik ise yaklaşık 3 kat

artmıştır. Çalışmada ½ ölçekli birisi referans beş adet güçlendirilmiş olmak üzere altı adet tuğla duvar tersinir tekrarlanır yükler altında test edilmiştir. Deneysel çalışmadan elde edilen sonuçlar şöyle özetlenmiştir. Kullanılan üçgen levhanın bir kenarı iki tuğla boyunda olan elemanlarda dayanım 3,5 kat; rijitlik ise 3 kat artmıştır. Kullanılan üçgen levhalar köşe bölgelerin ezilmesini geciktirmiştir, gibi sonuçlar elde edilmiştir.

Babayani, R., [23], Delikli çelik levhalarla güçlendirilmiş tuğla duvarların tersinir tekrarlanır yükler altındaki davranış ve dayanımı üzerine çalışmalar yapmıştır. Sıvanmış boşluklu tuğla dolgu duvarların her iki yüzüne delikli sac levhaların bulonlar yardımıyla bağlanarak güçlendirilmesi deney elemanlarının yanal yük taşıma kapasitesini, sünekliğini, rijitliğini arttırmış ve deney elemanlarının davranışını önemli ölçüde iyileştirmiştir. Güçlendirilmiş deney elemanlarının yanal yük taşıma kapasitesi birçok durumda referans deney elemanı dayanımını en az %50 geçmiştir. Artış referans deney elemanına oranla 1,25 kat ile 2,30 kat arasında değişmiştir. Bu yöntem ile güçlendirilen duvarların davranışı beklenenin ötesinde sünek bir davranış göstermiştir. Birçok elemanda dayanımda önemli bir kayıp olmaksızın %10'luk kat ötelenmelerine ulaşılmıştır.

Leone M., Sciolti, M. S. and Aiello, M. A. [24], Bu çalışmada kayma deneyleri; yığma duvarlarda bazalt lifli polimer ile güçlendirmenin etkinliğini değerlendirmek amacı ile yapmışlardır. Kullanılan taşlar; İtalya' ya özgü 10×5×10 cm boyutlarında, basınç ve eğilme dayanımı sırasıyla 19,47 MPa ve 4,31 MPa olan Lecce taşıdır. Numune üretiminde kullanılan harca ait basınç ve eğilme dayanımı sırasıyla 0,40 ve 0,26 MPa olup, 650×650×100 mm boyutlarında 10 adet duvar numunesi üretilmiştir. BFRP güçlendirmesi numunelerin bir kısmında, eksantrisitenin etkisini gözlemlemek amacıyla yalnız bir yüze uygulanırken diğer numunelerde her iki yüze uygulanmıştır. Tekstil malzemenin yüzeye uygulanma şekli deneylerde incelenen bir başka değişkendir. Bazalt lifli malzeme diyagonal bantlar ve yüzeye yayılı grid olmak üzere iki farklı geometride uygulanmıştır. Numunelerin düşey, yatay ve düzlem-dışı deformasyonlarını kaydetmek amacıyla, her iki yüze düşey, yatay ve düzlem dışı LVDT'ler yerleştirilmiştir.

Koçak, Y., [25], Yığma duvarlarda kayma dayanımının artırılması amacı ile farklı bağlantı elemanı uygulamaları üzerine çalışmalar yapmıştır. Temel amacını metal bağlantı elemanları ile güçlendirilmiş taş yığma duvarların kayma dayanımını arttırmak olarak deneye başlamıştır. Bu amaçla taşların yatay ve düşey olarak bağlanmasını sağlayan farklı metal bağlantı elemanları kullanılmıştır. Metal bağlantı elemanı olarak kullanılmak üzere geliştirilen üç yeni kenet tipi deneysel olarak taş yığma duvarlarda uygulanmıştır. Bu kenetler taşlara tek ve çift olarak uygulanmıştır. Bu uygulama sayesinde kayma dayanımı arttırılmaya çalışılmıştır. On farklı taş duvar modelleri üzerinde diyagonal basınç deneyleri yapılmıştır. Bu çalışmalardan elde edilen sonuçlar şöyle sıralanmıştır: Güçlendirilmiş tüm modeller sünek davranış göstermiş ve plastik şekil değiştirme yaparak yük taşımaya devam ettiği gözlenmiştir. Göçme taşların kırılması veya kenetlerin yuvalarından çıkması şeklinde olduğu gözlenmiştir. Kırılma şekli genelde diyagonal doğrultuda gerçekleşmiştir.

Seydanlıoğlu, M., [26], Tuğla duvarların delikli çelik levhalarla güçlendirilmesini ve tuğla duvarların tekdüze yükler altındaki davranışını incelemiştir. Bu güçlendirmeye tuğla duvarların davranışını ve sünekliğine etkilerini araştırmıştır. Birisi referans on ikisi güçlendirilmiş toplam on üç numune üzerinde tekdüze düşey yükler altında deneyler yapmıştır. Kalınlığı sıva ile birlikte 12,5 cm olan tuğla duvarlar güçlendirilerek elemanların dayanımlarında, süneklik oranlarında ve enerji tüketim değerlerinde büyük artışlar sağlandığı sonuçlarına ulaşılmıştır. Tuğla duvarların gevrek kırılma sonucunda parçalanarak dağılması önlenildiği sonucuna varılmıştır.

Ateş, T., [27], İçten ve dıştan donatılı püskürtme beton ile güçlendirilen yığma duvarların düzlem dışı tekrarlı yük altındaki davranışı incelenmiştir. Bu çalışmada, bir model duvar üzerinde gerçekleştirilmiştir. İçten ve dıştan donatılı püskürtme betonla güçlendirilen bir model duvarın, belirli kabuller çerçevesinde tersinir yük etkisi altındaki davranışları incelenmiş ve güçlendirme yönteminin performansı ortaya konulmuştur.

Ramujee, K., [28], Tarafından polipropilen liflerinin betonarme karışımındaki mekanik özellikleri araştırılmış ve deneylere tabii tutulmuştur. Tez sürecinde betonarme karışımına eklenecek olan güçlendirme lifli polipropilenin mekanik

özellikleri Çelik, Cam ve Asbest lif ile karşılaştırılmıştır. Tüm bu numune türlerinin karşılaştırılması esnasında şahit malzeme olması için standart beton da deney sürecine dâhil edilmiştir. Oluşturulan numuneler 7. gün ve 28. gün sıkıştırma mukavemetine göre karşılaştırılmışlardır. Lifli malzemelerin numuneler üzerindeki etkileri incelenmiş ve deney sonucunda yüzdeler olarak artma ve azalmaları sonuç kısmında verilmiştir. Elde edilen sonuçlar grafik içerisinde karşılaştırılıp, yapı olarak lifli katkı malzemelerinin diğer katkı malzemelerine göre daha verimli etki verdiği görülmüştür. Yapılan deneyler esnasında katkı malzemesi olarak kullanılan lifli malzeme oranı %0, %1, %1,5 ve %2 olarak belirlenip, üretilen numunelerde yapılan deneyler bu oranlara göre karşılaştırılmıştır. Deney sonucuna göre lifli yapıların gerilme dayanımı ve basınç dayanımı üzerinde olumlu etkileri gözlenmiştir. Katkı oranları arasında en verimli oran ise %1,5 Polipropilen eklenti oranı seçilmiştir.

J. Milosevic, R. Bento, A. S., Gago M., Lopes, [29], Bu çalışmada; yığma moloz taş duvarlar üzerinde yapılan kesme kuvvetinin test edilebilmesi için yapılan bu deney esnasında yükleme aygıtı olarak diyagonal basınç makineleri kullanılmıştır. Yükleme miktarı artarken, birim değişimler incelenmiştir. Portekiz Lizbon Teknik Üniversitesi bünyesinde yapılan bu deney, bu ülkede yerel olarak çok yaygın kullanılan ayrıca Ortadoğu ülkelerinin tipik yapı tipi olan moloz taşlar ile örülmüş duvar numunelerinin kesme kuvveti altındaki tepkisini ölçmek amacı ile gerçekleştirilmiştir. Deney esnasında üretilen dört adet örme duvardan ikisi su kireci ve diğer ikisi toz kireç ile üretilmiştir. 120×120×70 cm ölçülerinde deneye tabii tutulan bu numuneler üzerinde yapılan bu çalışma; çatlama anı, şekil değiştirmesi ve maksimum dayanımı ölçmeyi hedeflemektedir. Derz tipi değişse dahi tüm numuneler ASTM E519-02 isimli standart kurallarına uygun olarak üretilmiştir. Tüm karışım oranların olabildiğince birbirine yakın olarak tutulduğu ve sonuçları etkileyen tek faktörün derz değişimleri olmasını hedefleyen deney sonuçları ise; Su kireci ile üretilen numunelerin hava kireci ile üretilen numunelerden kesme dayanımı ve kayma dayanımı olarak daha yüksek sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir. Su kireci içeren numunelerin kırılma yüklerinin daha yüksek olduğu da deneyler sonucunda açıkça tecrübe edilmiştir. Diyagonal yükleme deneyleri sonucunda W1 ve W4 olarak adlandırılan Su kireci ile üretilmiş test numunelerinin 372 kN ve 306 kN çıkarken,

W2 ve W3 olarak adlandırılan hava kireci ile üretilen test numunelerinin maksimum yüklemeleri 29 kN ve 28 kN olarak okunmuştur.

Tekeli, H., Akyürek, O., Deniz, M, Hersat, E, Kara, N. ,Tosun U., Kaya, F., [30], Bu çalışma kapsamında “Dolgu duvarların hasır çelik donatılı özel sıva ile güçlendirilmesi” yöntemi incelenmiştir. Bu amaçla, 4 adet aynı yapısal özelliklere sahip betonarme çerçeve üretilmiştir. Bu numunelerden bir tanesi yalın halde bırakılırken, diğer üçünün açıklığı dolgu duvar ile örülmüştür. Tuğla dolgu duvarlı betonarme çerçevelerden iki tanesi, duvar yüzeyine tek taraflı olarak uygulanan hasır donatılı sıva ile güçlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlardan yapılan güçlendirmenin elemanın yük taşıma kapasitesi yanında enerji tüketme kapasitesini de artırdığı görülmüştür. Yanal yük taşıma kapasitesi açısından dolgu duvarlı numunede %120, seyrek ankraj ile güçlendirmede %160 ve sık ankraj ile güçlendirmede %180 yalın numuneye göre artış sağlanmıştır. Güçlendirmenin tek taraflı yapılması nedeniyle güçlendirme uygulanmayan yüzeyde hasar X şeklinde ortaya çıkmıştır. Dolgu duvarlı betonarme çerçevelerin hasır çelik donatılı özel sıva ile güçlendirilmesinin etkinliğinin incelenmesi amacıyla, 4 adet tek katlı, tek açıklıklı ve 1/3 ölçekli aynı yapısal özelliklere sahip betonarme çerçeve üretilmiştir. Bu numunelerden bir tanesi yalın olarak bırakılmıştır. Diğer üçünde açıklığın tamamı dolgu duvar ile örülmüştür. Tuğla dolgu duvarlı betonarme çerçevelerden iki tanesi, duvar yüzeyine uygulanan hasır donatı ile güçlendirilmiştir. Deney sırasında güçlendirilen yüzeyin dolgu duvardan ayrılması ile hasar gelişimi ortaya çıkmıştır. Yapılan deneylerde güçlendirmenin dolgu duvarın tek tarafına uygulanması ile güçlendirilmeyen yüzeyde dolgu duvar hasarı X şeklinde ilerleyerek güçlendirmenin devreden çıkmasına neden olmuştur. Bu nedenle güçlendirme işleminin tek taraflı yerine dolgu duvarın iki tarafına da uygulanmasının çok daha etkili olacağı düşünülmektedir.

Baran, M., Aktaş, M. ve Aykaç, S., [31], Bu çalışmada önerilen güçlendirme yönteminin prensibi yapıda var olan sıvanmış tuğla dolgu duvarların bazılarının, üzerine yapıştırılan şerit beton panellerle güçlendirilerek birer BA dolgu duvara dönüştürülmesidir. Bu amaçla, mevcut çalışma kapsamında ½ ölçeğe sahip toplam yedi adet sıvanmış tuğla duvar elemanı tersinir tekrarlanır yatay yükler altında test edilmişlerdir. Altı adet deney elemanı şerit beton/betonarme (BA) paneller

yapıştırılarak güçlendirilmiştir. Deney sonuçları, beton panel yapıştırma uygulamasının deney elemanlarının yatay yük taşıma kapasitelerini artırdığını ve davranışlarını iyileştirdiğini göstermiştir.

Mezrea, P.E., [32], Tarihi tuğla duvarların tekstil donatılı harç (trm) ile güçlendirilmesi üzerine çalışmalar yapmıştır. Bu deneysel çalışmada duvar numuneleri yaklaşık 755\*755\*235 mm boyutlara sahip, ortalama basınç dayanımı 9,05 MPa harman tuğlası ve 28 günlük basınç dayanımı 1,40 MPa olan harç ile 14 adet duvar numunesi imal etmiştir. Yığma duvar numunelerine diyagonal basınç yüklemesi; tekstil donatılı harç ile güçlendirme öncesi ve sonrası kayma davranışını belirlemek amacıyla yapılmıştır. Herhangi bir güçlendirme uygulaması yapılmadan, iki adet numune referans davranışı belirlemek amacıyla yalın olarak denenmiştir. On adet numune farklı güçlendirme kombinasyonları uygulanarak, iki adet numune ise yalnız düşük dayanımlı harç ile denenmiştir. Düşük dayanımlı ve orta dayanımlı olmak üzere iki çeşit sıva numune yüzeylerine uygulanarak sıva harcının kayma davranışındaki etkisi incelenmiştir. Karbon veya bazalt lifli ızgara malzeme ile güçlendirilme işlemi yapılarak lif cinsinin etkisini değerlendirilmiştir. Ayrıca dört adet numuneye uygulanan süreksiz ankraj uygulaması ile ankrajın kayma davranışındaki etkisi incelenmiştir. Hasar gelişimi gözlenen numunelerin göçme modu belirlenmiştir. Diyagonal basınç yüklemesi altında denen numuneler; maksimum yük kapasitesi, kayma dayanımı, kayma şekil değiştirmesi, kayma modülü ve tüketilen enerji açısından kıyaslanmıştır. Deneysel çalışmadan derlenen veriler ve gözlemler değerlendirildiğinde varılan önemli sonuçlar şunlardır: Yalın olarak denen referans numuneleri dayanımını (herhangi bir güçlendirme uygulaması yapılmadan) aniden yitirerek gevrek biçimde göçtüğü gözlenmiştir. Bazalt lifli ızgara malzeme ile güçlendirme, orta dayanımlı harç ile sıvalı numunelerde kontrol numunelerine kıyasla %327 yük taşıma kapasitesi artışı ve %305 kayma dayanımı artışı sağlandığı belirtilmiştir. Düşey yük taşıma kapasitesi ve kayma dayanımının artışında belirleyici etmenin sıvanın mekanik özelliği olduğu, lif takviyesinin bu artışı desteklediği görülmüştür. Sıvalı numuneler referans numunelere kıyasla daha sünek bir göçme modu izlemiştir. Tekstil donatılı harç ile güçlendirilmiş numuneler hem referans hem de sıvalı numunelere göre oldukça sünek şekilde göçtüğü belirtilmiştir. Sıvalı numuneler referans numuneler ile

karşılaştırıldığında yük taşıma kapasitesi ortalama %57 ve kayma dayanımı %50 artığı saptanmıştır. Bütün bu sonuçlar birlikte değerlendirildiğinde tekstil donatılı malzeme ile güçlendirmenin yığma duvar numunelerinde hem deformasyon kapasitesini hem de kayma dayanımını oldukça ciddi biçimde arttırdığı ve kayma davranışını önemli derecede iyileştirdiği görülmüştür.

Milind V.M., [33], Farklı karıştırma koşulları ve içerikleri içerisinde deney numunesi olarak incelenen beton-polipropilen karışımları, genel işleyiş bakımından diğer deneyler ile fazlası ile benzerlik göstermektedir. Bu tez içeriğinde bahsedilen diğer araştırmalardan en belirgin farklılığı C30 ve C40 gibi yüksek dayanımlı betonlar ile karışımların sağlanması ve gerekli deneylerin bu ürünler üzerinde yapılmasıdır. Karışımlara eklenen polipropilen oranları ise %0, %0,5, %1, %1,5 ve %2 olarak belirlenmiştir. Oluşturulan deney numunelerinin üzerinde kesme dayanım testi, basınç dayanım testi ve şekil değiştirme deneyler ölçülmüş ve gerekli çıktılar grafikler aracılığı ile sonuçlar kısmında belirtilmiştir. Deney sonuçları ise aşağıdaki gibi belirtilmektedir. Deney sürecinde yapılan birçok test sonucunda, %0,5 oran ile karıştırılan fiber malzeme içeren numunenin kesme dayanımının diğer oranlara göre daha yüksek çıktığı görülmüştür. Bu miktarda bir orana gelene kadar yükselme gösteren basınç dayanımı ise %0,5'in üzerine çıktıkça azalmaktadır. Tüm bu sonuçlar göz önüne alındığında en mantıklı ve verimli seçimi yüzdesi olarak %0,5 seçilmiştir.

Verma, Dr S.K., Dhakla, M., Garg, A., [34], İsimli deney gözlemcileri, 4 Nisan yılında 2015 polipropilen fiber malzemelerin betonarme karışımı ile ilgili bir deney yürütmüştür. Deney içeriğinde beton ve fiber malzemelerin karışımları ve yük altındaki tepkileri incelenmiştir. Sonuç kısmında ise öncelikli incelenen çıktılar basınç altında şekil değiştirme miktarları olmuştur. %0, %0,1, %0,2, %0,3, %0,4 olarak seçilen polipropilen karışım oranları sonuç kısmında tekil grafikler olarak nitelendirilmiş ve basınç dayanımları verilmiştir. Deney sonucu içeriğinde dikkat çekici sonuçlar ise şunlardır; %0,2'lik polipropilen fiber oranı olan numune en yüksek basınç dayanımını sağlayan numunedir. Yük altında oluşan ilk çatlaklar gözlemlendiğinde ise en iyi sonucu %0,3 polipropilen fiber oranı ile karıştırılmış numune vermiştir. %0,3 polipropilen fiber ile oluşturulan malzeme aynı zamanda

kayma dayanımı olarak diğer numunelerden daha iyi bir sonuç verdiği de söylenebilecekler arasındadır. Oranları daha önce belirtilmiş olan bu numunelerin basınç-şekil değiştirme sonuçları grafikler halinde sunulmuş ve karşılaştırılmıştır.

Cumhur, A., Altundal, A., Kalkan, İ., Aykaç, S., [35], Bu çalışma kapsamında yapılan deneylerde geçmişte önerilen diğer malzemelere göre daha az maliyetli, daha sünek ve sıva ile daha iyi kenetlenme yeteneğine sahip olan genişletilmiş çelik levhaların dolgu duvarlar üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Çalışma kapsamında, biri referans, toplam 11 adet tam ölçekli güçlendirilmiş deney elemanı, köşegen boyunca tekdüze basınç yükleri altında test edilmiştir. Güçlendirme işleminde mevcut tuğla dolgu duvarların iki yüzüne genişletilmiş çelik levhalar eklenmiş ve bu levhalar birbirlerine bulonlar ile bağlanarak güçlendirilmiştir. Genişletilmiş çelik levha kalınlığı ve bulon aralıkları deney değişkenleri olarak seçilmiştir. Yapılan çalışma sonucunda, genişletilmiş çelik levhalar ile güçlendirilen duvarların çekme gerilmelerinin büyük bir kısmının karşılandığı, duvar üzerinde üç eksenli sayılabilecek bir sargılama basıncının oluştuğu ve bulonlarda akma oluşuncaya kadar duvarın kompozit bir malzeme gibi davrandığı görülmüştür. Genişletilmiş çelik levhaların etkisiyle tuğla dolgu duvarın taşıma kapasitesinde 1,3 kata kadar, rijitlik değerinde 2,2 kata kadar, süneklik değerinde 15,8 kata kadar ve enerji dönüştürme kapasitesi değerinde 17 kata kadar artışlar ortaya çıktığı belirlenmiştir. Bulon aralığının azaltılmasının, levha kalınlığının arttırılmasına göre duvar davranışına daha olumlu katkıları olduğu belirlenmiştir. Ayrıca bulonlara uygulanan ardgerme etkisinin duvarlar üzerinde ortaya çıkardığı yanal basınç ve sargılama etkisi, duvarın taşıma kapasitesini arttırmıştır.



### 3. MALZEME VE YÖNTEM

#### 3.1 Giriş

Yapılan deneylerdeki malzemelerin karakteristik özelliklerinin bilinmesi sonradan yapılacak olan karşılaştırmalar için önemlidir. Yığma duvarların üzerine gelen yükler altındaki davranışının bilinmesi ve sonuçlarının değerlendirilmesi yığma duvarların davranışı için büyük önem teşkil etmektedir. Numunelerin hazırlanmasında kullanılan derz harcı, sıva harcı, katkı malzemeleri ve güçlendirme malzemeleri gerçekleştirilen deneylerde sonuçları ve mekanik özellikleri bu başlık altında incelenmiş ve bilgi verilmiştir.

#### 3.2 Malzeme Özellikleri

##### 3.2.1 Tuğla

Yatay delikli 190×190×85 mm standart tuğlalar ile gerçekte kullanılan taşıyıcı duvarları temsil edecek şekilde numune üretimi amaçlanmıştır. Tuğla numuneleri şekildeki gibi gösterilmiştir.



(a)



(b)

Şekil 3.1. Yatay delikli tuğla örnekleri

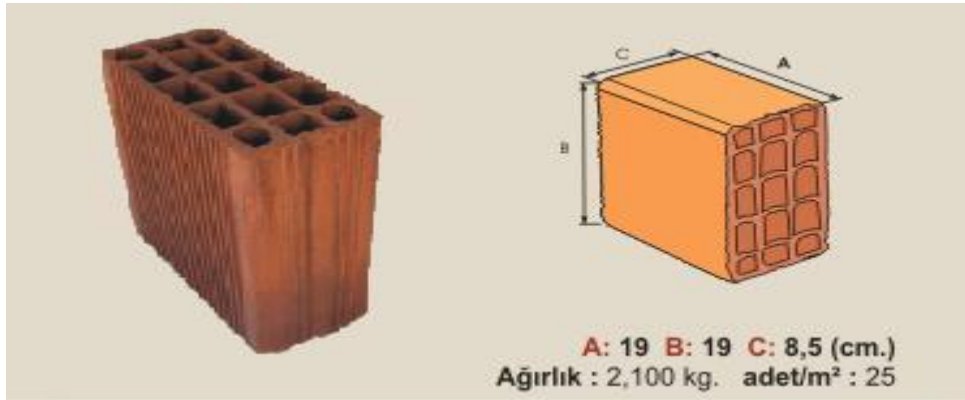
Hacim ağırlığı  $650 \text{ kg/m}^3$  tür. Tuğlaların delikleri doğrultusundaki ortalama basınç dayanımı  $12,5 \text{ MPa}$ , deliklere dik yöndeki ise  $3,5 \text{ MPa}$  olarak belirtilmiştir.

Tuğlaların boyutları ve standart birim hacim ağırlıkları ölçülmüştür ve aşağıdaki tabloda belirtilmiştir.

8,5 Tuğla			
	Tip (Ts En 771-1) :	Kategori II - LD	Ağırlık (kg) : 2
	Boyut :	$19 \times 8,5 \times 19 \text{ cm}$	Basınç Dayanımı : $2,5 \text{ N/mm}^2$
	Sipariş Kodu :	SEB	Isı İletkenlik Hesap Değeri( $\lambda_h$ ) : $0,32 \text{ W/mK}$
	Duvar Kalınlığı :	$8,5 \text{ cm} - 19 \text{ cm}$	Hacim Ağırlığı : $650 \text{ kg/m}^3$
	Sarfiyat ( $\text{ad/m}^2$ ) :	(25 - 62)	<b>CE PERFORMANS ETİKETİ</b>

Şekil 3.2. Yatay delikli tuğlanın mekanik özellikleri [36]

Tuğla boyutları a, b ve c sırası ile; uzunluğu, yüksekliği ve genişliği temsil etmektedir.



Şekil 3.3. Yatay delikli tuğlanın boyutlarının gösterimi [37]

### 3.2.2 Derz Harcı

Derz harcında kullanılan numunelerin standart karışımlar yönetmeliklerden alınıp duvarların derz harcına yetecek şekilde alınan kum + çimento + su oranları belirli katsayılarla çarpılıp harç hazırlanmış ve bu harçlar numunelerin üretiminde

kullanılmıştır. Kum oranı 0,7144, çimento oranı 0,1922 ve su oranı ise 0,0933 olarak alınmıştır. Su çimento oranı ise 0,4855 olarak uygulanmıştır.

Harç karışım oranları aşağıda gösterilmiştir.

Çizelge 3.1. Standart derz harcı karışım miktarları

Numuneler	KUM (gr)	ÇİMENTO (gr)	SU (gr)	KATKI (gr)
KATKISIZ	1429	519,83	225,17	-

Derz harcının hazırlanmasında Çimko tarafından üretilen 42,5 çimento, Solak Ticaret tarafından satışa sunulan dere kumu kullanılmıştır. Harç hazırlama aşamaları aşağıda gösterilmiştir.



(a)



(b)



(c)

Şekil 3.4. Derz harcı yapım aşamaları

Harcın mekanik özelliklerinin belirlenmesi için daha önceden aynı karışım oranlarıyla harç numuneleri alınmıştır. Harç numunesini koyulacak kalıplar önceden temizlenmiş yağlanmış ve boşluk kalmamasına özen gösterilmiştir. Kalıplara sarsma işlemi uygulayarak harcın kalıba iyice yerleşmesi sağlanmıştır. Özelliklerini belirlemek için alınan harç numunelerinin boyutları 100×40×40 mm olup isimlendirme şekilleri ise içine katılan katkı malzemesi şeklinde yapılmıştır.



(a)

(b)

Şekil 3.5. 7 günlük ve 28 günlük deneyler için hazırlanan hazırlan numuneler



(a)

(b)

Şekil 3.6. Numunelerin kür havuzunda bekletilmesi



Harç numuneleri 7 ve 28 gün eğilme ve basınç deneylerine tabi tutulmuştur. İlk olarak üç nokta eğilme deneyi gerçekleştirilmiştir. Basınç dayanımı deney düzeneği ve numune hasar durumu Şekil 3.7’de verilmiştir.



(a)



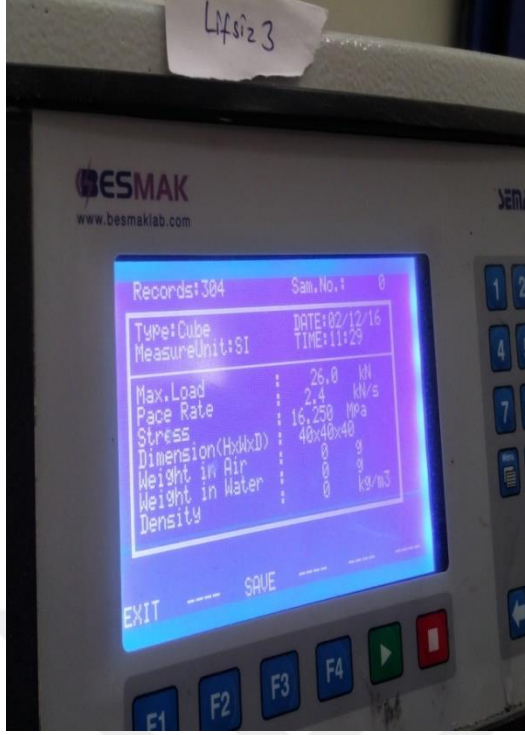
(b)



(c)



(d)



(e)



(f)

Şekil 3.7. Deney düzeneği ve sonuçlarının gösterimi

Çizelge 3.2. 7.gün deney sonuçlarının gösterimi

	7. Gün								
	Eğilme Dayanımı (kN)			Basınç Dayanımı (kN)					
	1. Numune	2. Numune	3. Numune	1. Numune		2. Numune		3. Numune	
Şahit	2,98	3,24	3,12	24,1	23,8	29,5	24,8	26	30,3
Şahit+100 gr su	2,58	2,02	2,7	21,4	22,1	23,8	25,8	20,2	19,8

Deney sonuçlarını alırken eğilmeye her deney grubunda bulunan elemanlardan 3 tane numune alınmıştır. Basınç deneyinde ise eğilme deneyinden ayrılan parçaların her biri için ayrı ayrı basınç deneyi uygulanmıştır. (2×3) Toplamda her deney için 6 adet numune incelenmiştir.

### 3.2.3 Sıva

Yığılma duvar numunelerinin kayma davranışını ve duvar güçlendirilmesini incelemek için; 3 (üç) adet PVC katkılı sıva harcı, 3 (üç) adet siyah polimer lif katkı

sıva harcı ve Geogrid ile güçlendirilmiş duvar için ise standart sıva harcı karışımı hazırlanılıp kullanılmıştır.

Birinci hazırlanan sıva harcı için; ACI yönetmeliğine uygun şekilde standart harç numunesi hazırlanmıştır. Kum, Çimento ve Su bileşenlerinden oluşan bu karışım içerisinde sırası ile ağırlıkça karışım oranları; 0,7144 kum, 0,1922 çimento ve 0,093 su olarak hazırlanan derz karışımı derz ve standart sıva harcı duvar yüzeyine uygulanmıştır. Sıva harcının mekanik ve karakteristik özelliklerini belirlemek için Çizelge 3.3.'de gösterilen miktarlar izlenilerek 100\*40\*40mm boyutlarında harç numuneleri alınmıştır.

Çizelge 3.3. Standart derz harcı karışım miktarları

Numune	KUM (gr)	ÇİMENTO (gr)	SU (gr)	KATKI (gr)
KATKISIZ	1429	519,83	225,17	-



(a)



(b)





(c)



(d)

Şekil 3.8. Sıva harcı hazırlama aşamaları

Bu numuneler üzerinde 7. Gün ve 28. Gün içerisinde eğilme ve basınç deneyleri yapılmış ve sonuçlar alınmıştır. Numunelere ait ortalama 7.gün eğilme ve basınç dayanımları ile ilgili istatistiksel bilgiler Çizelge 3.4.'te verilmiştir.



(a)



(b)

Şekil 3.9. Eğilme ve basınç deneyi aletleri



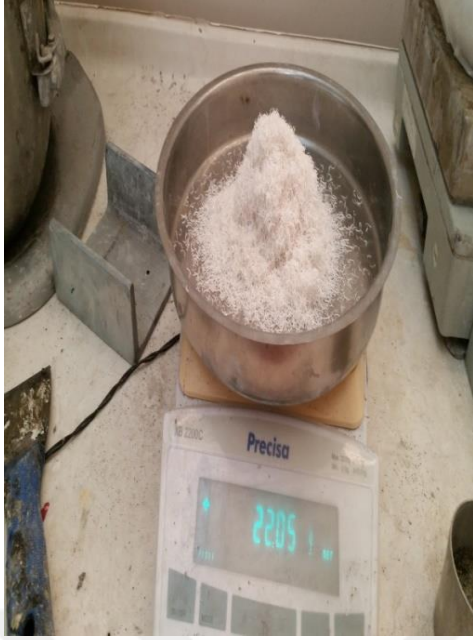
Çizelge 3.4. 7.gün standart harç deneyi sonuçları

7. Gün									
	Eğilme Dayanımı (kN)			Basınç Dayanımı (kN)					
	1. Numune	2. Numune	3. Numune	1. Numune		2. Numune		3. Numune	
Şahit	2,98	3,24	3,12	24,1	23,8	29,5	24,8	26	30,3
Şahit+100 gr su	2,58	2,02	2,7	21,4	22,1	23,8	25,8	20,2	19,8

İkinci çeşit sıva oluşturulurken, yapı olarak benzer, karışım olarak farklı bir sıva harcı oluşturulup, karşılaştırma işleminin karışımlar üzerinden değerlendirilmesi öngörülmüştür. Sıva içerisine eklenecek bir katkı malzemesi olarak PVC kullanılmıştır. Bu malzemenin katkı olarak kullanılmasının esas sebebi, geri dönüşüm döngüsü içerisinde kullanılabilir bu malzemenin yapı üzerindeki olumlu-olumsuz etkilerini gözlemlemek olarak öngörülmüştür. Aynı zamanda bu atık malzemenin maliyet bakımından ucuz ve kullanılabilir olması basit, ayrıca çabuk bulunabilir olması, standart sıva oluşturma prosedürünü süre olarak uzatmaması bu malzemenin seçiminde etkin rol oynamıştır. Bu harç karışım sırası ile kum, çimento, su ve atık katkı malzemesi (beyaz lifli PVC) bileşenlerinden oluşur. Bu karışım içerisinde sırası ile ağırlıkça karışım oranları; 0,6396 Kum, 0,2360 çimento, 0,1146 Su ve 0,0096 PVC olarak sıva harcı duvar yüzeyine uygulanmıştır. Sıva harcının mekanik ve karakteristik özelliklerini belirlemek için Çizelge 3.5.'te gösterilen miktarlar izlenilerek 100\*40\*40mm boyutlarında harç numuneleri alınmıştır. Bu numunelerin üretimi esnasında 7 gün ve 28 gün sonra numuneler üzerinde eğilme deneyi ve standart basınç deneyi uygulanmıştır. Bu sıva türünün hazırlanma sürecinde hassas tartı ve mikser beton karışımı kullanılarak uygulama sonuçları maksimum verim ile oluşturulan numunelerce hesaplanmış ve uygulamadan uygulamaya geçmeyecek şekilde sonuç vermesi için gerekli özen gösterilmiştir. Deney sürecinde kamera destekli gerekli teknolojik yardım alınarak tüm işlemler kayıt altına alınmıştır.

Çizelge 3.5. Beyaz lif katkılı derz harcı karışım miktarları

Numune	KUM (gr)	ÇİMENTO (gr)	SU (gr)	KATKI (gr)
%5 BEYAZ LİFLİ	1407,02	519,83	252,12	21,98



(a)



(b)



(c)



(d)

Şekil 3.10. Beyaz lifli katkı malzemesiyle sıva harcının yapılması

Bu numuneler üzerinde 7. Gün ve 28. Gün içerisinde eğilme ve basınç deneyleri yapılmış ve sonuçlar alınmıştır. Numunelere ait ortalama 7.gün eğilme ve basınç dayanımları ile ilgili istatistiksel bilgiler Çizelge 3.6.'da verilmiştir.



(a)

(b)

Şekil 3.11. Beyaz lifli karışımla oluşturulmuş numunelerin 7. gün ve 28. Gün basınç deneyleri

Çizelge 3.6. 7.gün beyaz lif katkılı atık (PVC) malzemeyle hazırlanan harç deneyi sonuçları

	7. Gün								
	Eğilme Dayanımı (kN)			Basınç Dayanımı (kN)					
	1. Numune	2. Numune	3. Numune	1. Numune		2. Numune		3. Numune	
%3 Beyaz atık	1,69	3,07	1,92	29,2	17,6	27,2	26,5	27,1	28,4
%5 Beyaz atık	2,14	2,64	2,21	25,5	23,9	23,7	23,6	23,8	24,4
% 10 Beyaz atık	1,12	1,14	1,05	13,89	14,28	10,7	10,3	14,05	21,55

Üçüncü çeşit sıva oluşturulurken de, yapı olarak benzer, karışım olarak farklı bir sıva harcı oluşturulup, karşılaştırma işleminin karışımlar üzerinden değerlendirilmesi öngörülmüştür. Sıva içerisine eklenecek bir katkı malzemesi olarak siyah lifli polimer katkı (Polipropilen Fiber) kullanılmıştır. Bu malzemenin katkı olarak kullanılmasının esas sebebi, geri dönüşüm döngüsü içerisinde kullanılacak bu malzemenin yapı üzerindeki olumlu-olumsuz etkilerini gözlemlemek olarak öngörülmüştür. Bu katkı malzemesinin eklenmesi ve deneylere tabii tutulmasının esas sebebi, PVC katkı ve bu katkı türünün standart katkı tipi ile karşılaştırılmasını sabit veriler üzerinden sağlamaktır. Kum, çimento, su ve katkı malzemesi siyah lifli

polimer katkı (Polipropilen Fiber) bileşenlerinden oluşan bu karışım içerisinde sırası ile ağırlıkça karışım oranları; 0,6304 Kum, 0,2410 çimento, 0,1170 Su ve 0,0129 Siyah Lifli polimer katkı (Polipropilen Fiber) olarak sıva harcı duvar yüzeyine uygulanmıştır. Sıva harcının mekanik ve karakteristik özelliklerini belirlemek için Çizelge 3.7.'de gösterilen miktarlar izlenilerek 100\*40\*40mm boyutlarında harç numuneleri alınmıştır. Bu numunelerin üretimi esnasında 7 gün ve 28 gün sonra numuneler üzerinde eğilme deneyi ve standart basınç deneyi uygulanmıştır. Bu sıva türünün hazırlanma sürecinde de hassas tartı ve mikser beton karışımı kullanılarak uygulama sonuçları maksimum verim ile oluşturulan numunelerce hesaplanmış ve uygulamadan uygulamaya değişmeyecek şekilde sonuç vermesi için gerekli özen gösterilmiştir. Deney sürecinde gerekli teknolojik yardım alınarak tüm işlemler kayıt altına alınmıştır. Bu prosedür numuneler üzerinde sabit şekilde uygulanmış, uygulamaların kendi arasında da farklılık oluşmasının önüne geçilmiştir.

Çizelge 3.7. Siyah lif katkılı derz harcı karışım miktarları

Numune	KUM (gr)	ÇİMENTO (gr)	SU (gr)	KATKI (gr)
%5 SİYAH LİFLİ	1357,5	519	252	24,7



(a)

(b)

Şekil 3.12. Siyah lifli katkı malzemesiyle sıva harcının hazırlanması

Bu numuneler üzerinde 7. Gün ve 28. Gün içerisinde eğilme ve basınç deneyleri yapılmış ve sonuçlar alınmıştır. Numunelere ait ortalama 7 gün eğilme ve basınç dayanımları ile ilgili istatistiksel bilgiler çizelge 3.8.'de verilmiştir.



(a)



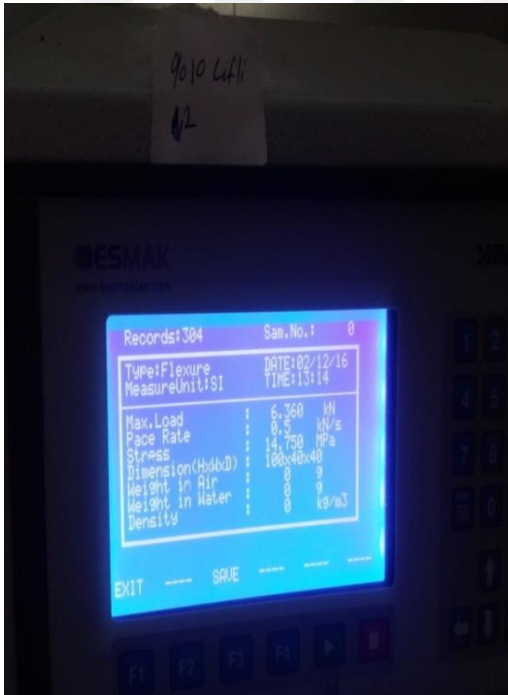


(b)

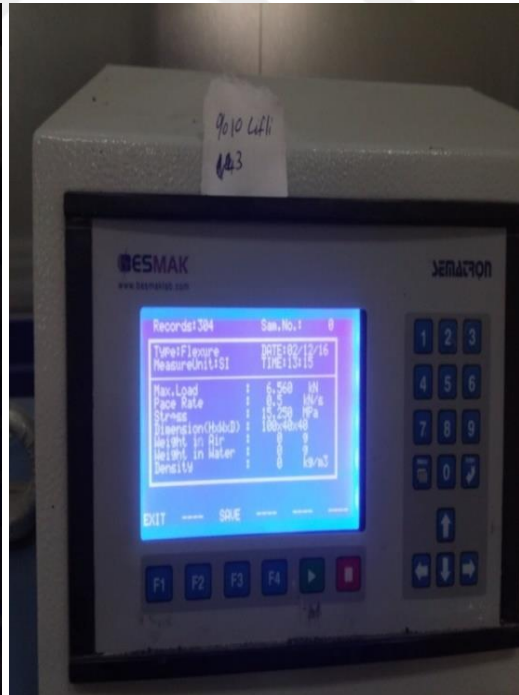


(c)

Şekil 3.13. Siyah lifli karışımla oluşturulmuş numunelerin 7. gün ve 28. Gün basınç deneyleri



(a)



(b)

Şekil 3.14. Siyah lifli karışımla oluşturulmuş numunelerin 7. gün ve 28. Gün eğilme deneyleri

Çizelge 3.8. 7.gün siyah lif katkılı Polipropilen Fiber malzemeyle hazırlanan harç deneyi sonuçları

7. Gün									
	Eğilme Dayanımı (kN)			Basınç Dayanımı (kN)					
	1. Numune	2. Numune	3. Numune	1. Numune		2. Numune		3. Numune	
%5 Lifli	2,85	3,14	4,42	29,7	34,4	37,8	41,1	43,95	46,1
% 10 Lifli	6,77	6,36	6,56	39,5	38	40,6	43,6	45,3	47,25

### 3.2.4 Polipropilen (PP)

Kimyasal açılımı “ $C_nH_{2n}$ ” olan ve otomotiv ve tekstil üretimlerinde özellikle paketleme işlemlerinde işlenen bu bileşen J. Paul Hogan ve Robert L. Banks tarafından 1951 yılında bulunmuş ve 1954 yılında tekstil malzemesi olarak kullanılmıştır.

Maliyet olarak oldukça düşük bir üretim aşamasına sahiptir. Yoğunluk değeri  $0,95 \text{ g/cm}^3$  olan bu malzeme,  $0,95\text{-}1,30 \text{ N/mm}^2$  gerilme direncine sahiptir. Erime Sıcaklığı  $130 \text{ }^\circ\text{C}$  ile  $171 \text{ }^\circ\text{C}$  arasında olan bu materyal, iyi bir elektrik yalıtımı sağlamaktadır. Ayrıca tüm termoplastik işlemlerde kolaylıkla şekillendirilebilir olması otomotiv ve özellikle yiyecek paketleme sektörlerinde etkin olarak kullanılmasına sebep olmuştur. Tüm bu kullanışlı özelliklere karşın, Polipropilen termal genleşme olarak oldukça yüksek, boya ve üzerinin kaplanması zor ve yanıcı olan bu madde gerekli şartlar sağlandığı takdirde oksitlenmeye açık bir malzemedir. Tüm bu olumlu yönleri ile beraber düşünüldüğünde Polipropilen, sanayi firmaları tarafından oldukça işlenen aynı zamanda işlenme sürecinde atık malzeme oluşturan bir maddedir. Geri dönüşüme elverişli yapısı ve yüksek bulunabilirlik oranı ile Polipropilen kullanışlı bir katkı malzemesi, ayrıca iyi bir geri dönüşüm örneği oluşturabilmektedir.



Şekil 3.15. Beyaz lifli (Polipropilen (PP)) PVC atık malzemesi



Şekil 3.16. Beyaz lifli (Polipropilen (PP)) PVC atık malzemesinin harçla karıştırılmış hali

### 3.2.5 Siyah Lifli Polimer Katkı (Polipropilen Fiber)

Deney sürecinde katkı malzemesi olarak kullanılan bu ürün, %100 sentetik olarak üretilip, %85'lik kısmı Propilen'den dönüştürülerek oluşturulur. Monomer yapıdaki hali Propilen olarak adlandırılan bu malzeme petrol işlenmesi ile oluşan üründür. 1951 yılında ilk defa polimerize edilen bu ürün, 1954 yılında sanayi ürünlerinde



kullanılan haline getirilerek günümüze kadar aktif olarak hammadde pazarında yerini almıştır. Piyasa kullanımını olarak üç farklı çeşit bulunduran bu maddenin genel olarak 12 mm'lik türü tercih edilmektedir. Bu çeşitler 6 mm, 12 mm ve 24 mm'dir. Karışım genel itibari ile Çimento/Su oranı 0,45 civarında tutularak ekstra katkı malzemesi eklenmiştir. Araştırmalar ve diğer tüm deneyler göz önüne alındığında işbu oranın Polipropilen Fiber katkısının maksimum katkıyı sağladığı oran olarak belirlenmiştir. Yüzde kırk ile yüz aralığında şekil değiştirme ile esneme sağlayabilen bu ürünün 140 °C'de yapısal olarak yumuşamaya başlar ve 160 °C'ye erişince kaynama noktasına erişir. Bu özellikleri ile yangın durumunda bile yapısını koruyarak gerekli yangın dayanımını sergiler. Çekme gerilmesi dayanımı 190-590 MPa olarak ölçülen bu maddenin yoğunluğu ise 0,91 kN/m<sup>3</sup>'dir.

Polipropilen Fiber sıva ya da beton ile karıştırıldığında, yüklemeye altında dayanımı, kırılma dayanımı, süneklik değeri, yangın dayanımı ve mukavemeti artar. Diğer katkı malzemeleri ile karşılaştırıldığında ise karışım sonrası toplam ağırlık, plastik kırılma dayanımı, maliyet, su ve kimyasal madde geçirgenliği azalmaktadır. Sıva ile karışımı halinde esneme özelliği ve plastik yapısı ile gelen yüklerin noktasal olsa dahi duvara yayılı etki etmesini, duvarın sıva kısmının bölgesel değil beraber çalışmasını, süneklik değerini arttırdığı için basit kırılma çatlama durumlarının azalmasını sağlamaktadır. Bu özellikler ile Polipropilen Fiber, renklendirilmiş iplik, plastik malzeme işlenmesi, eldiven üretimi, kıyafet üretimi ve nonwovens üretimi başta olmak üzere birçok sektörde aktif olarak hammadde olarak tercih edilmektedir. Kolay bulunabilmesi ve sunduğu verimliliğin yanı sıra ucuz olması bu ürünü tercih edilebilir kılmıştır ve yapılan araştırmalar daha uzun süre bu durumun değişmeyeceğini göstermektedir.

Çizelge 3.9. Polimer fiber (siyah lifli katkı) malzemesinin özellikleri

Polimer Fiber	
Özgül Ağırlık	0,91 kN/m <sup>3</sup>
Tekil İplik Yarıçapı	0,9 mm
Tekil İplik Uzunluğu	30; 40; 50 mm (1,18; 1,57; 1,97 in )
Elastisite Modülü	3500 N/mm <sup>2</sup> ( 500,000 psi )
Maksimum Uzama	%15
Su emme Katsayısı	0
Erime Noktası	475 °C ( 350 °F )
Tutuşma Noktası	360 °C ( 680 °F )
Asit Dayanımı	Yüksek
Isı İletimi	0,2 W/mK - 20 °C
Elektrik İletimi	Düşük

Polimer Fiber tamamı ile Polipropilen'den üretilen ve mekanik deformasyon oranını maksimum derecede düşüren bir katkı malzemesidir. Fiberler güçlendirilmesi yapılacak karışıma, karışım su ile etkileşime geçtiği anda katılmaktadır. Bu sayede daha iyi bir karışım sergileyecektir. Özgül ağırlığı düşük olan bu malzeme genellikle 9 kg (29 lb)'lık karton koliler ile taşınmaktadır. Diğer özellikleri ise yukarıdaki tabloda gösterilmiştir.



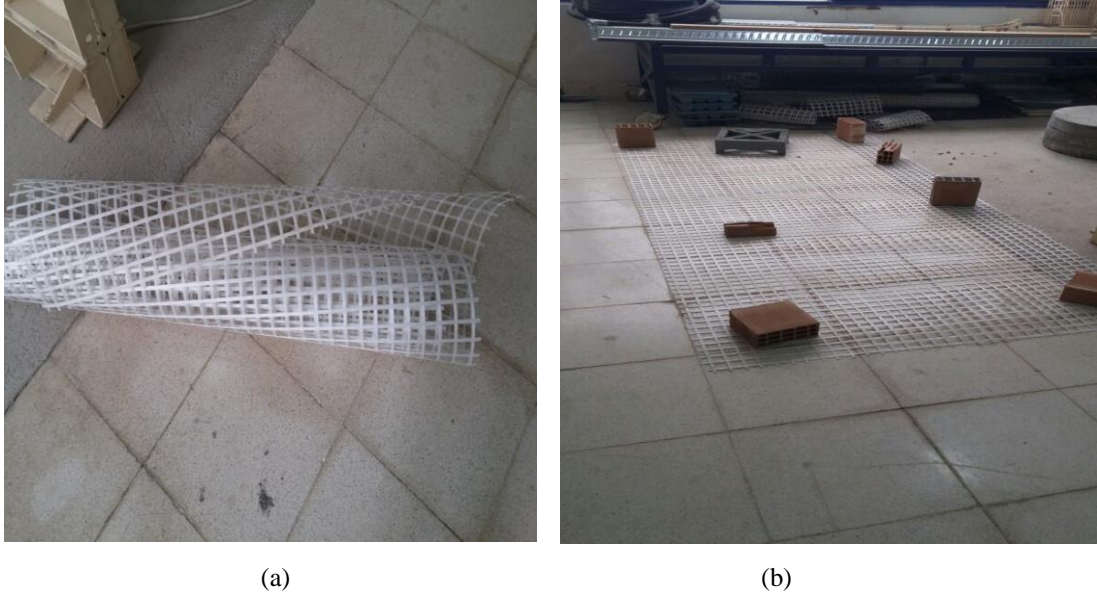
(a)

(b)

Şekil 3.17. Siyah lifli polimer katkı (Polipropilen Fiber)

### 3.2.6 Geogrid Malzeme

Diğer güçlendirme malzemelerinin aksine yapı sektöründe sıklıkla kullanılan bu malzeme çeşidi tek yönlü veya çift yönlü kullanılabilen bir plastik zemin donatısıdır. Zemin üzerine gelen taşıma kapasitesinin arttırılması için kullanılan bu güçlendirme çeşidi, çekme yüklerini üzerine alarak yükün daha geniş bir alanca emilmesini sağlamaktadır. Ağ yapılı bir esnek malzeme olması sayesinde deprem yükü ya da trafik yükü gibi dinamik yüklerin emilmesinde büyük rol oynar. Bu özelliğini düşük rijitlik ve yüksek süneklik oranı ile sağlar. Ayrıca yüksek süneklik değeri sayesinde kırılım göstermeyip, beton vb. rijit yapı elemanlarına göre çok daha uzun ömürlü çözümler sunabilir. Plastik türevlerinden oluşturulan bu malzeme, korozyon gibi bir risk içermeyip, ucuz hammaddesi sayesinde beton ve benzeri ürünlere göre çok daha ucuzdur. Yoğunluk olarak düşük olan bu malzemenin taşınması ve kullanımı oldukça rahat ve hızlıdır. Sünek yapısı sayesinde yüksek çekme gerilimini dahi sönmülebilmektedir. Bu malzemenin kullanım yeri sıklıkla zeminler olmasının esas sebebi budur. Bu deney esnasında çekme geriliminin sönmülenme etkisini göz önüne alacak olunursa, uygun bir güçlendirme malzemesi olup, ayrıca kullanım ve temin bakımından da oldukça kullanışlıdır. Diğer lifli polimer güçlendirici destek ürünleri gibi harç içine katılmaktansa numune yüzeyine sabitlenen bu sistem, oluşturduğu yüzey alanı sayesinde sadece diyagonal basınca değil, yatay yüklerin dayanımına da olumlu yönden katkıda bulunabilmektedir.



Şekil 3.18. Geogrid malzemenin ilk hali Geogrid malzemenin düz durması için serilmiş hali

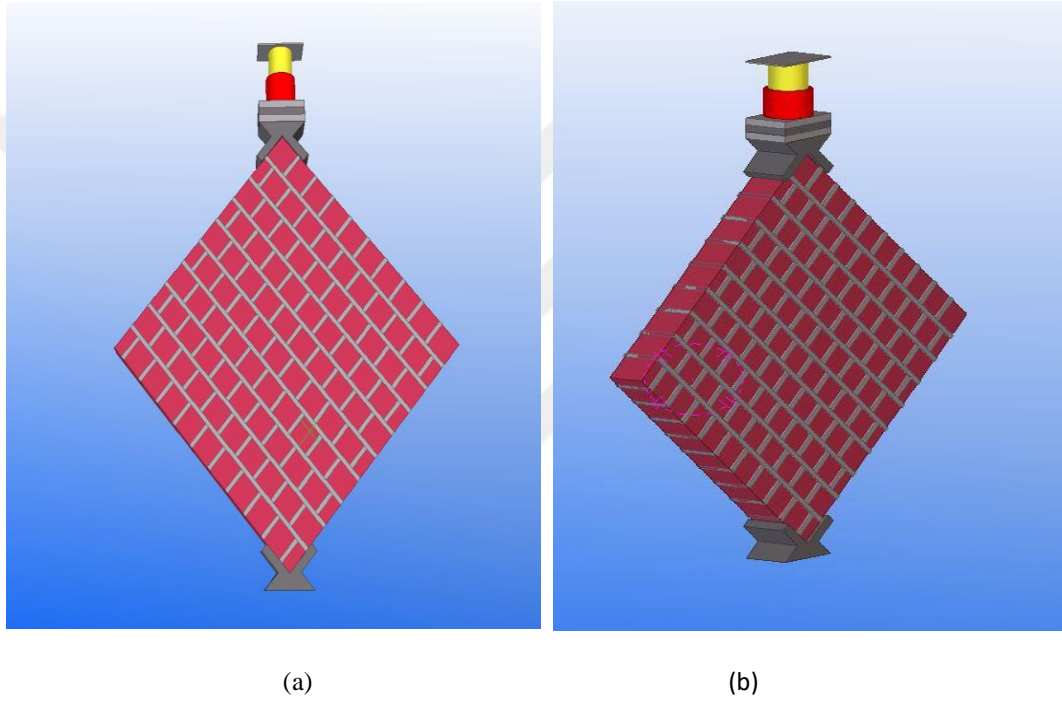
### 3.3 Deney Düzenegi

#### 3.3.1 Yükleme Düzenegi

Diyagonal basınç yüklemesi ile birlikte duvar ve sıva katkılarının maksimum durumlarda davranışının ölçümünü hedefleyen bu çalışma içerisinde, Hidrolik kriko ve Yükölçer sistemlerini içeren İskenderun Teknik Üniversitesi tarafından kullanımımıza sunulan sistemlerden yararlanılmıştır. Çelik yükleme başlığı üzerine yerleştirilen duvar numunesi diyagonal basınç altında tutularak gerekli ölçümler sağlanmaktadır. Anlık olarak ölçülen yükleme miktarlarının alınabildiği bu sistem sayesinde yükün ne zaman çatlama etkisi yapacağı, ne zaman kırılabileceği, gerekli ekstra cihazların kullanımı ile yapabildiği maksimum yer değiştirme miktarı, çekme ve basınç gerilimleri gibi büyüklükler deneyde aktif olarak ölçülebilmektedir.

Çelik başlıklar içerisine yerleştirilen numunenin Hidrolik kriko ve Yük ölçer yardımı ile basınç altına alınmasını hedefleyen bu sistem, davranışın doğal durumlarda ölçülebilmesi için yassı çelik parçaları kullanılarak sıkıştırılmıştır. Yüklerinin olası bir ani yükleme veya sistem içerisinde noktasal yükleme yapmasını engellemek amacı ile Hidrolik kriko ve Yük ölçer cihazlarının altında kullanılan çelik plakalar desteği ile yük yayılı hale getirilip başlıklar aracılığı ile numune üzerine yüklenir. Düzenegin şema olarak görünümü aşağıdaki fotoğraf içerisinde gösterilmiştir. LVDT

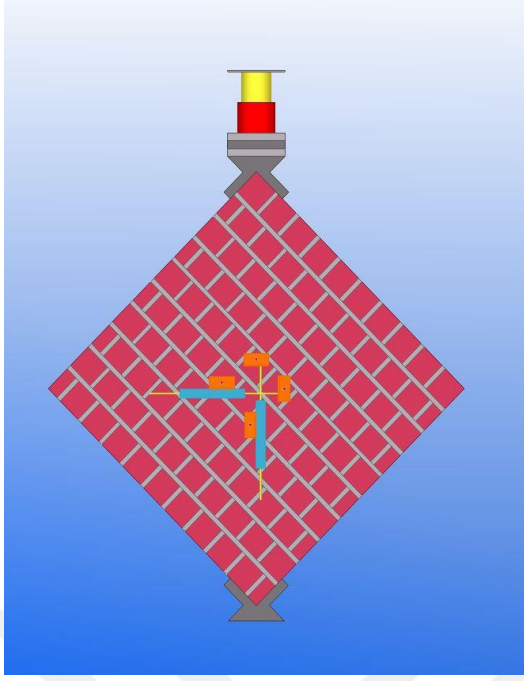
cihazı sayesinde yer değiştirmelerin ölçülebileceği bir ortam oluşturan bu düzeneğ, tarafımızdan oluşturulan 12 farklı numune diyagonal basınç altında gözlemlenmiştir. LVDT cihazının sabitlenmesi ve aynı referansların alınması adına oluşturulan sistem detayları ilgili bölümlerde anlatılmaktadır. Bu tez içerisinde anlatılan ve sonuçların karşılaştırılması ile katkı etkilerinin ölçümünü hedefleyen bu çalışma benzeri tüm çalışmalar benzer sistemler ile çözümlü, aynı referans bilgileri kullanılarak karşılaştırılmaktadır. Olası tüm değişkenlerin sabit varsayımı üzerine gerekli bilgilerin ölçümü daha gerçekçi bir deney sonucu sunacaktır.



şekil 3.19. Yükleme düzeneği ön, yükleme düzeneği yan

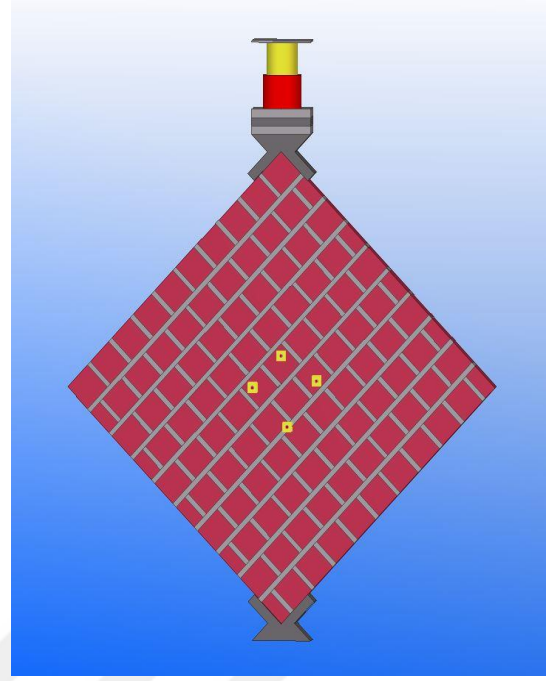
### 3.3.2 Yer Değiştirme Ölçerlerin Yerleştirilmesi

Diyagonal basınç altında numunelerin davranışlarını incelememizi sağlayan bu sistem üzerine yerleştirilen LVDT cihazları yardımı ile yer değiştirme değerleri gözlemlenmektedir. LVDT'ler 0,01 mm ölçebilme hassasiyetine sahiptir.



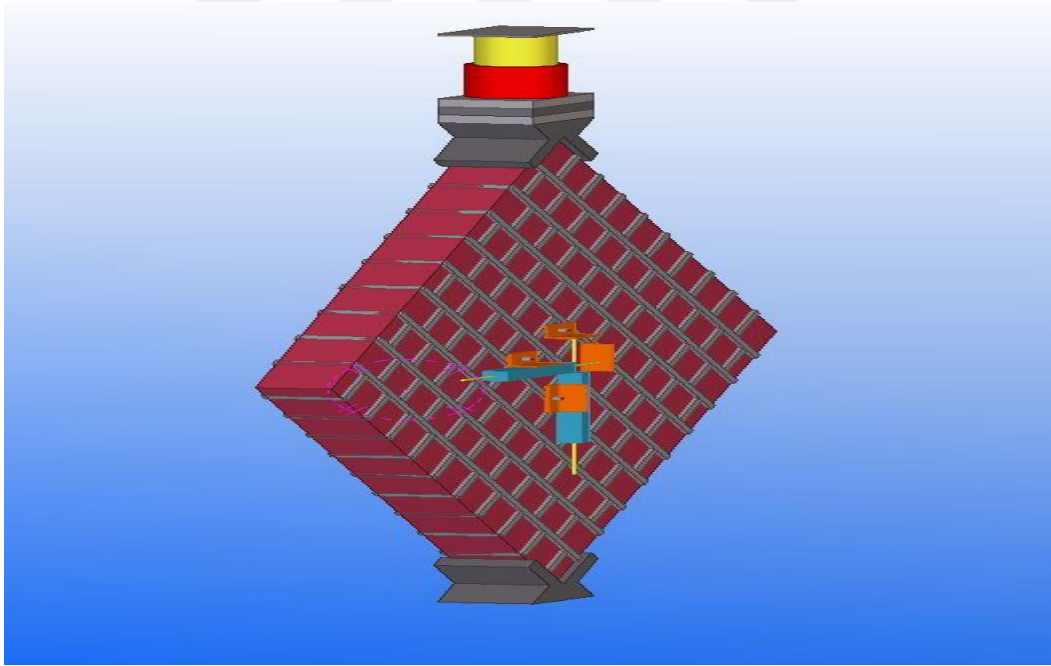
(a)

Yükleme düzeneği LVDT yerleşimi ön



(b)

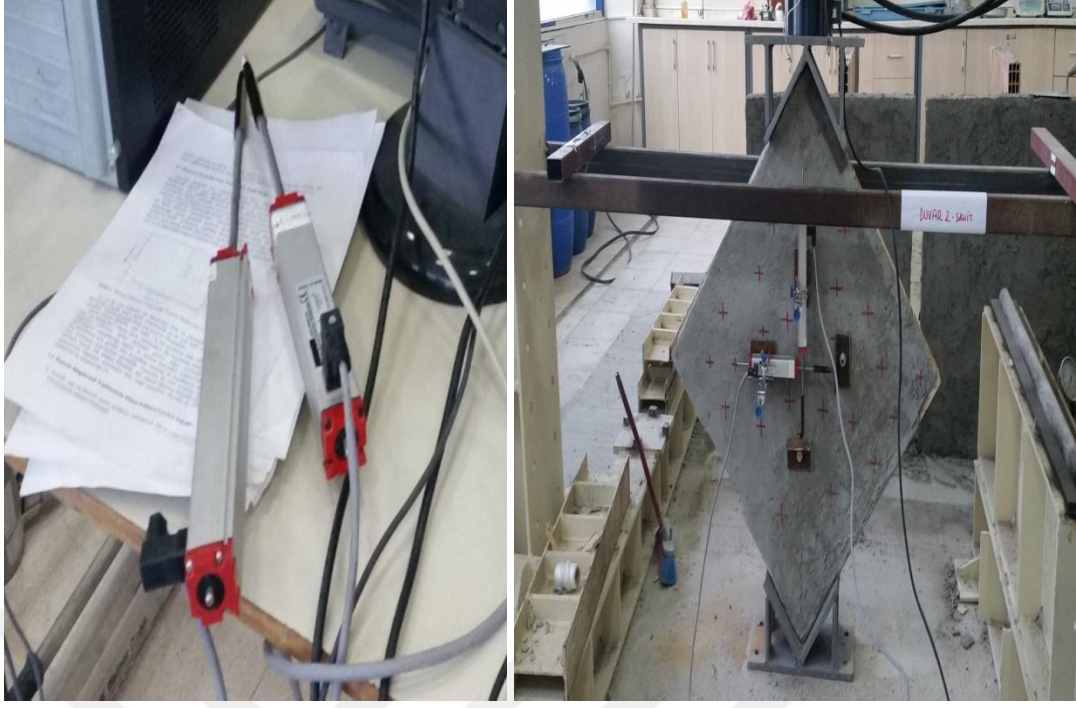
Yükleme düzeneği LVDT yerleşimi arka



(c)

Şekil 3.20. Yüklem düzeneği LVDT yerleşimi yan





(a)

(b)

Şekil 3.21. LVDT'lerin gösterimi ve yerleşimi

12 farklı numune üzerinde uygulanan bu basınç testi sonuçları karşılaştırma için kullanılacağı düşünülürse işbu düzeneğin yerleştirilmesi esnasında referans olarak kullanılan bu malzemelerin sabitlenmesi ve sabitlendiği yerlerin aynı olması daha temiz bir karşılaştırma işlemi yapmamızı sağlamaktadır. Bu işlem yapılırken 80×80×8 L köşebentler ile oluşturulan sabitleme sistemi ve üzerine yerleştirilen LVDT cihazları her numune için aynı prosedür izlenilerek uygulanmıştır. Bu uygulama sırasında ölçümün net yapılabilmesi için Köşebentler 90 derecelik açı ile karşılıklı hem düşey hem dikey yönde yerleştirilerek iki köşebent arasındaki mesafe 30 cm olarak dizayn edilmiştir. Sabitlemek için kullanılan köşebent ve gijon numunenin hem ön hem de arka tarafından pullar ile sabitlenmiştir.



(a)



(b)

Şekil 3.22. L köşebentlerin ön taraftan pullarla ve somunlarla sabitlenmesi



(a)

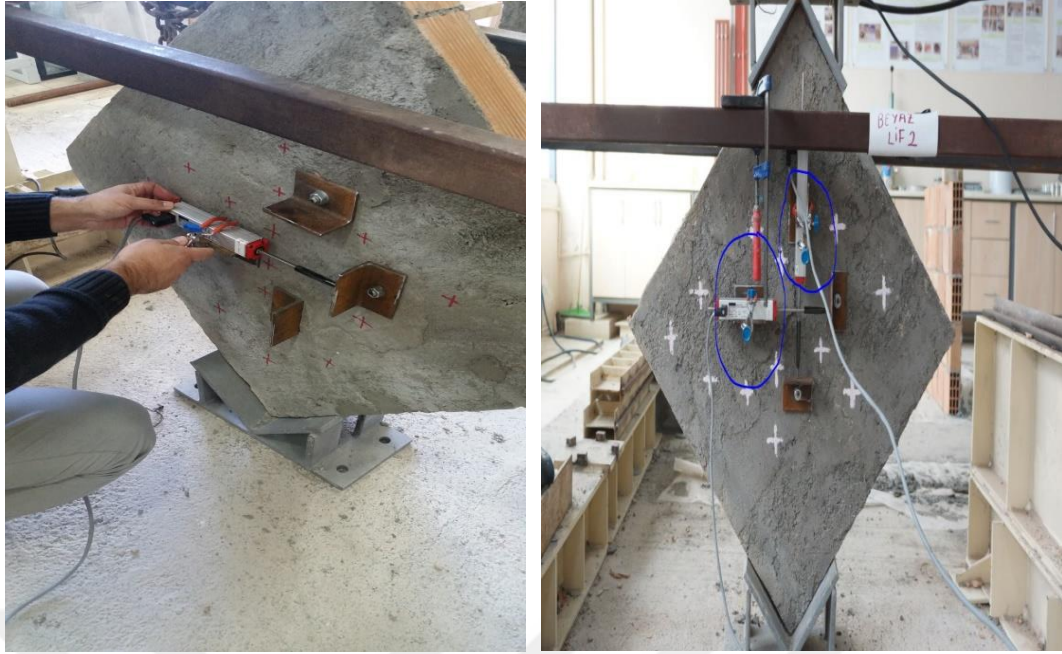


(b)

Şekil 3.23. Gijonların arka taraftan pullarla sabitlenmesi

İşkence adı verilen ve LVDT cihazının sabitlenmesini sağlayan bir yardımcı eleman deney içerisinde kullanılan düzeneklerden biridir.





(a)

(b)

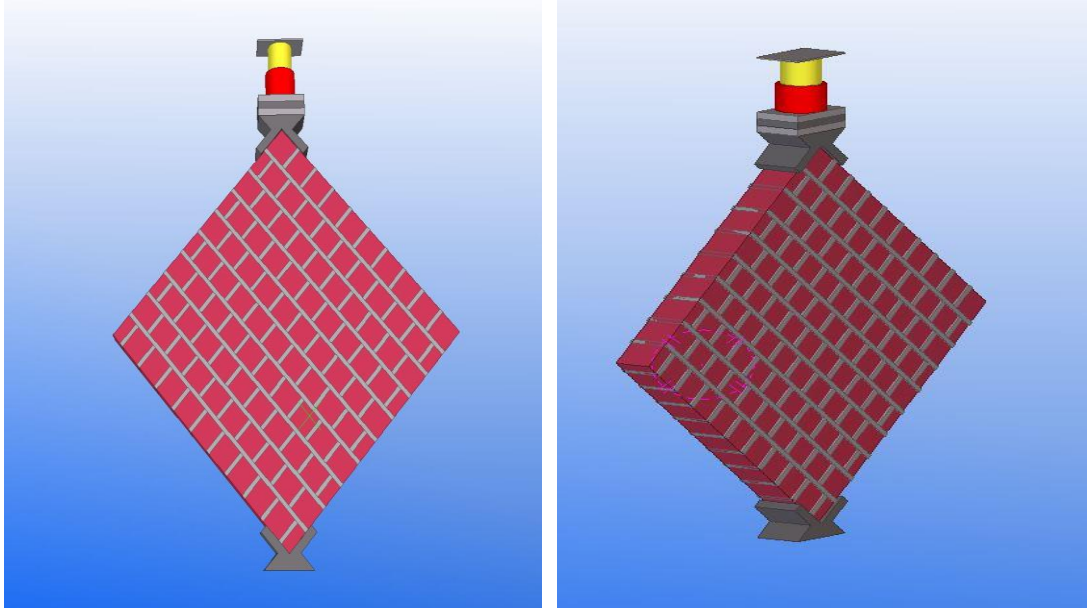
Şekil 3.24. İşkencelerin LVDT 'leri sabitlemesi

Bu malzeme, sıkıştırma alanı içerisinde bulunan plastik tabakalar yardımı ile yer değiştirme ölçeri sabitlemektedir. İçeriğinde yay bulunduran ve 1/100 mm hassasiyetinde ölçüm yapabilmemizi sağlayan bu cihazın numune üzerinde sabitlenmesi ve her numune için aynı prosedürün uygulanması yukarıda anlatıldığı gibi yapılmaktadır. 30 cm köşebent arası değerinin referans olarak belirlenmesi ve bu uzaklığın hem yatay hem düşey aks üzerinde sabit tutularak iki farklı LVDT'nin kullanıldığı bu deney sürecinde, referans değeri olarak seçilmiş 30 cm üzerinden yer değiştirme miktarı net olarak ölçülebilmektedir. Köşebent ve diğer malzemelerin sabitlenmesi için 10 mm matkap ile delikler açılmıştır. Köşebentler gijon, somun ve pullar yardımı ile sabitlenmiştir. Bu montaj esnasında oluşabilecek herhangi bir deformasyonun deney sonucunu direk olarak etkilememesi için tüm deney numunelerine aynı prosedür uygulanmıştır. Tüm değerler ölçülerek gerekli karşılaştırmalar esnasında kullanılmıştır.

### 3.4 Güçlendirme Yöntemleri

#### 3.4.1 Giriş

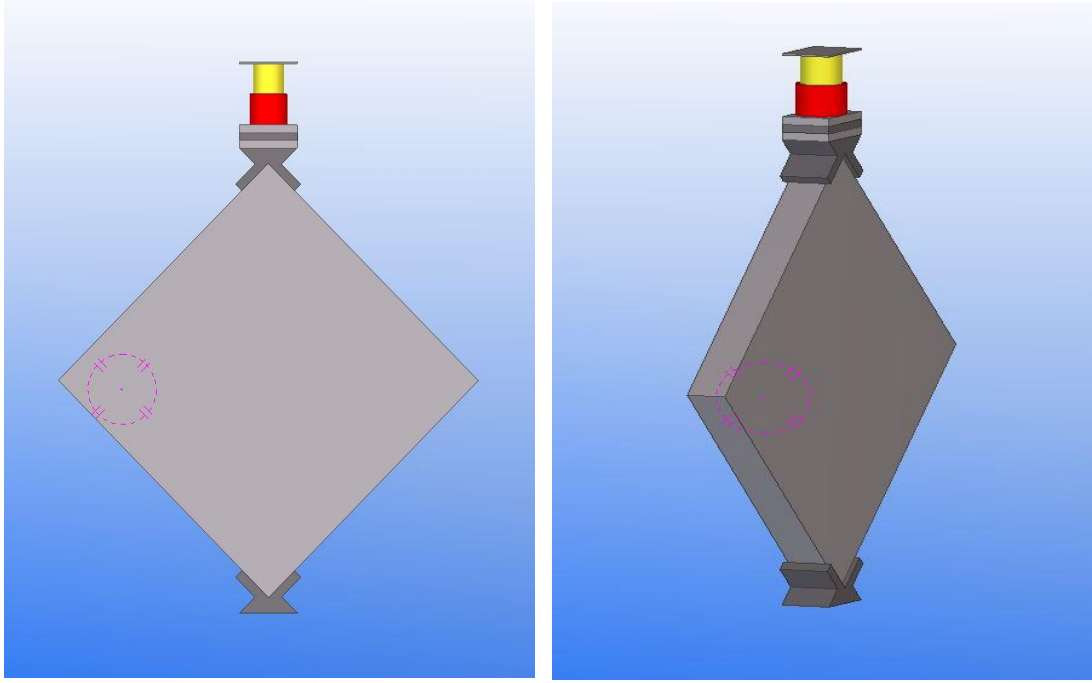
Bu tez içeriğinde anlatılan tüm deneyler İskenderun Teknik Üniversitesi Yapı Laboratuvarı'nda yapılmıştır. Diyagonal basınç altında davranışı ölçülmek istenen sistemler, daha gerçekçi sonuçlar alınabilmesi için 4 farklı çeşit duvar sisteminin 3'er adet numuneler oluşturulmuş ve toplamda 12 adet deney uygulanacak numune elde edilmiştir. Toplam 12 adet deney düzeneğinden oluşan çalışmada; ilk olarak 3 adet duvara standart harç ile hazırlanan derz ve sıva uygulanmış, sonraki üç adet Beyaz lifli polimer (PVC) ile güçlendirilmiş duvarın derzinde standart harç sıvasında ise Beyaz lifli polimer (PVC) ile güçlendirilmiş sıva kullanılmıştır. Sonraki üç adet siyah lifli polimer katkı ile güçlendirilmiş duvarın derzinde standart harç sıvasında ise siyah lifli polimer katkı ile güçlendirilmiş sıva kullanılmıştır. Geogridler ile güçlendirilmiş duvarda derz ve sıvasında ve standart harç kullanılarak 3 adet duvar üretilmiştir. Oluşturulan her numune aynı yöntemle uygulanan diyagonal basınca maruz bırakılarak gerekli ölçümleri kayıt altına alınmış, basınç miktarına göre yapı numunelerinin davranışları ölçülmüştür. Diyagonal basınç deney numunelerinin temsili Şekil 3.25., Şekil 3.26. ve Şekil 3.27.'de gösterilmiştir.



(a)

(b)

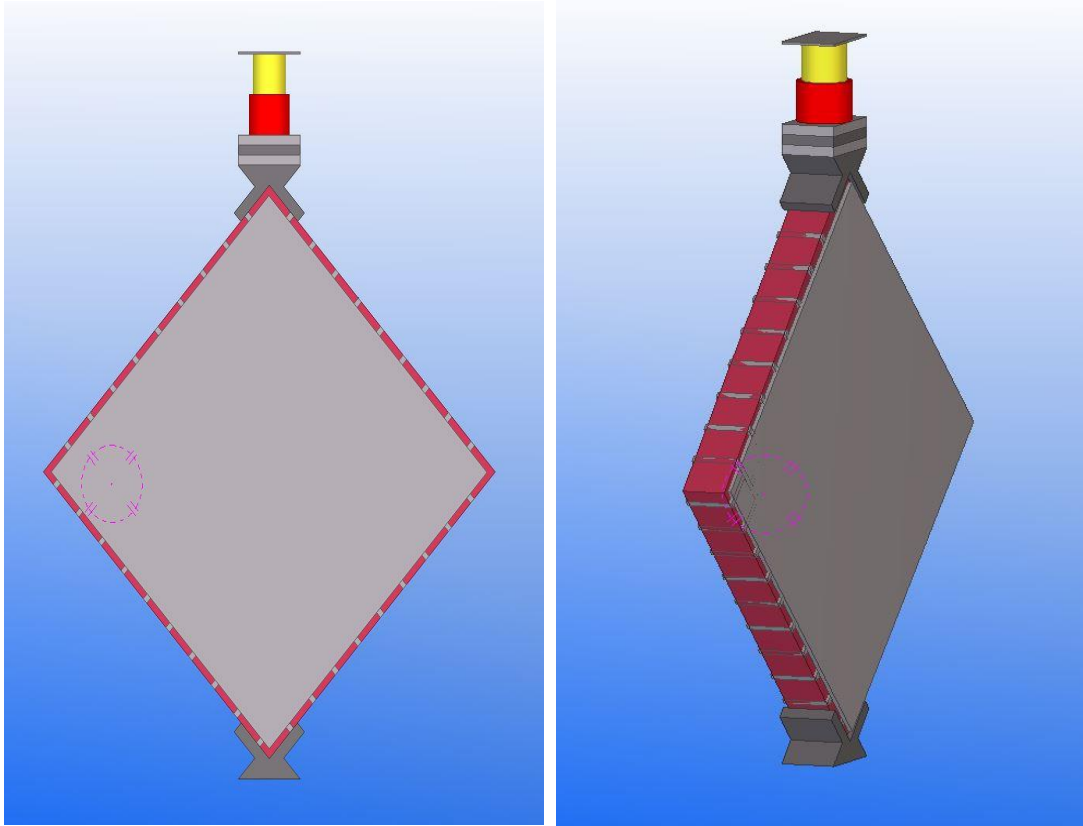
Şekil 3.25. Standart (referans, şahit) duvar numuneleri



(a)

(b)

Şekil 3.26. Sıvalı duvar numuneleri



(a)

(b)

Şekil 3.27. Geogridle güçlendirilmiş duvarlar

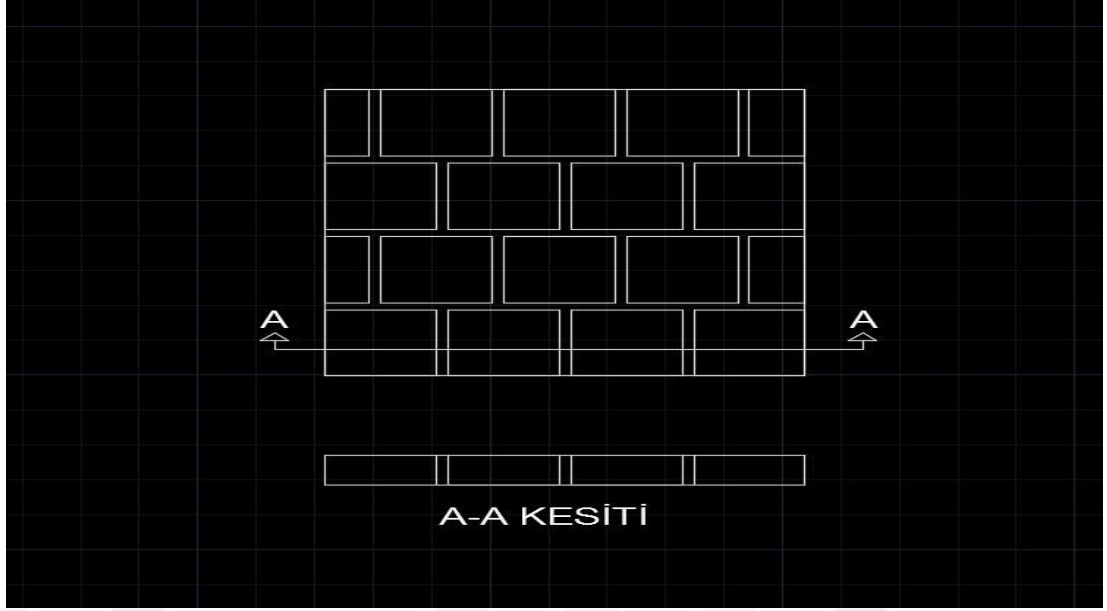
Karışım oranları sıva bölümünde detaylandırılmış olan bu farklı numune sistemleri, çift tarafı sıva ile güçlendirilmiştir. Referans olarak oluşturulan ve standart uygulamaya tabii tutulan numune ise tüm bu deney sürecinde karşılaştırma için sabit tutularak sonuçların karşılaştırılması sonuç bölümünde bulunmaktadır. Benzer özelliklere sahip olan siyah lifli ve beyaz lifli iki duvar sisteminin deney sonuçları hem kendi aralarında hem de standart uygulama ile karşılaştırılarak gerekli sonuçların verimliliği ölçülmüştür. Bir diğer numune türü olan geogrid ile kuvvetlendirilmiş numuneler ise hem kendi arasında hem de diğer güçlendirilmiş numuneler arasında kıyas yapılarak aradaki farklar sonuç bölümünde detaylı anlatılmıştır.

### **3.5 Numune Tasarımı**

#### **3.5.1 Giriş**

Bu tez içeriğinde hazırlanan 12 adet duvar numunesi standart yatay delikli 190×190×85 mm ölçülerinde tuğlalar ile ASTM C109, TS EN 206 ve TS 13515'den alınan standart harç numunesi ile imal edilmiştir. Harç numunesi için daha önceden 7 gün ve 28 günlük ortalama basınç dayanımları için numuneler alınmış ve bu numuneler doğrultusunda harç kullanılmıştır.

Standartta göre numune boyutları minimum olması gereklidir. Bu değerler 1200×1200 mm olarak belirtilmiştir fakat deneysel çalışma İskenderun Teknik Üniversitesi Yapı Laboratuvarlarında gerçekleştirildiğinden yükleme boyutları uygunsuzluğundan numunelerin nominal boyutları 820×820×90 mm olup Şekil 3.28.'de görülmektedir.



Şekil 3.28. Duvar numunelerinin temsili gösterimi ve kesiti

Duvar numuneleri isimlendirilirken içine katılan katkı malzemesini yansıtacak şekilde isimlendirilmiştir. Duvar isimleri sıva çeşidi, lifli malzeme çeşidi ve geogrid detaylarını yansıtacak şekilde belirlenmiştir. Açıklama kısımlarının daha anlaşılır olabilmesi için gerekli isimlendirme detayları kısaltılarak aşağıda gösterildiği gibi sembolize edilmiştir.

Çizelge 3.10. Numune isimlendirme formülü

Deney Elemanı İsmi	Açıklaması
SD	Standart (şahit) numune
SD+100gr Su	Standart (şahit) numune + 100 gr su
SLS-1	Siyah lif katkılı numune 1
SLS-2	Siyah lif katkılı numune 2
SLS-3	Siyah lif katkılı numune 3
BLS-1	Beyaz lif katkılı numune 1
BLS-2	Beyaz lif katkılı numune 2
BLS-3	Beyaz lif katkılı numune 3
GDS-1	Geogrid ile güçlendirilmiş numune 1
GDS-2	Geogrid ile güçlendirilmiş numune 2
GDS-3	Geogrid ile güçlendirilmiş numune 3

SD-n

SLS-n

BLS-n

GDS-n

n = Numune numarası

Her numune çeşidi diyagonal basınç altında denenirken 3'er farklı referans üretilip, olabilecek farklılıklar kayıt altına alınmak istenildiğinden, 'n' ile ifade edilen kısaltma numune çeşidinin sıra numarasını ifade etmektedir. Deney sonucunu yansıtan gerekli tablo içeriklerinde bu kısaltmalar kullanılacaktır. Numune şematik görünümü aşağıda belirtilen çizim ile gösterilmiştir. Numuneler arasındaki değişken ise harç malzemesine yapılan katkılardır.

Tez içeriğinde daha önce de belirtildiği üzere oluşturulan numuneler yapıca benzer, iç özellik olarak farklılık göstermektedir. Sıva kısmında detaylandırılan genel sıva oranları ise muhtemel kullanımları ifade etmektedir. Karışım oranları hesaplanırken, katkı malzemesinin numune üzerinde yapacağı olumlu ya da olumsuz etkilerin deney sonucunda daha belirgin incelenebilmesi için, eklenen katkı malzemesi miktarları değişkenlik göstermiştir. Her değişkenlik oranının kayıt altına alınması ve detaylandırılması sonucunda ise söz konusu karşılaştırma işlemleri daha gerçekçi olacaktır. Katkı malzemesi oranları belirtilirken ağırlığınca %3, %5 ve %10 olarak, beyaz lifli polimer (PVC) ve siyah lifli polimer hazırlanmasında aynı oranda karışımlar sağlanmıştır. Yapılan diyagonal basınç deneyleri içeriğinde ise bu değişkenlik göz önünde tutularak sonuçlar incelenmiş ve bu değişim miktarlarının yapı üzerindeki olumlu–olumsuz etkileri de deney içerisinde incelenmiştir. Bu deney sonuçlarına göre %5'lik oranla karışımlar yapılmıştır. İskenderun Teknik Üniversitesi Yapı Laboratuvarında deney numunelerinin analizinin yapılabilmesi için 4 sıra yatay tuğla ile örülmüş numune sistemleri, sabit miktarda derz kullanılarak olası değişkenliklerin önüne geçilmiştir. Düşey derzler ve yatay derzler çekilirken piyasada genelde kullanılan ölçüler göz önüne alınarak yapılan deneyin standart yapılar için geçerli sonuçlar vermesi planlanmıştır. Duvar diyagonal basınç altında çalışırken, standart kullanım benzeri tepki kullanabilmesi için bazı tuğlalar kesilerek örme sistem içerisinde karşılaştırma kullanılmıştır. Bu sayede duvarın başlangıç ve bitiş kısımlarında oluşabilecek yatay ve düşey farklılıkların önüne geçilip, deney sonuçlarının birim mesafe üzerinden irdelenmesi olası kılınmıştır. Duvar örme işlemi esnasında çekilen fotoğraflar aşağıda gösterilmiştir.





(a)



(b)



(c)

Şekil 3.29. Duvar numunesi örme işlemi aşamaları



### 3.6 Güçlendirme İşlemi

#### 3.6.1 Numune Hazırlığı ve Katkı Uygulanması

Standart duvar harcı içerisine eklenen karışım malzemelerinin homojen karışması ve gerekli etkisini yapının her yerinde aynı göstermesine önem gösterilmiştir. Deney sonuçların doğru karşılaştırılabilmesi için ve gerekli katkı malzemesi değişim analizlerinin sayısal olarak incelenebilmesi için karışım detayları not alınarak ve aşağıdaki fotoğraflarda görüldüğü üzere gerekli miktarda karıştırılarak elde edilmiştir. Numune çeşitleri içerisinden beyaz lifli polimer malzeme ve siyah lifli polimer malzeme yapıca benzerlik gösterip özellik olarak farklılık gösterdiği için, deney hazırlığında hemen hemen aynı prosedür izlenip, katkı malzemelerinin özelliklerinin gösterdiği sonuç farklılıkları ele alınmıştır.



(a)

(b)

Şekil 3.30. Katkı malzemesi karıştırılma fotoğrafları

Elde edilen karışımların duvar yüzeyine uygulanırken uygulama farklılıkları göstermemesi deney sonuçlarının karşılaştırılması için önem teşkil etmektedir. Yapılan derz miktarları numuneden numuneye farklılık göstermemektedir. Bu deneyler amacına uygun olarak, sıva içerisine katılan katkı malzemelerinin değişimleri durumunda yük etkisine maruz bırakılacak hale getirilmiştir. Gerek siyah lifli polimer katkı gerek ise beyaz lifli polimer katkı eklenmesi yapılırken, katkı

malzemelerinin oranları daha önce de belirtildiği üzere ağırlığınca %3, %5 ve %10 olarak hazırlanmıştır. Numunelerin Yükleme öncesinde yapıca farklılık göstermeyip, yükleme durumunda tepki olarak farklılık göstereceği göz önüne alınarak numunelere gerekli isimlendirmeler yapılmıştır.



(a)

(b)

Şekil 3.31. Duvar numunelerine sıva uygulanması

Diğer tüm numunelerin aksine geogrid malzeme ile güçlendirilen numune üretimi sıva ile karışım içerisine geçmeyecek, numune yüzeyine sabitlenerek sıva bu katkı malzemesinin üzerine etki edecektir. Geogrid malzeme duvar yüzeyine montajlanıp, gerekli sıva elde edilerek numune yüzeyine uygulanmıştır. Uygulama esnasında diğer tüm numunelerde olduğu gibi, derz miktarı, sıva miktarı veya sıva içeriği gibi sabitler değişkenlik göstermemiş, deney amacına uygun şekilde üretilip uygulanmıştır. Geogrid malzemenin montajı esnasında, numune özelliklerinin benzer olması için bazı öngörülerde bulunulmuştur. Her numune için düşey ve yatay ölçülerde sabit bir mesafe ölçülerek, standart numune boyları için, bu mesafeler uzaklığında geogrid başlangıç ve bitiş mesafeleri dikkate alınmıştır. Bu katkı malzemesinin sabitlenmesi esnasında, delikli tuğla içine entegre edilen ankraj tellerinden destek alınmış ve bu ankraj tellerinin tuğlalarda delik kısmına gelip, rijitlik bakımından farklılık göstermemesi için deliksiz kısma montaj edilmesine özen

gösterilmiştir. Aynı sabitleme işlemi geogrid malzemenin orta kısmına da uygulanmış, yüzey alanının numune yüzeyi ile tam etkileşim içerisinde olduğundan emin olunmuştur. Anlatılan her numune sabit özelliği, üretilen 3 numune çeşidi için sabit tutulmuş, diyagonal basınç deneyleri benzer çalışma özellikleri sağlayan bu numuneler üzerinde incelenmiştir.



(a)



(b)



(c)



(d)

Şekil 3.32. Geogrid uygulama fotoğrafları

### 3.6.2 Ankraj Uygulaması

Geogrid uygulamasında da bahsedildiği üzere, bu ağ yapının numunelerin hepsinde aynı çalışmasını sağlamak üzere aynı başlangıç ve bitiş noktaları ayarlanarak montajlama işlemi yapılmıştır. Numunelerin köşe noktalarından alınmış düşey ve yatayda sabit tutulan mesafeler ile montajlama noktaları belirlenip, geogrid ağ yapısının bağlantısı sağlanmıştır. Bağlantı elemanının oturma noktasında ise 10mm'lik matkap yardımı ile delik açılıp, bu deliklerin kesim noktaları ise tuğlaların düşey deliklerine denk gelmeyecek şekilde belirlenmiştir. Geogrid ağ yapısının her numune üzerinde yük altında aynı davranışı sağlaması için yapılan işlem her numuneye farklılık göstermeden uygulanmıştır. Matkap yardımı ile açılan deliklerin montaj sonrasında sıva ile kaplanmasında özen gösterilmiş, sistemin rijitliğinde ya da sünekliğinde herhangi bir değişiklik olmaması için bu kısımlar lif ile kaplanıp, tekrar aynı kotu yakalamak için sıva işlenmiştir.

Numuneler üzerinde her köşe için yapılan bu işlemin sonrasında köşe bağlantı noktalarının numune ile beraber çalıştığından emin olunup, benzer şekilde numune yüzeyinin tam ortasına da aynı işlem uygulanmıştır. Tüm bu işlemler ile numune yüzeyine aynı miktar ve iz düşümler üzerine sabitlenmiş olan geogrid ağ sistemlerinin sıva ile teması esnasında herhangi bir rotasyon ile yerinden oynamaması için, donatı bağlama teli ile numune etrafından duvar ve geogrid ortada kalacak şekilde etrafından dönülmüştür.

Sıva ve geogrid malzeme yeterli yüzey alanınca temas kurunca (sıva kurumadan) bağlama teli çıkartılıp, deforme olması muhtemel kısımlar tekrar sıva ile düzenlenmiştir.



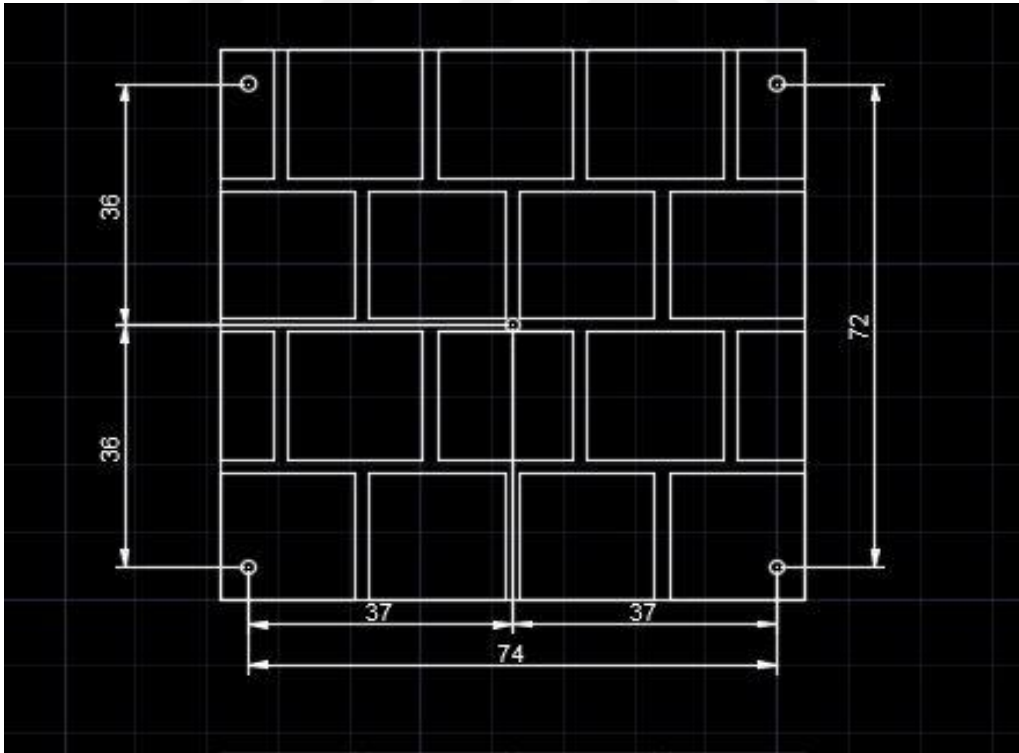


(a)



(b)

Şekil 3.33. Ankraj uygulama fotoğrafları



Şekil 3.34. Ankraj mesafelerinin temsili gösterimi

## 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

### 4.1 Diyagonal Basınç Deneyleri

Deney sürecince, 12 numune üzerinde yükleme işlemi yapılacaktır. Bu deneylerin sonuçlarının aynı koşullar altında karşılaştırılması için aynı diyagonal basınç düzeneği altında tepkileri ölçülmüştür. Dört farklı numune grubunun 3'er farklı numunesi diyagonal basınç düzeneğinde test edilmiştir. Siyah lif katkılı sıva ile örülmüş duvar numunesinden 3 adet, beyaz lif ile güçlendirilmiş sıva ile örülen duvar numunesinden 3 adet, herhangi bir güçlendirme maddesi eklenmemiş standart sıva ile örülmüş duvar numunesinden 3 adet ve geogrid ile güçlendirilmiş sıva numunesinden 3 adet olmak üzere toplamda 12 adet numune oluşturulmuştur. Numunelerin oluşturulma aşamaları gerekli kısımlarda detaylandırılmıştır.

Numuneler üzerine zaman ile arttırılarak yüklenen yükün duvar numunesi üzerinde oluşturduğu etkileri detaylandırmak için kullanılan bu deney türünün, anlık olarak yükleme miktarını verebilmesi ve zaman içinde gerekli yük etkisini arttırarak vermesi bizim bu düzeneği seçmemizde büyük önem göstermiştir. Bu deney düzeneğinde kullanılan 12 farklı çeşit numune türünün sonuçlarını karşılaştırırken gerekli detaylandırmaları eksiksiz olarak kayıt altına alabilmek için gerekli karşılaştırmaların daha düzenli yapılabilmesini sağlamak için gerekli kısa kodlar kullanılmaktadır. Bu kısaltmaları aşağıdaki Tabloda detaylı şekilde görülmektedir.

Çizelge 4.1. Deney grupları ve bu grupta bulunun elemanların isimlendirilmesi

<i>Grup Açıklaması</i>	<i>Kısa Adı</i>	<i>Numune İsimleri</i>	
Standart Sıva uygulaması	SD	1	SD-1
		2	SD-2
		3	SD-3
Beyaz Lif Katkılı Sıva Uygulaması	BLS	1	BLS-1
		2	BLS-2
		3	BLS-3
Siyah Lif Katkılı Sıva Uygulaması	SLS	1	SLS-1
		2	SLS-2
		3	SLS-3
Geogrid ve Sıva uygulaması	GDS	1	GDS-1
		2	GDS-2
		3	GDS-3

#### 4.2 Numunelerde Hasar Gelişimi ve Gözlemler

Monoton olarak artan yükün duvar üzerinde oluşturduğu etkileri incelenen bu deney içeriğinde, başta çekme ve basınç dayanımları olmak üzere birçok deney sonucu kayıt altına alınmıştır. Hasar dayanım güçlerinin detaylandırıldığı bu deney süresince, gerekli deney sonuçları tablolar halinde ve açıklamaları ile gerekli kısımlarda verilmiştir. Tüm numunelerin en son dayanım gücüne kadar test edildiği bu deney içeriği boyunca, gerek güçlendirilme maddesi kullanılmış gerekse kullanılmamış tüm numunelerde derz ve sıvanın duvar yüzeyinden ayrılmaya başladığı ana kadar dayanımlarının lineer olarak arttığı, bu ayrılma işleminin sonucunda ise dayanımlarında ciddi bir düşüş gösterdiği görülmüştür. Derz ve sıva elemanlarının, duvar numuneleri üzerine gelen yükü, duvarın beraber çalışarak karşılamadaki önemi deney sürecinde gözlemlenen çıktılardan biridir. Referans olarak alınan standart sıva dâhil olmak üzere gruplandırma ve bu grupların her numunesinin karşılaştırılma işleminde tüm numunelerde görülebilecek neredeyse tek ortak özellik, sıva elemanın duvar yüzeyinden ayrılması anında oluşan ciddi dayanım kaybıdır.



Deney sonuçlarında farklılık gösteren özelliklere bakacak olursa, yapısında lif içeren katkı malzemesi ile güçlendirilmiş sıva ile örülen duvarların rijitlik değerinin düştüğü ve süneklik değerinin arttığı gözlemlenmiştir. Siyah lifli ve beyaz lifli olmak üzere iki kısımda incelenen bu lifli katkı malzemelerinin arasında yapılacak karşılaştırma işlemi ise sonuçlar kısmında detaylı olarak anlatılmıştır. Bu tarz lifli yapıların sıva ile karşılaştırılması, gelen olası yatay yüklerin tuğlalara aktarılması sırasında dağıttığı ve söz konusu yüklerin noktasal olsa dahi duvarın tamamınca karşılanmasında etkili olduğu görülmüştür. Bu özelliği ile lifli katkı malzemelerin duvarın şekil değiştirme kapasitesinde ciddi anlamda etkili olduğu gözlemlenmiştir. Siyah ve Beyaz lifli malzemelerin deney sonuçlarının karşılaştırılması sonuçlar kısmında ele alınacaktır.

Duvar üzerine ankraj ile sabitlenen Geogrid malzemenin davranışları arasında en dikkat çekici olanı ise, sıvanın gelen yük altında geogrid malzemedan ayrılması anında dayanımında oluşan ciddi düşüş miktarıdır. Bu katkı türü için de gerekli karşılaştırma ve deney çıktıları gerekli kısımlarda detaylı olarak ele alınmıştır.

#### **4.2.1 Grup -1'e Ait Deneyler (Referans Duvar)**

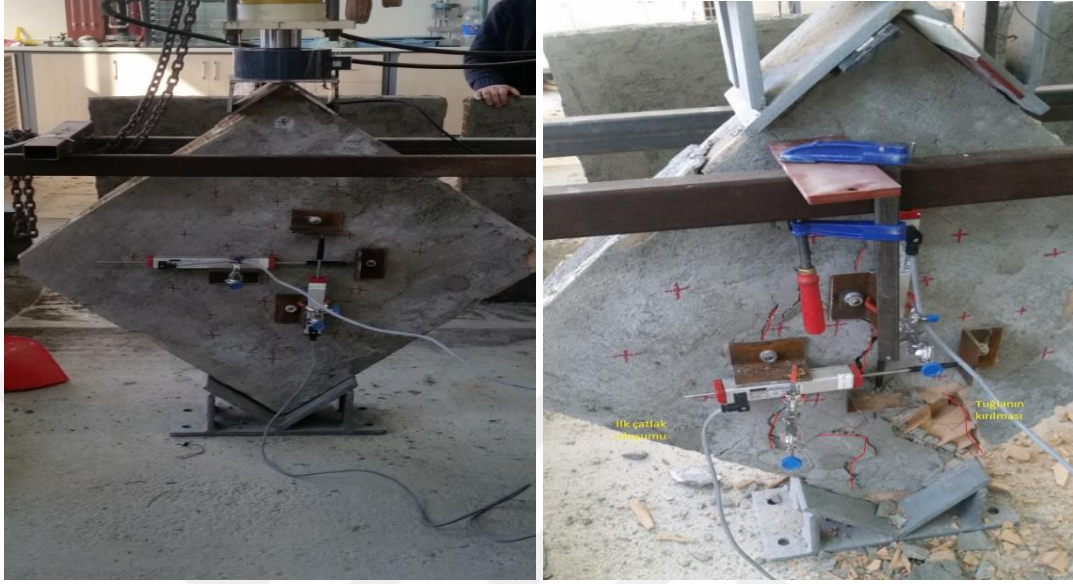
Referans davranışı belirlemek ve diğer deney sonuçlarını karşılaştırabilmek için 3 adet duvar numunesine güçlendirme işlemi yapılmadan yalın halde test edilmiştir.

Grup-1'i oluşturan duvarlar SD01, SD02 ve SD03 isimli duvar numunelerinin diyagonal basınç yüklemesi altında hasar gelişimi incelenmiştir.

Şekil 4.1. (a)'da deney başlamadan önceki SD01 numunesinin şekli görülmektedir. Yapılan deneyde SD01 duvar numunesinde ilk çatlak maksimum taşıyabileceği yükü almadan gerçekleşmiş. SD01 deneyinde ulaşılan maksimum yük değeri 69,45814 kN ve bu yük altındayken oluşan düşey şekil değiştirme 3,23 mm olarak ölçülmüştür.

SD01 duvar numunesi maksimum yükü aldıktan sonra dayanımda alınan yük azalmaya başlamıştır. SD01 duvar numunesinde duvarın ön yüzeyinde önemli kabarma ve koparak düşmeler olmuştur. Şekil 4.1. (b)

Deneyin tamamlanmasının ardından deney numuneleri incelendiğinde yükleme başlığına yakın olan tuğlalar ezilmiş, deforme olmuş ve bazı kısımları kırılmış olarak gözlenmiştir.



(a)

(b)

Şekil 4.1. SD01 duvar numunesinin hasar gelişimi

Şekil 4.2. (a)'da deney başlamadan önceki SD02 numunesinin şekli görülmektedir. Yapılan deneyde SD02 duvar numunesinde ilk çatlak maksimum taşıyabileceği yükü almadan gerçekleşmiştir.

SD02 deneyinde ulaşılan maksimum yük değeri 68,77124 kN ve bu yük altındayken oluşan düşey şekil değiştirme 1,61 mm olarak ölçülmüştür. SD02 duvar numunesi maksimum yükü aldıktan sonra dayanımda alınan yük azalmaya başlamıştır. Yük-şekil değiştirme grafiğinde görülen aniden kopmanın nedeni duvar numunesinin düzlemden ayrılıp kopmasıdır. Şekil 4.2. (b)

Deneyin tamamlanmasının ardından deney numuneleri incelendiğinde yükleme alt başlığına yakın olan tuğlalar ezilmiş, deforme olmuş ve bazı kısımları kırılmış olarak gözlenmiştir.



(a)

(b)

Şekil 4.2. SD02 duvar numunesinin hasar gelişimi

Şekil 4.3. (a)'da deney başlamadan önceki SD03 numunesinin şekli görülmektedir. Yapılan deneyde SD03 duvar numunesinde ilk çatlak maksimum taşıyabileceği yükü almadan gerçekleşmiştir.

SD03 deneyinde ulaşılan maksimum yük değeri 80,72129 kN ve bu yük altındayken oluşan düşey şekil değiştirme 0,93 mm olarak ölçülmüştür. SD03 duvar numunesi maksimum yükü aldıktan sonra dayanımda alınan yük azalmaya başlamıştır. SD3 duvar numunesinde duvarın arka yüzeyinde önemli kabarma ve koparak düşmeler olmuştur. Şekil 4.3. (b)

Deneyin tamamlanmasının ardından deney numuneleri incelendiğinde yükleme üst başlığına yakın olan tuğlalar deforme olmuş, bazı kısımları kırılmış duvar numunesin arka yüzeyinde gijon ankrajlamasının olduğu yerde çatlaklar meydana geldiği gözlenmiştir.



(a)

(b)

Şekil 4.3. SD03 duvar numunesinin hasar gelişimi

#### 4.2.2 Grup -2'ye Ait Deneyler (Plastik Atık Malzeme (Beyaz Lif) Katkılı Duvar)

Bu deney grubunda derz harcında normal standart harç, sıvasında ise atık katkı malzemesi olarak (beyaz lifli Polipropilen (PP)) PVC kullanılarak üretilen duvarlar bulunmaktadır. Bu gruptaki amaç beyaz lifli Polipropilen atık (PVC) malzemesiyle güçlendirilmiş sıvalı duvarların yapısal davranışa katkısını belirlemek için yapılmıştır. Grup-2'yi oluşturan duvarlar BLS01, BLS02 ve BLS03 isimli duvar numunelerinin diyagonal basınç yüklemesi altında hasar gelişimi incelenmiştir.

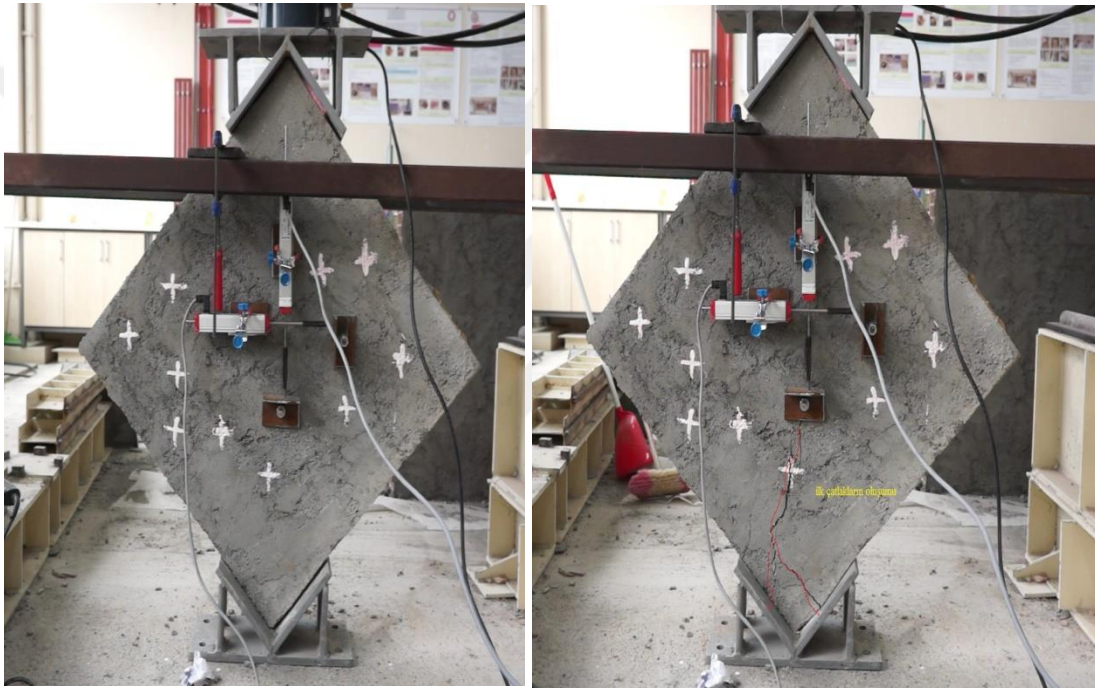
Şekil 4.4. (a)'da deney başlamadan önceki BLS01 numunesinin şekli görülmektedir. Yapılan deneyde BLS01 duvar numunesinde ilk çatlak maksimum taşıyabileceği yükü almadan gerçekleşmiş.

BLS01 deneyinde ulaşılan maksimum yük değeri 73,50751 kN ve bu yük altındayken oluşan düşey şekil değiştirme 9,05 mm olarak ölçülmüştür. BLS01 duvar



numunesi maksimum yükü aldıktan sonra dayanımda alınan yük azalmaya başlamıştır. Şekil 4.4. (b)

Deneyin tamamlanmasının ardından deney numuneleri incelendiğinde numune LVDT 'nin ankraj gijonun bulunduğu yerden alt başlığa doğru kılcal çatlaklar oluşturup aşağıya doğru kaymış, parçalanmış ve ayrıca pek çok yerinden sıvalar atıp dağılmıştır. Deneyin tamamlanmasının ardından deney numuneleri incelendiğinde yükleme başlığına yakın olan tuğlalar ezilmiş, deforme olmuş ve bazı kısımları kırılmış olarak gözlenmiştir.



(a)

(b)

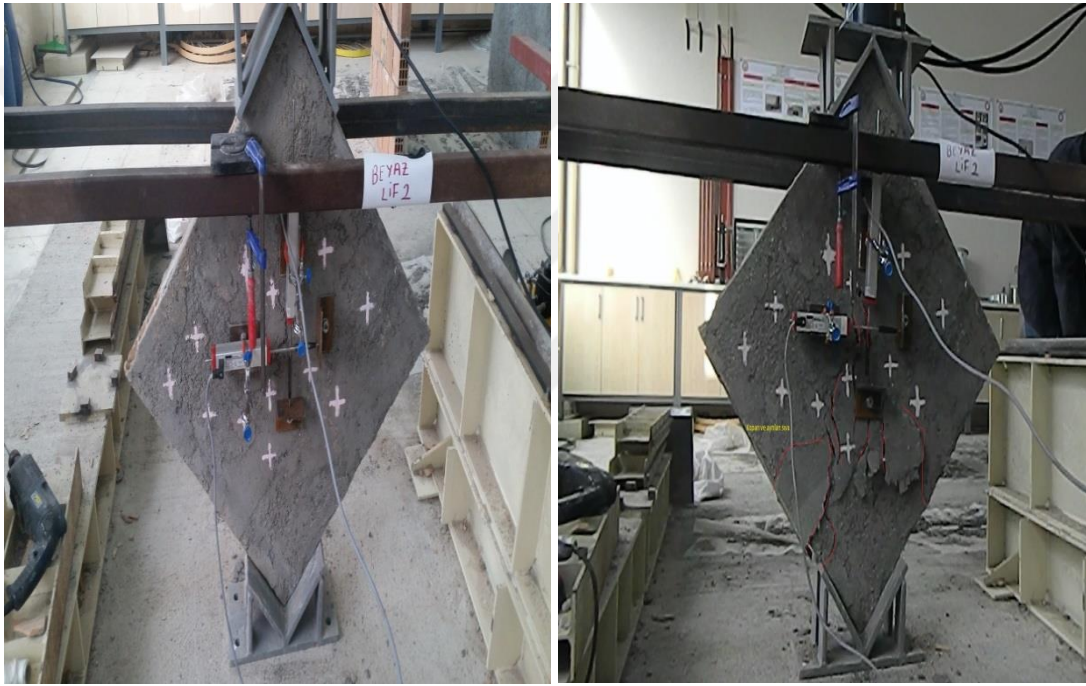
Şekil 4.4. BLS01 duvar numunesinin hasar gelişimi

Şekil 4.5. (a)'da deney başlamadan önceki BLS02 numunesinin şekli görülmektedir. Yapılan deneyde BLS02 duvar numunesinde ilk çatlak maksimum taşıyabileceği yükü almadan gerçekleşmiştir.

BLS02 deneyinde ulaşılan maksimum yük değeri 89,52322 kN ve bu yük altındayken oluşan düşey şekil değiştirme 9,69 mm olarak ölçülmüştür. BLS02 duvar

numunesi maksimum yükü aldıktan sonra dayanımda alınan yük azalmaya başlamıştır. Şekil 4.5.(b)

Deneyin tamamlanmasının ardından deney numuneleri incelendiğinde numunenin ön de arka yüzeylerinde LVDT 'nin ankraj gijonun bulunduğu yerden alt başlığa doğru kılcal çatlaklar oluşturup aşağıya doğru kaymış, parçalanmış ve ayrıca pek çok yerinden sıvalar kabarıp yüzeyden ayrılıp dağılmıştır. Deney numunelerinde yükleme başlığına yakın olan tuğlalar ezilmiş, deforme olmuş ve bazı kısımları kırılmış olarak gözlenmiştir.



(a)

(b)

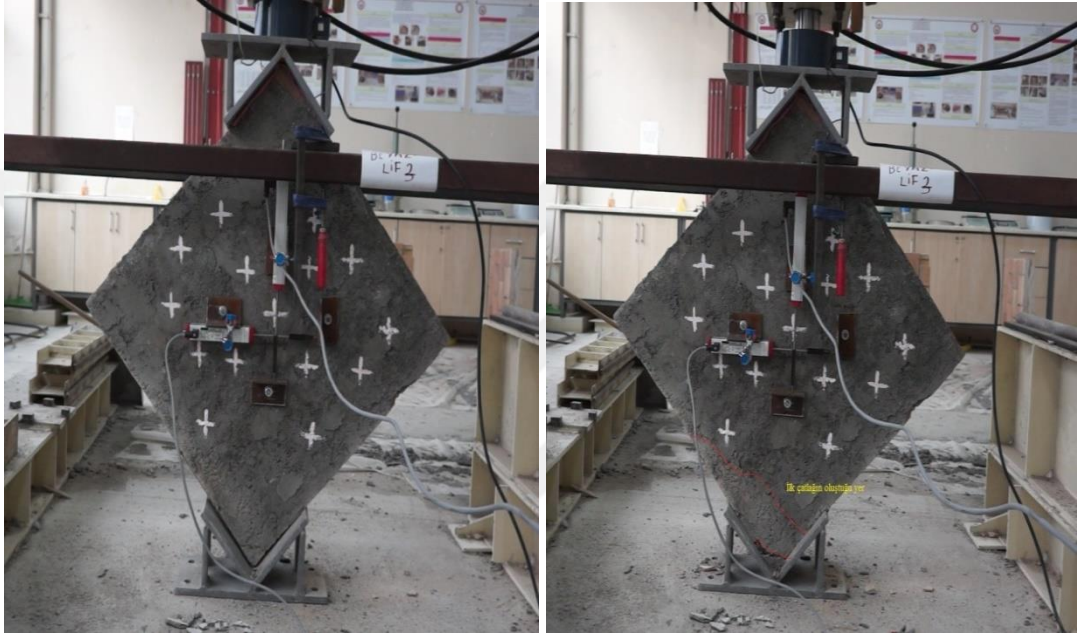
Şekil 4.5. BLS02 duvar numunesinin hasar gelişimi

Şekil 4.6. (a)'da deney başlamadan önceki BLS03 numunesinin şekli görülmektedir. Yapılan deneyde BLS03 duvar numunesinde ilk çatlak maksimum taşıyabileceği yükü almadan gerçekleşmiştir.

BLS03 deneyinde ulaşılan maksimum yük değeri 63,5174 kN ve bu yük altındayken oluşan düşey şekil değiştirme ölçülememiştir. Deney düzeneğinde oluşan bir teknik arızadan dolayı duvar numunesinde LVDT sonuçları kayıt edilememiş ve

ölçülemediği. BLS03 duvar numunesi maksimum yükü aldıktan sonra dayanımda alınan yük azalmaya başlamıştır. Şekil 4.6. (b)

Deneyin tamamlanmasının ardından deney numuneleri incelendiğinde numunenin arka yüzeyinde LVDT 'nin ankraj gijonun bulunduğu yerden alt başlığa doğru kılcal çatlaklar oluşturup aşağıya doğru kaymış, parçalanmış ve ayrıca pek çok yerinden sıvalar atıp dağılmıştır.



(a)

(b)

Şekil 4.6. BLS03 duvar numunesinin hasar gelişimi

#### 4.2.3 Grup -3'e Ait Deneyler (Lifli PoliPropilen Malzeme (Siyah Lif) Katkılı Duvar)

Bu deney grubunda derz harcında normal standart harç, sıvasında ise katkı malzemesi olarak siyah lifli (polipropilen fiber) kullanılarak üretilen duvarlar bulunmaktadır. Bu gruptaki amaç siyah lifli (polipropilen fiber) malzemesiyle güçlendirilmiş sıvalı duvarların yapısal davranışa katkısını belirlemek için yapılmıştır. Grup-3'ü oluşturan duvarlar SLS01, SLS02 ve SLS03 isimli duvar numunelerinin diyagonal basınç yükleme altında hasar gelişimi incelenmiştir.



Şekil 4.7. (a)'da deney başlamadan önceki SLS01 numunesinin şekli görülmektedir. Yapılan deneyde SLS01 duvar numunesinde ilk çatlak maksimum taşıyabileceği yükü almadan gerçekleşmiştir. SLS01 deneyinde ulaşılan maksimum yük değeri 91,97228 kN ve bu yük altındayken oluşan düşey şekil değiştirme 1,18 mm olarak ölçülmüştür. SLS01 duvar numunesi maksimum yükü aldıktan sonra dayanımda alınan yük azalmaya başlamıştır. Şekil 4.7.(b)

Sıva alt başlığa yakın bir yerden dökülmeye başlamış ve ortaya çıkan siyah lifli malzeme oldukça fazla şekil değiştirme yaptığı gözlemlenmiştir. SLS01 duvar numunesinde duvarın arka yüzeyinde gijon ankrajına yakın bölgelerde önemli kabarma ve koparak düşmeler olmuştur. Deneyin tamamlanmasının ardından deney numuneleri incelendiğinde yükleme başlığına yakın olan tuğlalar ezilmiş, deforme olmuş ve bazı kısımları kırılmış olarak gözlenmiştir.



(a)

(b)

Şekil 4.7. SLS01 duvar numunesinin hasar gelişimi

Şekil 4.8. (a)'da deney başlamadan önceki SLS02 numunesinin şekli görülmektedir. Yapılan deneyde SLS02 duvar numunesinde ilk çatlak maksimum taşıyabileceği yükü almadan gerçekleşmiştir.

SLS02 deneyinde ulaşılan maksimum yük değeri 81,13351 kN ve bu yük altındayken oluşan düşey şekil değiştirme 0,43 mm olarak ölçülmüştür. SLS02 duvar numunesi maksimum yükü aldıktan sonra dayanımda alınan yük azalmaya başlamıştır. Şekil 4.8. (b)

Sıva alt başlığa yakın bir bölgeden dökülmeye başlamış ve ortaya çıkan siyah lifli malzeme oldukça fazla şekil değiştirme yaptığı gözlemlenmiştir. SLS02 duvar numunesinde duvarın arka yüzeyinde gijon ankrajına yakın bölgelerde önemli kabarma ve koparak düşmeler olmuştur. Deneyin tamamlanmasının ardından deney numuneleri incelendiğinde yükleme başlığına yakın olan tuğlalar ezilmiş, deforme olmuş ve bazı kısımları kırılmış olarak gözlenmiştir.



(a)

(b)

Şekil 4.8. SLS02 duvar numunesinin hasar gelişimi

Şekil 4.9. (a)'da deney başlamadan önceki SLS03 numunesinin şekli görülmektedir. Yapılan deneyde SLS03 duvar numunesinde ilk çatlak maksimum taşıyabileceği yükü almadan gerçekleşmiştir.

SLS03 deneyinde ulaşılan maksimum yük değeri 90,04854 kN ve bu yük altındayken oluşan düşey şekil değiştirme 0,9 mm olarak ölçülmüştür. SLS03 duvar numunesi maksimum yükü aldıktan sonra dayanımda alınan yük azalmaya başlamıştır. Şekil 4.9.(b)

Numunede sıva alt başlığa yakın bir bölgede dökülmeye başlamış ve ortaya çıkan siyah lifli malzeme oldukça fazla şekil değiştirme yaptığı gözlemlenmiştir. SLS03 duvar numunesinde duvarın arka yüzeyinde gijon ankrajına yakın bölgelerde önemli kabarma ve koparak düşmeler olmuştur. Deneyin tamamlanmasının ardından deney numuneleri incelendiğinde yükleme başlığına yakın olan tuğlalar ezilmiş, deforme olmuş ve bazı kısımları kırılmış olarak gözlenmiştir.



(a)

(b)

Şekil 4.9. SLS03 duvar numunesinin hasar gelişimi

#### 4.2.4 Grup -4'e Ait Deneyler (Geogridli Duvar)

Bu deney grubunda derz ve sıva harcında normal standart harç kullanılarak ve geogridle güçlendirilerek üretilen duvarlar bulunmaktadır. Bu gruptaki amaç geogrid



malzemesiyle güçlendirilmiş sıvalı duvarların yapısal davranışa katkısını belirlemek için yapılmıştır. Grup-4'ü oluşturan duvarlar GDS01, GDS02 ve GDS03 isimli duvar numunelerinin diyagonal basınç yüklemesi altında hasar gelişimi incelenmiştir.

Şekil 4.10.(a)'da deney başlamadan önceki GDS01 numunesinin şekli görülmektedir. Yapılan deneyde GDS01 duvar numunesinde ilk çatlak maksimum taşıyabileceği yükü almadan gerçekleşmiştir.

GDS01 deneyinde ulaşılan maksimum yük değeri 79,2906 kN ve bu yük altındayken oluşan düşey şekil değiştirme 2,92 mm olarak ölçülmüştür. GDS01 duvar numunesi maksimum yükü aldıktan sonra dayanımda alınan yük azalmaya başlamıştır. Şekil 4.10.(b)

Sıva alt başlığa yakın şekilde dağılmaya başlamış, geogrid malzeme oldukça fazla şekil değiştirme yaptığı gözlemlenmiş ve deney numunesinin dağılmasını engellemiştir. Deneyin tamamlanmasının ardından deney numuneleri incelendiğinde geogrid malzemesi çok esnemiş, zorlanmıştır ve yükleme başlığına yakın olan tuğlalar ezilmiş, deforme olmuş ve bazı kısımları kırılmış olarak gözlenmiştir.



(a)

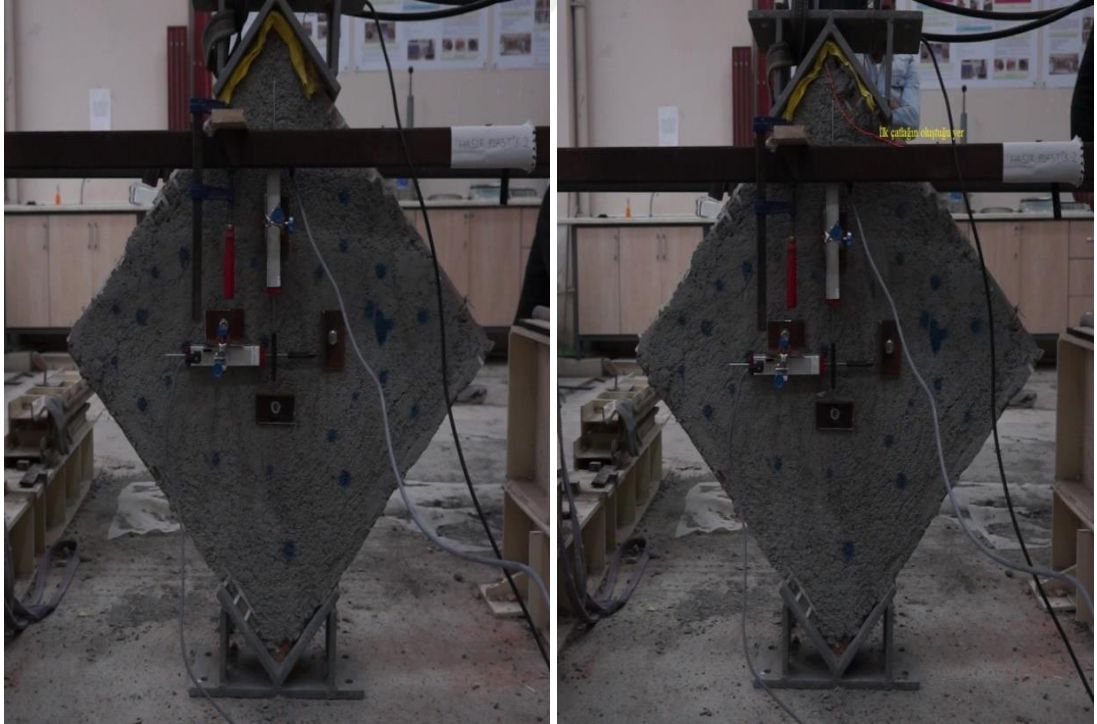
(b)

Şekil 4.10. GDS01 duvar numunesinin hasar gelişimi

Şekil 4.11.(a)'da deney başlamadan önceki GDS02 numunesinin şekli görülmektedir. Yapılan deneyde GDS02 duvar numunesinde ilk çatlak maksimum taşıyabileceği yükü almadan gerçekleşmiştir.

GDS02 deneyinde ulaşılan maksimum yük değeri 80,47879 kN ve bu yük altındayken oluşan düşey şekil değiştirme 0,93 mm olarak ölçülmüştür. GDS02 duvar numunesi maksimum yükü aldıktan sonra dayanımda alınan yük azalmaya başlamıştır. Şekil 4.11.(b)

Deney numunesinde sıva alt başlığa yakın şekilde kabarmaya başlamış, geogrid malzeme oldukça fazla şekil değiştirme yaptığı gözlemlenmiş ve deney numunesinin dağılmasını engellemiştir. Deneyin tamamlanmasının ardından deney numuneleri incelendiğinde geogrid malzemesi çok esnemiş, zorlanmıştır ve yükleme başlığına yakın olan tuğlalar ezilmiş, deforme olmuş ve bazı kısımları kırılmış olarak gözlenmiştir.



(a)

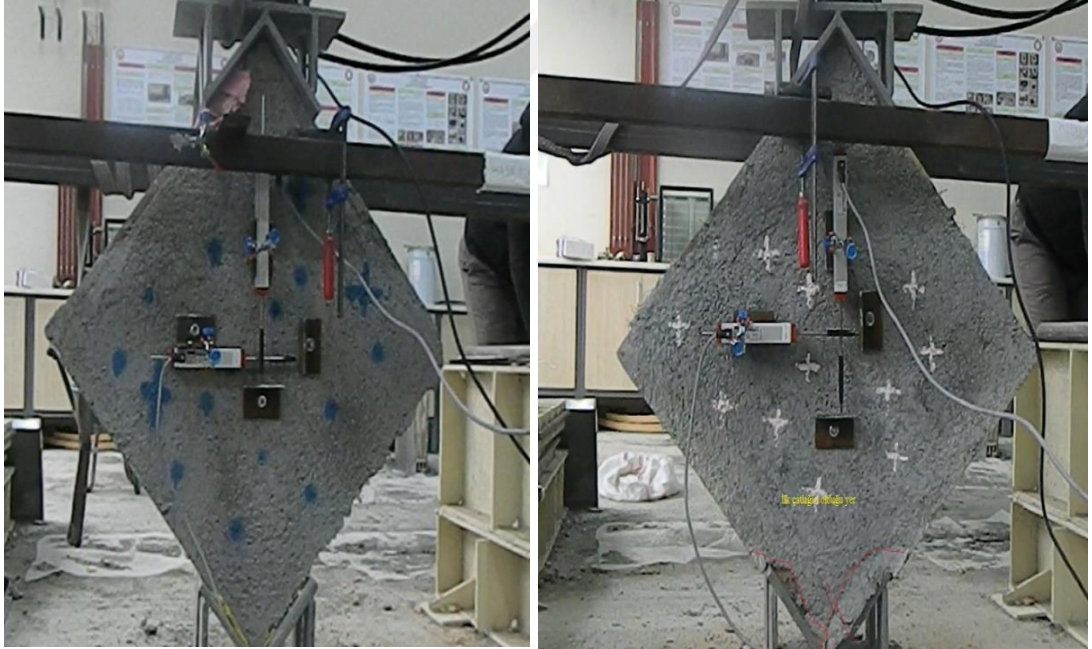
(b)

Şekil 4.11. GDS02 duvar numunesinin hasar gelişimi

Şekil 4.12.(a)'da deney başlamadan önceki GDS03 numunesinin şekli görülmektedir. Yapılan deneyde GDS03 duvar numunesinde ilk çatlak maksimum taşıyabileceği yükü almadan gerçekleşmiştir.

GDS03 deneyinde ulaşılan maksimum yük değeri 85,2435 kN ve bu yük altındayken oluşan düşey şekil değiştirme 2,86 mm olarak ölçülmüştür. GDS03 duvar numunesi maksimum yükü aldıktan sonra dayanımda alınan yük azalmaya başlamıştır. Şekil 4.12.(b)

Deney numunesinde sıva alt başlığa yakın bir yerden dağılmaya başlamış, geogrid malzeme oldukça fazla şekil değiştirme yaptığı gözlemlenmiş ve deney numunesinin dağılmasını engellemiştir. Deneyin tamamlanmasının ardından deney numuneleri incelendiğinde geogrid malzemesi çok esnemiş, zorlanmıştır ve yükleme başlığına yakın olan tuğlalar ezilmiş, deforme olmuş ve bazı kısımları kırılmış olarak gözlenmiştir.



(a)

(b)

Şekil 4.12. GDS03 duvar numunesinin hasar gelişimi

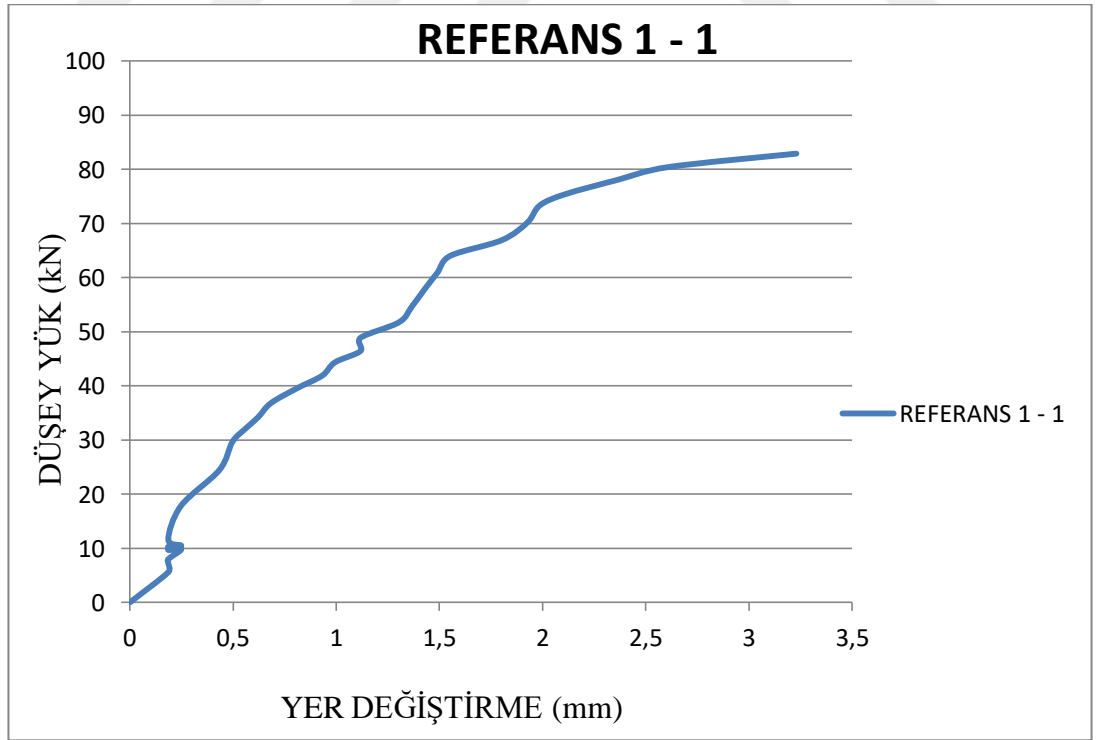
### 4.3 Deney Sonuçları

Bu deneysel çalışmada diyagonal basınç yüklemesi yapılan numunelere ait düşey ve yatay yer değiştirme değerleri Bölüm 4.2’de açıklanan numunelerin orta bölgelerine yakın olarak yerleştirilen LVDT (linear variable displacement transducer) yer değiştirme ölçerlerin kayıt ettiği verilerden alınan sonuçlara göre değerlendirilmiştir. Bu değerlere karşılık gelen düşey yük değerleri ile düşey yük-yatay şekil değiştirme grafikleri elde edilmiştir.

#### 4.3.1 Grup -1’e Ait Sonuçlar (Referans Duvar)

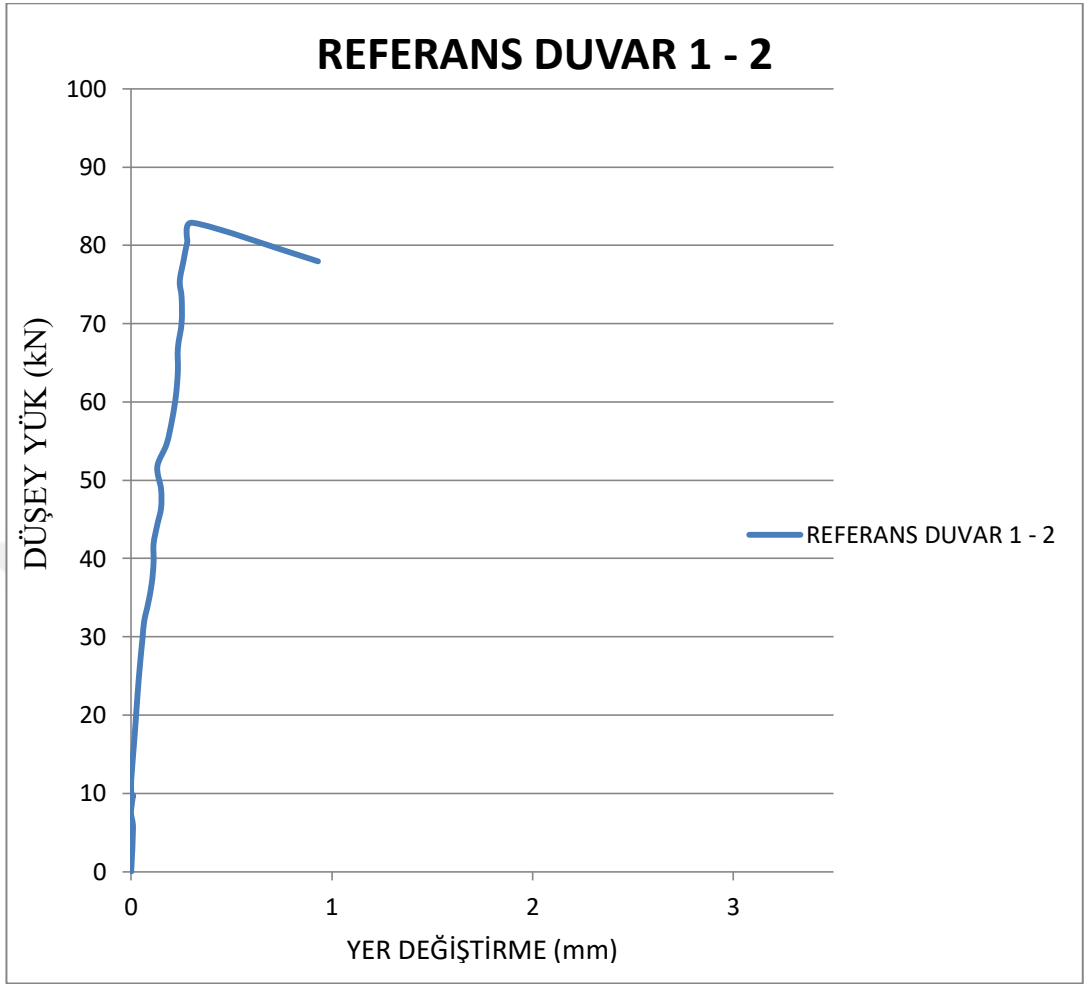
Referans (şahit) davranışı belirlemek için derz ve sıvasına herhangi bir güçlendirmede yapılmadan 3 adet duvar numunesi denenmiştir.

Diyagonal basınç yüklemesi altında yüklemeleri yapılan SD01, SD02 ve SD03 isimleriyle isimlendirilen referans duvar numunelerine ait düşey yük-düşey yer değiştirme ve düşey yük-yatay yer değiştirme grafikleri sırası ile Şekil 4.13. ve Şekil 4.14.’te verilmiştir.



Şekil 4.13. Referans duvar düşey yük-düşey yer değiştirme grafiği





Şekil 4.14. Referans duvar düşey yük-yatay yer değiştirme grafiği

Grup –1 deneylerini temsil edecek şekilde yukarıda düşey yük–düşey yer değiştirme ve düşey yük-yatay yer değiştirme grafikleri verilmiştir.

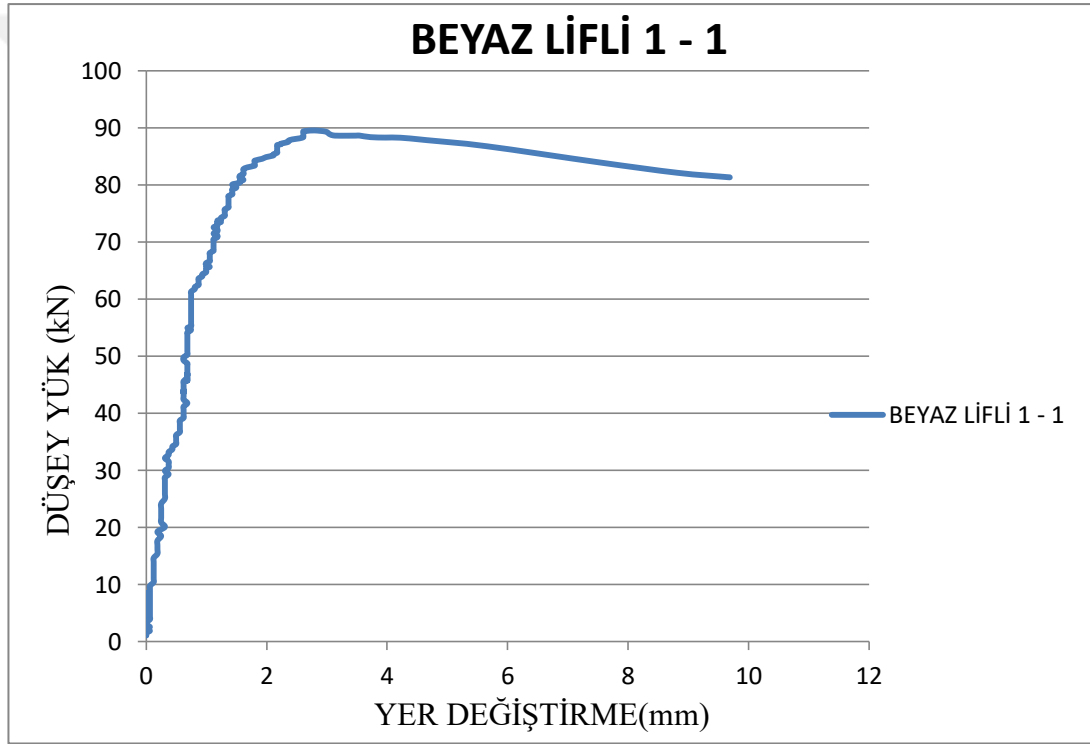
Şekil 4.13.'te SD01 deneyinde ulaşılan maksimum yük değeri 69,45814 kN ve bu yük altındayken oluşan düşey yer değiştirme 3,23 mm olarak ölçülmüştür.

SD02 deneyinde ulaşılan maksimum yük değeri 68,77124 kN ve bu yük altındayken oluşan düşey yer değiştirme 1,61 mm olarak ölçülmüştür.

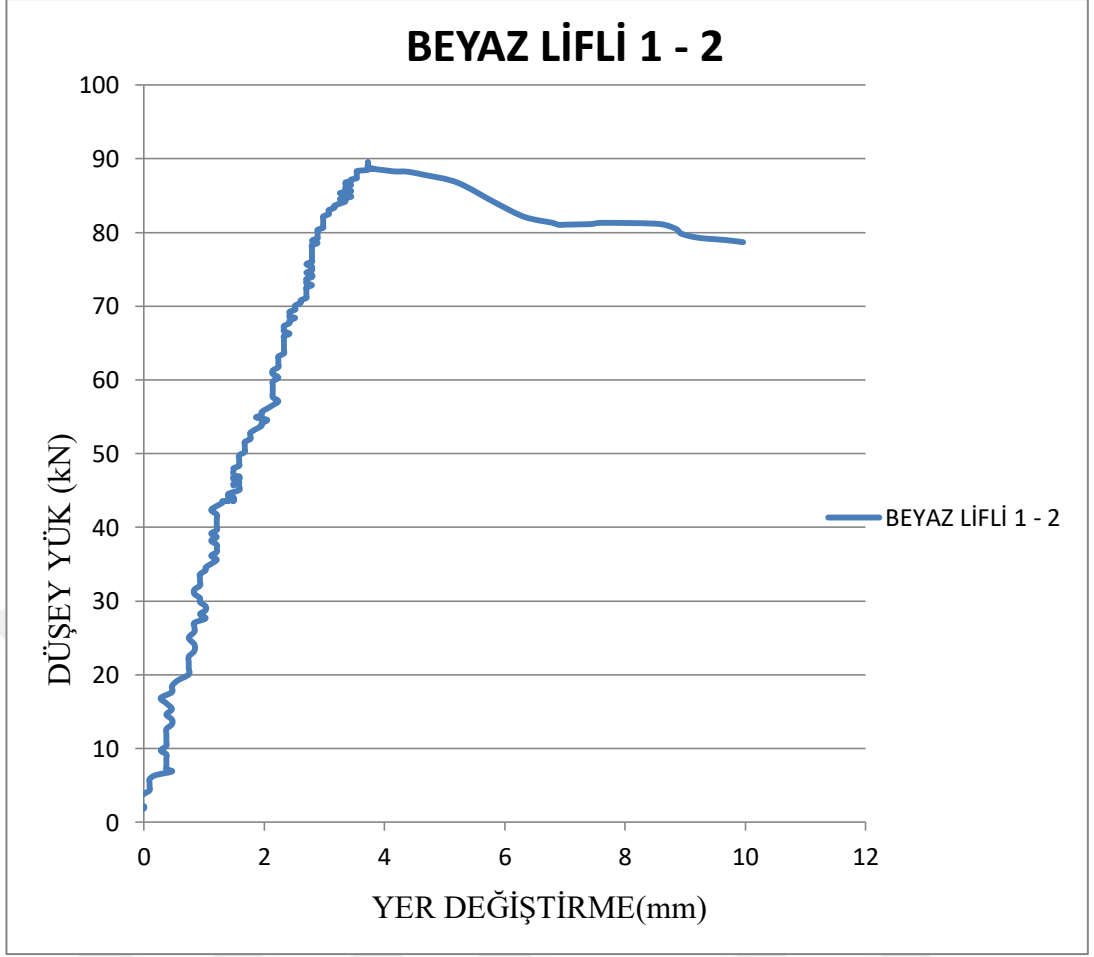
SD03 deneyinde ulaşılan maksimum yük değeri 80,72129 kN ve bu yük altındayken oluşan düşey yer değiştirme 0,93 mm olarak ölçülmüştür.

#### 4.3.2 Grup -2'ye Ait Sonuçlar (Plastik Atık Malzeme (Beyaz Lif) Katkılı Duvar)

Bu deney grubunda derz harcında normal standart harç, sıvasında ise atık katkı malzemesi olarak (beyaz lifli Polipropilen (PP)) PVC kullanılarak üretilen duvarlar bulunmaktadır. Bu gruptaki amaç beyaz lifli Polipropilen atık (PVC) malzemesiyle güçlendirilmiş sıvalı duvarların yapısal davranışa katkısını belirlemek için yapılmıştır. Diyagonal basınç yüklemesi altında yüklemeleri yapılan BLS01, BLS02 ve BLS03 isimleriyle isimlendirilen beyaz lif katkılı sıvalı duvar numunelerine ait düşey yük-düşey yer değiştirme ve düşey yük-yatay yer değiştirme grafikleri sırası ile Şekil 4.15. ve Şekil 4.16.'da verilmiştir.



Şekil 4.15. Beyaz lifli duvar düşey yük-düşey yer değiştirme grafiği



Şekil 4.16. Beyaz lifli duvar düşey yük-yatay yer değiştirme grafiği

Grup -2 deneylerinin temsil edecek şekilde yukarıda düşey yük – düşey yer değiştirme ve düşey yük - yatay yer değiştirme grafikleri verilmiştir.

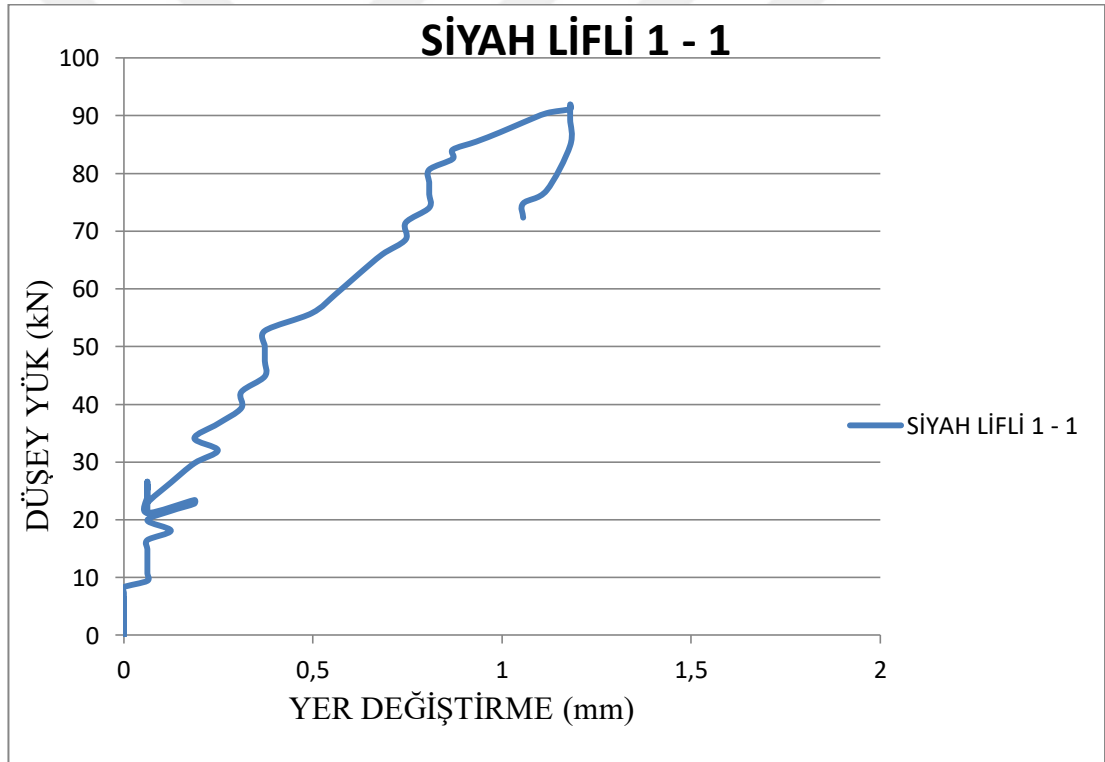
Şekil 4.15.'te BLS01 deneyinde ulaşılan maksimum yük değeri 73,50751 kN ve bu yük altındayken oluşan düşey yer değiştirme 9,05 mm olarak ölçülmüştür.

BLS02 deneyinde ulaşılan maksimum yük değeri 89,52322 kN ve bu yük altındayken oluşan düşey yer değiştirme 9,69 mm olarak ölçülmüştür.

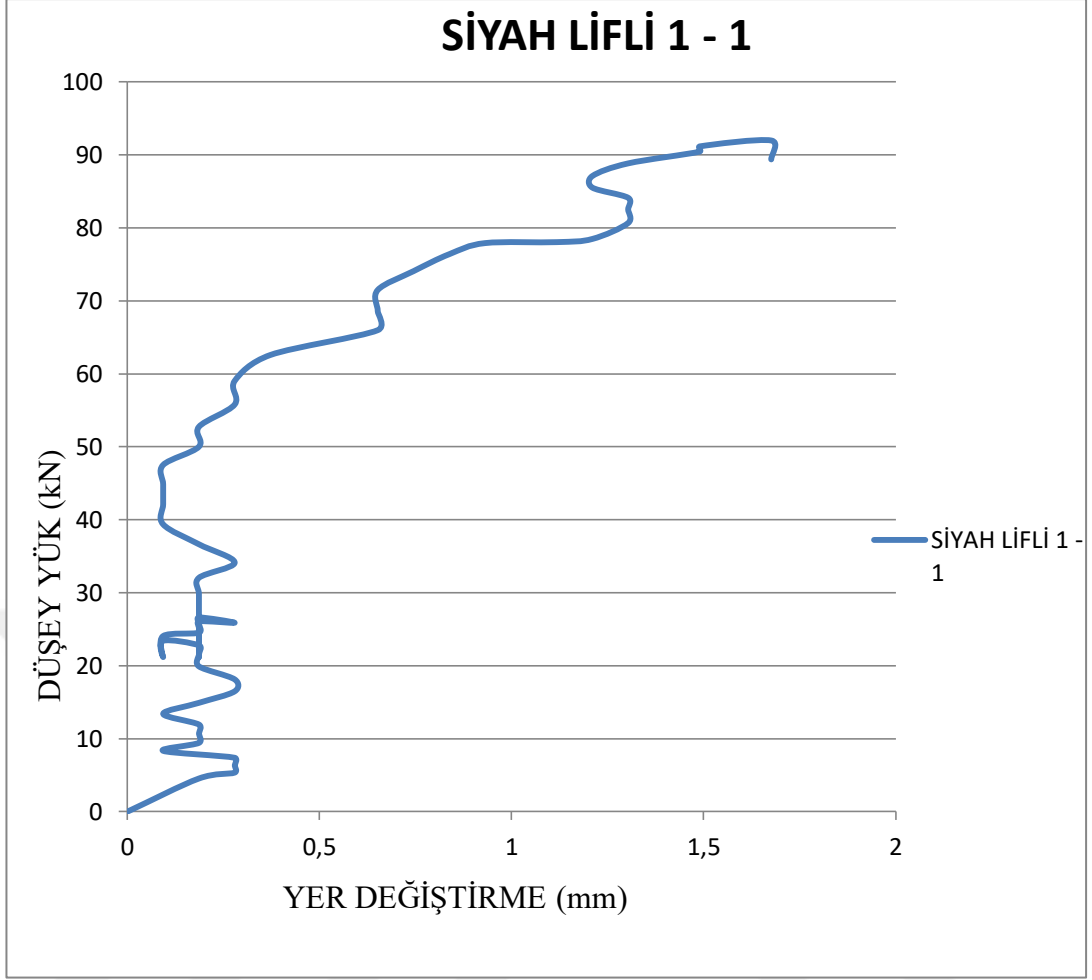
BLS03 deneyinde ulaşılan maksimum yük değeri 63,5174 kN ve bu yük altındayken oluşan düşey yer değiştirme deneysel bir takım problemlerden dolayı ölçülememiştir.

### 4.3.3 Grup -3'e Ait Sonuçlar (Lifli PoliPropilen Malzeme (Siyah Lif) Katkılı Duvar)

Bu deney grubunda derz harcında normal standart harç, sıvasında ise katkı malzemesi olarak siyah lifli (polipropilen fiber) kullanılarak üretilen duvarlar bulunmaktadır. Bu gruptaki amaç siyah lifli (polipropilen fiber) malzemesiyle güçlendirilmiş sıvalı duvarların yapısal davranışa katkısını belirlemek için yapılmıştır. Diyagonal basınç yüklemesi altında yüklemeleri yapılan SLS01, SLS02 ve SLS03 isimleriyle isimlendirilen siyah lif katkılı sıvalı duvar numunelerine ait düşey yük-düşey yer değiştirme ve düşey yük-yatay yer değiştirme grafikleri sırası ile Şekil 4.17. ve Şekil 4.18.'de verilmiştir.



Şekil 4.17. Siyah lifli duvar düşey yük-düşey yer değiştirme grafiği



Şekil 4.18. Siyah lifli duvar düşey yük-yatay yer değiştirme grafiği

Grup –3 deneylerini temsil edecek şekilde yukarıda düşey yük – düşey yer değiştirme ve düşey yük - yatay yer değiştirme grafikleri verilmiştir.

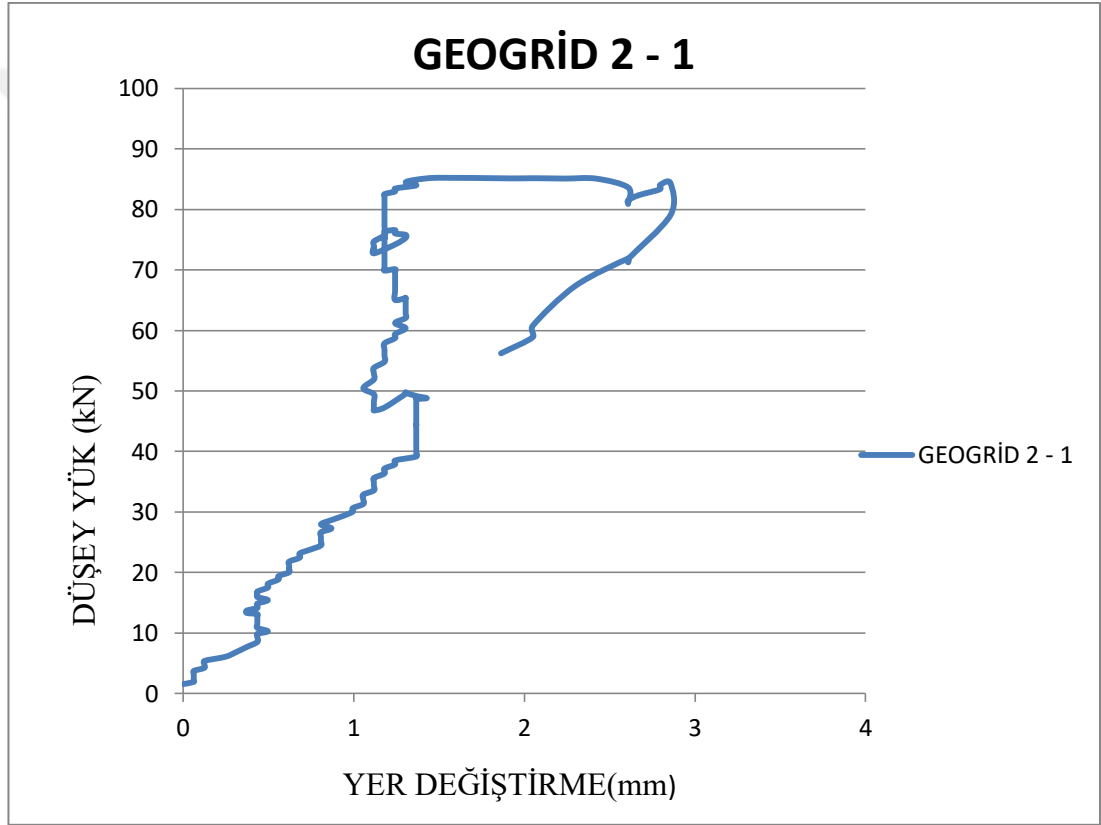
Şekil 4.17.'de SLS01 deneyinde ulaşılan maksimum yük değeri 91,97228 kN ve bu yük altındayken oluşan düşey yer değiştirme 1,18 mm olarak ölçülmüştür.

SLS02 deneyinde ulaşılan maksimum yük değeri 81,13351 kN ve bu yük altındayken oluşan düşey yer değiştirme 0,43 mm olarak ölçülmüştür.

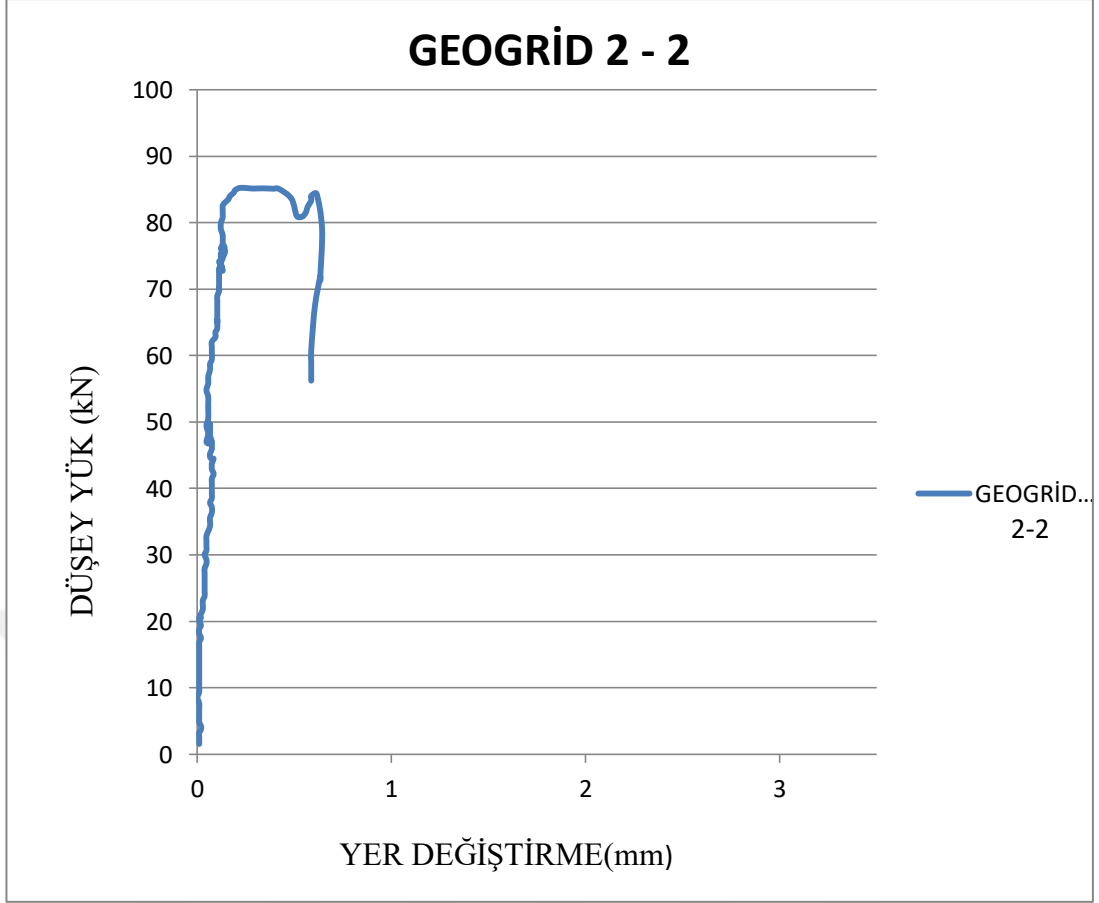
SLS03 deneyinde ulaşılan maksimum yük değeri 90,04854 kN ve bu yük altındayken oluşan düşey yer değiştirme 0,9 mm olarak ölçülmüştür.

#### 4.3.4 Grup -4'e Ait Deneyler (Geogridli Duvar)

Bu deney grubunda derz ve sıva harcında normal standart harç kullanılarak ve geogridle güçlendirilerek üretilen duvarlar bulunmaktadır. Bu gruptaki amaç geogrid malzemesiyle güçlendirilmiş sıvalı duvarların yapısal davranışa katkısını belirlemek için yapılmıştır. Diyagonal basınç yüklemesi altında yüklemeleri yapılan GDS01, GDS02 ve GDS03 isimleriyle isimlendirilen geogridle güçlendirilen standart sıvalı duvar numunelerine ait düşey yük-düşey yer değiştirme ve düşey yük-yatay yer değiştirme grafikleri sırası ile Şekil 4.19. ve Şekil 4.20.'de verilmiştir.



Şekil 4.19. Geogridli duvar düşey yük-düşey yer değiştirme grafiği



Şekil 4.20. Geogridli duvar düşey yük-yatay yer değiştirme grafiği

Grup –4 deneylerini temsil edecek şekilde yukarıda düşey yük – düşey yer değiştirme ve düşey yük - yatay yer değiştirme grafikleri verilmiştir.

Şekil 4.19.'da GDS01 deneyinde ulaşılan maksimum yük değeri 79,2906 kN ve bu yük altındayken oluşan düşey yer değiştirme 2,92 mm olarak ölçülmüştür.

GDS02 deneyinde ulaşılan maksimum yük değeri 80,47879 kN ve bu yük altındayken oluşan düşey yer değiştirme 0,93 mm olarak ölçülmüştür.

GDS03 deneyinde ulaşılan maksimum yük değeri 85,2435 kN ve bu yük altındayken oluşan düşey yer değiştirme 2,86 mm olarak ölçülmüştür.



#### 4.4 Sonuçların Değerlendirilmesi

Duvarlarda yatay delikli standart 190×190×85 mm boyutlarında tuğlalar kullanılarak toplam 12 adet duvar numunesi diyagonal basınç deneylerinden elde edilen sayısal sonuçlar ve kıyaslar yapılmıştır. Deney grupları hem kendi grupları aralarında hem de referans duvarlar ile kıyas edilmiştir. Bu kıyasta yük kapasitesi, kayma dayanımı, kayma şekil değiştirme kapasitesi, kayma modülü kıyaslanmıştır. Deneylerden toplanan veriler değerlendirildiğinde siyah lifli (polipropilen fiber) güçlendirme uygulamasının tuğla duvarların kayma davranışını oldukça iyileştirdiği belirlenmiştir.

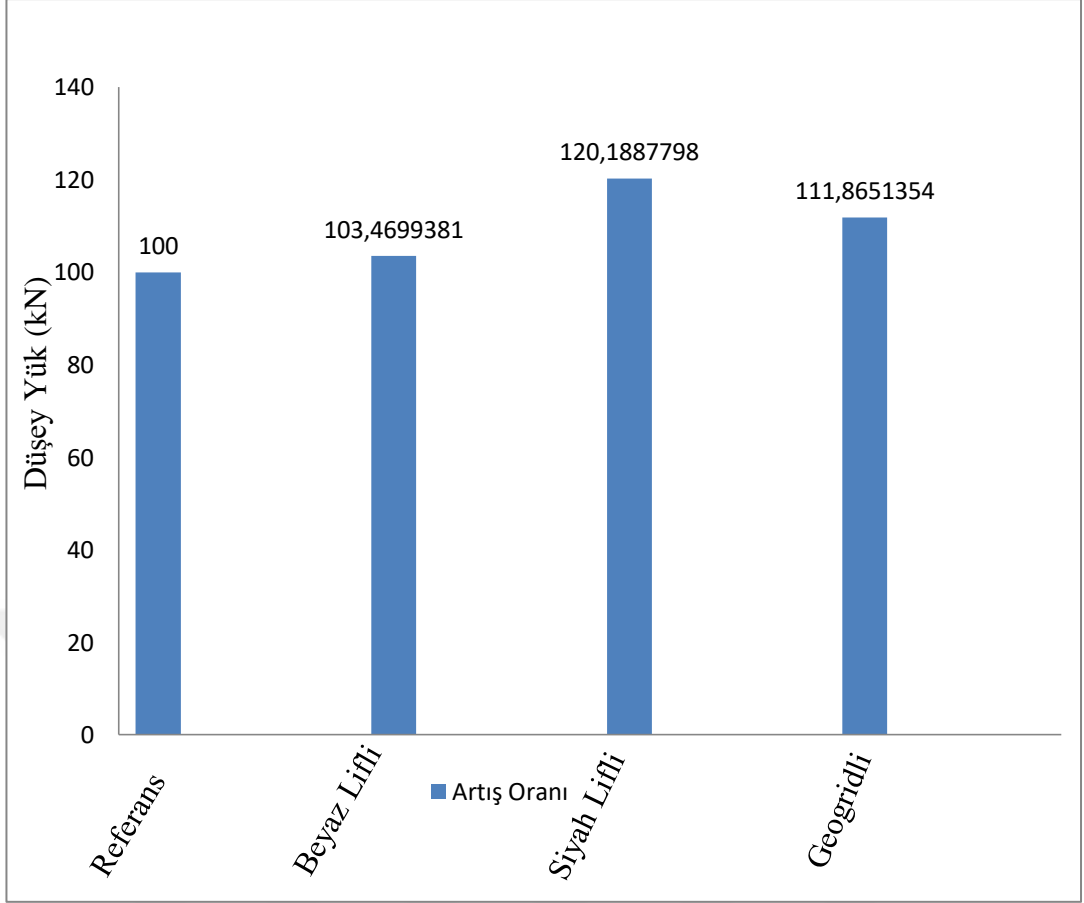
##### 4.4.1 Yük Kapasitesi (Taşıma Gücü) $P_u$

Duvar numunelerine ait taşıma gücü kapasitesi, güçlendirme tekniğinin belirlenmesinde önemli bir özelliktir. Bu yüzden 12 adet duvar numunesinin üçerli oluşturdukları 4 gruba ait taşıma gücü maksimum değerleri izelge 4.2.'de gösterilmiştir. Daha öncede belirtildiği gibi her deney numunesi üç adet duvardan oluşmaktadır. Bu izelgede her numunenin maksimum alabildiği yük değerleri verilip bu yüklerin ortalama değerleri gösterilmiştir. Çizelgede,  $P_{maks}$  maksimum taşıma yükünü temsil etmektedir.  $P_{maks}$  buldukları grubun maksimum taşıyabileceği yük değerinin ortalamasını temsil etmektedir.

Çizelge 4.2. Numunelerin maksimum yük kapasitesi değerleri.

Deney Grup numarası	Grup Numuneleri	P <sub>maks</sub>	P <sub>maks (ort)</sub>	P <sub>maks Kıyas</sub>
Grup - 1	SD01	69,45814	72,98356	100
	SD02	68,77124		
	SD03	80,72129		
Grup - 2	BLS01	73,50751	75,51604	103,4699381
	BLS02	89,52322		
	BLS03	63,5174		
Grup - 3	SLS01	91,97228	87,71804	120,1887798
	SLS02	81,13331		
	SLS03	90,04854		
Grup - 4	GDS01	79,2906	81,64315	111,8651354
	GDS02	80,47879		
	GDS03	85,16007		

Üç adet numuneden oluşan her deney grubu için ortalama maksimum taşıma kapasitesi değerleri gösterildiği gibidir. Her gruptan elde edilen ortalama değer, referans numunelerden elde edilen ortalama değere bölünerek artış oranı belirlenmiştir. Artış oranları Şekil 4.21.'de karşılaştırmalı olarak verilmiştir.



Şekil 4.21. Duvar numunelerinde taşıma gücü artış oranı

Numunelerin taşıma gücü artış oranları incelendiğinde; BLS ile isimlendirilen numuneler de standart harç ve sıvasında ise atık katkı malzemesi olarak (beyaz lifli Polipropilen (PP)) PVC kullanılmıştır. Bu harcın 7 günlük basınç deney sonuçları 25,5 kN, 23,7 kN ve 23,8 kN'dur. Numunelerin ortalama maksimum yük taşıma kapasitesi referans numunenin 1,034 katı olarak belirlenmiştir.

SLS ile isimlendirilen numuneler de standart harç ve sıvasında ise siyah lifli (polipropilen fiber) kullanılmıştır. Bu harcın 7 günlük basınç deney sonuçları sırasıyla 39,5 kN, 40,6 kN ve 45,3 kN'dur. Numunelerin ortalama maksimum yük taşıma kapasitesi referans numunenin 1,201 katı olarak belirlenmiştir. Siyah lifli (polipropilen fiber) ile güçlendirilen duvar numunelerinin taşıma gücü kapasitesi iyi sayılabilecek biçimde arttırmıştır.

GDS ile isimlendirilen numuneler de harç ve sıvasında ise standart harç numunesi kullanılmıştır. Bu harcın 7 günlük basınç deney sonuçları sırasıyla 21,4 kN, 23,8 kN ve 20,2 kN'dur. Numunelerin ortalama maksimum yük taşıma kapasitesi referans numunenin 1,118 katı olarak belirlenmiştir.

#### 4.4.2 Kayma Dayanımı

Kayma dayanımına ulaşmak için diyagonal basınç deneyleri sonuçlarından en büyük yük taşıma kapasitesi değerlerini ve numune boyutlarını (denklem 4.1)'de verilen denklemde yerine koyarak numunelerin kayma dayanımları elde edilmiştir.

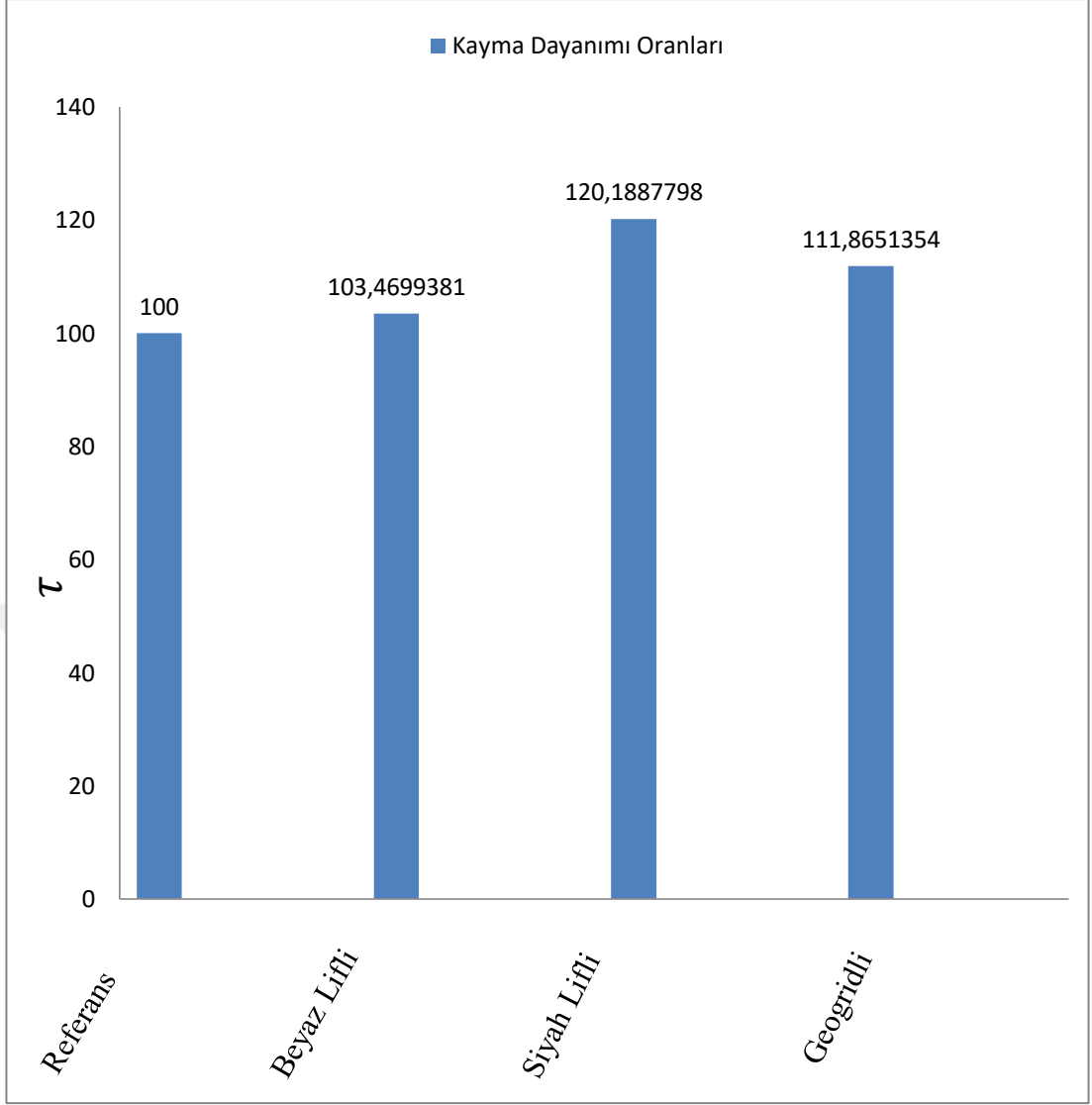
$$\tau(MPa) = \frac{P(kN) * \cos 45^\circ * 1000}{h(mm) * d(mm)} \quad (4.1)$$

$\tau_{max}$  ve  $\tau_{max(ort)}$  ile gösterilen değerler sırasıyla elemanın kayma gerilmesi, elemanın bulunduğu grubun ortalama kayma gerilmesini temsil etmektedir. Her numunenin kayma dayanımı ve ilgili grubun ortalama değeri sırası ile  $\tau_{max}$  ve  $\tau_{max(ort)}$  değerleri hesaplanarak Çizelge 4.3'de verilmiştir.

Çizelge 4.3. Deney numunelerinin maksimum kayma dayanımları

Deney Grup numarası	Grup Numuneleri	$\tau_{max}$	$\tau_{max(ort)}$	$\tau_{max(ort)}$ Kıyas
Grup - 1	SD01	0,665405172	0,699178502	100
	SD02	0,658824744		
	SD03	0,77330559		
Grup - 2	BLS01	0,704197935	0,723439563	103,4699381
	BLS02	0,857627548		
	BLS03	0,608493207		
Grup - 3	SLS01	0,881089473	0,84033411	120,1887798
	SLS02	0,777252719		
	SLS03	0,862660138		
Grup - 4	GDS01	0,759599653	0,782136978	111,8651354
	GDS02	0,770982422		
	GDS03	0,815828859		

Üç adet numuneden oluşan her deney grubu için ortalama maksimum kayma dayanım değerleri gösterildiği gibidir. Her gruptan elde edilen ortalama değer, referans numunelerden elde edilen ortalama değere bölünerek artış oranı belirlenmiştir. Artış oranları Şekil 4.22.'de karşılaştırmalı olarak verilmiştir.



Şekil 4.22. Duvar numunelerinde kayma dayanım artışı

Numunelerin maksimum kayma dayanımı artış oranları incelendiğinde; BLS ile isimlendirilen numuneler de standart harç ve sıvasında ise atık katkı malzemesi olarak (beyaz lifli Polipropilen (PP)) PVC kullanılmıştır. Numunelerin ortalama maksimum kayma dayanımı referans numunenin 1,034 katı olarak belirlenmiştir.

SLS ile isimlendirilen numuneler de standart harç ve sıvasında ise siyah lifli (polipropilen fiber) kullanılmıştır. Numunelerin ortalama maksimum kayma dayanımı kapasitesi referans numunenin 1,201 katı olarak belirlenmiştir. Siyah lifli (polipropilen fiber) ile güçlendirilen duvar numunelerinin taşıma gücü kapasitesi iyi sayılabilecek biçimde arttırmıştır.

GDS ile isimlendirilen numuneler de harç ve sıvasında ise standart harç numunesi kullanılmıştır. Bu harcın 7 günlük basınç deney sonuçları sırasıyla 21,4 , 23,8 , 20,2 kN dır. Numunelerin ortalama maksimum kayma dayanımı kapasitesi referans numunenin 1,118 katı olarak belirlenmiştir. Geogridli malzemeyle imal edilen duvarlar kayma davranışı iyi derecede arttırdığı gözlenmiştir.

#### 4.4.3 Kayma Şekil Değişirmesi

ASTM E519 ‘a göre kayma şekil değişirmeleri hesaplanmıştır. ASTM E519 [38] ‘da yer alan denklem 4.2‘de verilmiştir. Denklem 4.2‘de  $\Delta V$  düşey yer değişirme,  $\Delta H$  yatay yer değişirme ve  $g$  ölçüm yapılan boyu ifade eder.

$$\gamma = \frac{\Delta V + \Delta H}{g} \quad (4.2)$$

Yer değişirme değerleri duvar numunelerinin orta bölümüne yerleştirilmiş LVDT‘den elde edilmiştir.  $\Delta V$  olarak verilen  $\Delta$ ‘nın amacı birden fazla aynı doğrultuda yerleştirilen LVDT‘lerin ortalama değeri içindir.  $\Delta V$  düşey yer değişirmeyi temsil etmektedir.  $\Delta H$  ise yatay yer değişirmeyi temsil etmektedir.

Çizelge 4.4.‘te her numunenin kayma şekil değişirmesi ve grubun ortalama değeri sırası ile  $\gamma_{\max}$  ve  $\gamma_{\max(\text{ort})}$  değerleri hesaplanarak verilmiştir.



Çizelge 4.4. Deney numunelerinin maksimum kayma şekil değiştirmesi

Deney Grup numarası	Grup Numuneleri	$\gamma_{\max}$	$\gamma_{\max(\text{ort})}$	$\gamma_{\max(\text{ort})}$ Kıyas
Grup - 1	SD01	0,107666667	0,265022222	100
	SD02	0,0847		
	SD03	0,090666667		
Grup - 2	BLS01	0,6027	0,456233333	172,149086
	BLS02	0,655333333		
	BLS03	0		
Grup - 3	SLS01	0,110666667	0,156888889	59,19839007
	SLS02	0,039333333		
	SLS03	0,070666667		
Grup - 4	GDS01	0,320666667	0,144111111	54,37699145
	GDS02	0,111666667		
	GDS03	0,309333333		

Numunelerin kayma şekil değiştirmesi oranları incelendiğinde; BLS ile isimlendirilen numuneler de standart harç ve sıvasında ise atık katkı malzemesi olarak (beyaz lifli Polipropilen (PP)) PVC kullanılmıştır. Harcın 7 günlük basınç deney sonuçları 25,5 kN, 23,7 kN ve 23,8 kN'dur. Numunelerin ortalama kayma şekil değiştirmesi referans numunenin 1,7214 katı olarak belirlenmiştir.

SLS ile isimlendirilen numuneler de standart harç ve sıvasında ise siyah lifli (polipropilen fiber) kullanılmıştır. Bu harcın 7 günlük basınç deney sonuçları sırasıyla 39,5 kN, 40,6 kN ve 45,3 kN'dur. Numunelerin ortalama kayma şekil değiştirmesi referans numunenin 0,5919 katı olarak belirlenmiştir.

GDS ile isimlendirilen numuneler de harç ve sıvasında ise standart harç numunesi kullanılmıştır. Bu harcın 7 günlük basınç deney sonuçları sırasıyla 21,4 kN, 23,8 kN

ve 20,2 kN'dur. Numunelerin ortalama kayma şekil değiştirmesi referans numunenin 0,5437 katı olarak belirlenmiştir.

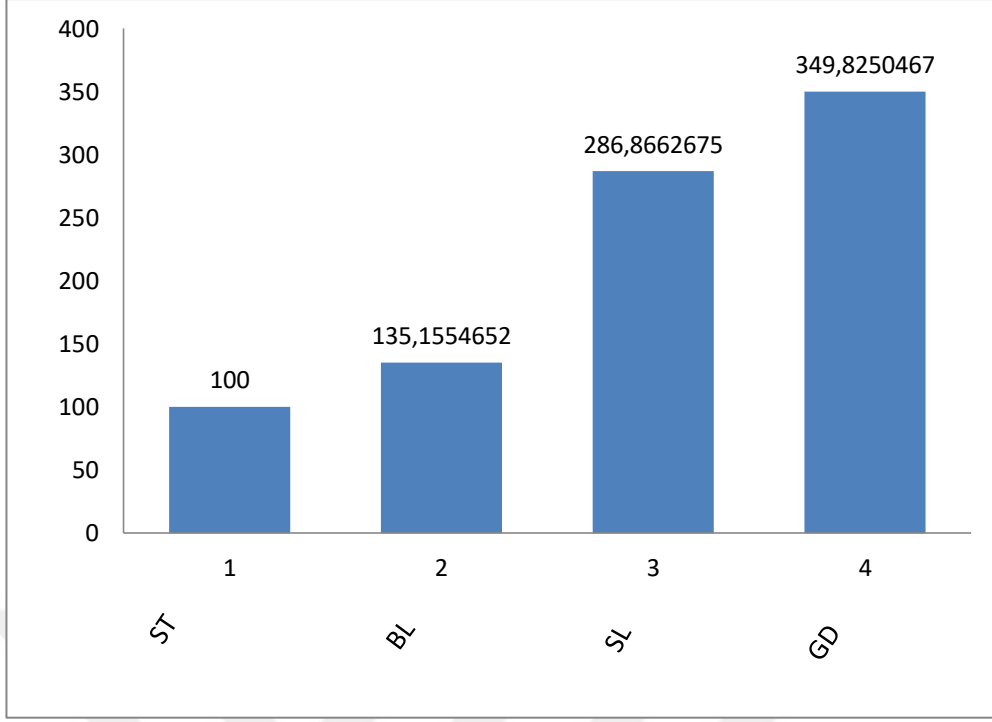
#### 4.4.4 Enerji Tüketimi

Deprem ülkesi olan ülkemiz de deprem esnasında yapıların ayakta kalabilmeleri; deprem oluştuğu sırada açığa çıkan enerjiyi kendi içerisinde absorbe edebilmesine bağlıdır. Bir elemanın elastik limitler içinde göçene kadar tükettiği tüm enerjilere tokluk modülü denir. Tokluk modülü yük-deformasyon eğrisi altında kalan tüm alandan oluşan bölgeden elde edilir. Yapıların güçlendirilmesindeki temel hedef, güçlendirilen yapıda kalıcı deformasyonlar oluşmadan enerji tüketmesinden ziyade göçmeden ayakta kalması olduğu için, bu çalışmada deney elemanlarının tokluk modülleri kıyaslanarak tabloda verildiği gibi sonuçlar elde edilmiştir.

Ayrıca her gruptan elde edilen ortalama değerler, referans numunelerden elde edilen ortalama değere bölünerek tüketilen enerji artış oranı belirlenmiş ve kıyas ile gösterilerek Çizelge 4.5.'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.5. Deney numunelerinin enerji tüketimleri

Numuneler	Enerji tüketimi (joule)	Kıyas
ST	161,5673855	100
BL	218,3671515	135,1555
SL	463,4823283	286,8663
GD	565,2031818	349,825



Şekil 4.23. Deney numunelerinin enerji tüketimleri artış

Numunelerin kayma şekil değiştirmesi oranları incelendiğinde; BLS ile isimlendirilen numuneler de standart harç ve sıvasında ise atık katkı malzemesi olarak (beyaz lifli Polipropilen (PP)) PVC kullanılmıştır. Harcın 7 günlük basınç deney sonuçları 25,5 kN, 23,7 kN ve 23,8 kN'dur. Numunelerin ortalama kayma şekil değiştirmesi referans numunenin 1,351 katı olarak belirlenmiştir.

SLS ile isimlendirilen numuneler de standart harç ve sıvasında ise siyah lifli (polipropilen fiber) kullanılmıştır. Bu harcın 7 günlük basınç deney sonuçları sırasıyla 39,5 kN, 40,6 kN ve 45,3 kN'dur. Numunelerin ortalama kayma şekil değiştirmesi referans numunenin 2,868 katı olarak belirlenmiştir.

GDS ile isimlendirilen numuneler de harç ve sıvasında ise standart harç numunesi kullanılmıştır. Bu harcın 7 günlük basınç deney sonuçları sırasıyla 21,4 kN, 23,8 kN ve 20,2 kN'dur. Numunelerin ortalama kayma şekil değiştirmesi referans numunenin 3,498 katı olarak belirlenmiştir.

## 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yapıların genel statik hesaplamaları yapılırken tuğla duvar ve benzeri yapı unsurlarının taşıyıcı özellikleri yok sayılmaktadır. Bu tarz yapı unsurlarının yapının deprem esnasındaki davranışlarına alternatif bir katkı sağlayabileceği birçok tez tarafından gösterilmiştir. Güçlendirme işlemi yapılırken kullanılacak çok çeşitli malzemeler olmasına rağmen, piyasada aktif olarak kullanılanlar ise karbon lifli polimer kumaş, çelik hasır donatı, ön üretimli beton paneller ve epoksi reçinesi şeklinde sıralanabilir. Bu katkı malzemeleri aktif olarak kullanılmakla beraber birçok araştırma konusunda yer almış ve olumlu etkileri test edilmiştir. Gerek kayma dayanımı gerek ise basınç dayanımı adına olumlu etkileri olsa da bu katkı malzemelerinin uygulanmasında karşımıza birçok farklı zorluk çıkabilmektedir.

Uygulama ücretlerinin yüksek olması, katkı malzemesi temininde güçlükler yaşanması, güçlendirme esnasında binanın tamamen boşaltılması gerekmesi, yapı elemanının gerekli rijitlik sağlarken süneklikten taviz vermesi veya süneklik sağlarken ise rijitlikten taviz vermesi ve hammadde fiyatlarındaki değişikliklerin dönemsel olarak kullanım verimliliğini düşürebilmesi gibi olumsuzluklar bunlara örnek olarak gösterilebilmektedir.

Tüm bu olumsuzluklara karşın, yerli üretimli ya da atık malzemeden elde edilen, duvara ankrajlanması kolay, bulunabilirliği yüksek, sünek, yapı elemanının yük altında beraber çalışmasına destek sağlayabilecek, nispeten daha ucuz bir katkı malzemesinin araştırılması günümüzde süregelen bir araştırma konusu olmaktadır. Bu amaç ile bu çalışma yığma yapılarda ve dolgu duvarlarda kullanılacak farklı güçlendirme yöntemlerinin etkileri deneysel olarak incelenmiştir. Duvarların güçlendirilmesi amacıyla sıva içerisine siyah lifli malzeme, beyaz lifli atık malzeme eklenmiş ve geogrid gibi düşük hammadde fiyatlı ve bulunabilirlik olarak nispeten daha rahat katkı malzemeler kullanılmıştır. Bu malzemeler ile oluşturulan 12 farklı duvar numunesinin basınç altında davranışları incelenmiştir.

Bu katkı ürünlerinden özellikle siyah lifli polipropilen ve beyaz lifli polipropilen atık malzeme olması sebebi ile gerek maliyet konusunda, ince tanecikli yapısı sayesinde ise yapı elemanı ile beraber çalışma anlamındaki verimliliği ile dikkat çekmektedir.

Bu deneysel çalışmada yatay delikli 190×190×85 mm boyutlarında standart tuğla ( TS EN 771-1) [39] ile üretilen 12 duvar numunesi imal edilmiştir. Bu duvar numunelerinin yaklaşık boyutları 820×820×90 mm olarak ölçülmüştür. Bu üretilen duvar numunelerine diyagonal basınç yüklemesi yapılmıştır. Monotonik yükleme ile gerçekleştirilen deneylerde incelenen değişkenler; yüzeye uygulanan sıvanın içine katılan katkı malzemesi ve donatı olarak kullanılan geogrid malzemesinin yapısal davranışını incelemek için deneyler yapılmıştır. Bu deney de üç adet numune referans davranışı belirlemek amacıyla herhangi bir güçlendirme uygulaması yapılmadan yalın olarak deneye tabi tutulmuştur. Üç adet numune derz harcında standart harç ve sıvasında ise atık katkı malzemesi olarak (beyaz lifli Polipropilen (PP)) PVC kullanılarak üretilen duvar numuneleri denenmiştir. Üç adet numune derz harcında standart harç, sıvasında ise katkı malzemesi olarak siyah lifli (polipropilen fiber) kullanılarak üretilen duvar numuneleri denenmiştir. Üç adet numune ise derz ve sıva harcında normal standart harç kullanılarak ve geogridle güçlendirilerek üretilen duvarlar denenmiştir. Geogridle güçlendirilen duvar numunelerindeki amaç geogrid malzemesiyle güçlendirilmiş sıvalı duvarların yapısal davranışa katkısını belirlemek için yapılmıştır.

Diyagonal basınç yüklemesi altında denenen duvar numunelerinde; maksimum taşıma gücü, kayma dayanımı, kayma şekil değiştirmesi ve tüketilen enerji başlıklarında karşılaştırılmıştır.

Bu deneysel çalışmadan toplanan veriler ve gözlemler değerlendirildiğinde elde edilen önemli sonuçlar şunlardır:

1) Yapılan deneyler esnasında oluşabilecek işçilik hataları ve karışım miktarı farklılıklarının numune dayanımında farklılıklar gösterdiği gözlemlenmiştir.

2) Dane boyutu ve katkı malzemesinin miktarı ile duvar dayanımını direkt olarak etkilemektedir, olumlu etkiler sunan bir katkı malzemesi, karışım miktarı olarak yüksek tutulursa ya da karışımın sağlanması için gerekli mekanik destek verilmezse genel davranış üzerinde olumsuz etkiler gösterebilmektedir.

3) Yapı elemanını dıştan saran desteklenmiş elemanlar, olumlu etkiler gösterebilir bile yapı elemanı ile ayrılmaları durumunda ani bir şekilde güç kaybetmişler ve deforme olmuşlardır.

4) Katkı malzemesi ile katkı malzemesinin etki ettiği yapı malzemesi her ne kadar karışır ise, beraber çalışma miktarları o kadar artıp basınç altında daha geç çatlamakla beraber, ne kadar az karışırsa baskı altında yapı yüzeyinden o kadar erken ayrılmaktadır.

5) Diyagonal yükler altında basınç gerilmelerine karşı, yapılan güçlendirme deneyleri sonucunda belirli sonuçlara ulaşılmıştır. Bu güçlendirme işlemleri sonrasında taşıma gücünün arttığı gözlemlenmiştir.

6) Yapılan bu deneysel çalışmada taşıma gücü kapasiteleri, Pvc atık malzeme katkılı numunede %3,46, Siyah lif katkılı numunede %10,19, Geogrid ile güçlendirilen numunede ise %11,86 oranında artış gözlemlenmiştir.

7) Yapılan bu deneysel çalışmada kayma dayanım oranlarını, Pvc atık malzeme katkılı numunede %3,46, Siyah lif katkılı numunede %10,19, Geogrid ile güçlendirilen numunede ise %11,86 oranında artış gözlemlenmiştir.

8) Yapılan bu deneysel çalışmada enerji tüketme kapasiteleri, Pvc atık malzeme katkılı numunede %35,16, Siyah lif katkılı numunede %186,87, Geogrid ile güçlendirilen numunede ise %249,82 oranında artış gözlemlenmiştir.

9) Genelde ilk çatlama ankraj yerlerinden başlıklara doğru olan yerlerde oluşmuştur. Bu kısımlar gerilme yığılmasının olduğu yerlerdir.

10) Beyaz lif katkılı deney numunelerinde deplasman en fazla olduğu sonucuna varılmıştır.

11) Yapılan bu deneysel çalışmadaki güçlendirme yöntemleri maliyet olarak ucuzdur ve gerçek yapıda uygulamak oldukça kolaydır. Güçlendirme esnasında binadaki insanların tahliyesine gerek olmadığı için oldukça kullanışlı bir yöntemdir.

12) Yapılan bu deneyler kapsamında denenen güçlendirme yöntemlerinde, kullanılan malzemelerin kalitesi, tuğla ve güçlendirme işleminde ortaya çıkan gerek üretim gerekse işçilik hataları çok önemli derecede etki ettiği ve sonuçları değiştirebildiği sonucuna ulaşılmıştır.

Bu tez sonucu aşağıdaki önerilerin yapılması uygun görülmüştür.

1) Ankraj çeşidini değiştirerek sonuçların nasıl değişeceği araştırılabilir.

2) Yüzeyden sıva atmalarını engelleyebilmek için yüzeye yapıştırıcı uygulayıp deneyler uygulanabilir.

3) Bu yapılan güçlendirme işlemleri daha uzun süreli çalışmalar yapılarak zamanla etkisi araştırılabilir.

4) Elde edilen sonuçlar deneyin yapıldığı ortama ve malzemelere göre değişebildiği için tüm deney boyunca aynı malzeme ve elemanlar ile yapılması daha sağlıklı olacaktır.

5) Yükleme aleti manuel olarak değil de otomatik yükleme aleti olursa daha stabil ve gerçekçi sonuçlar oluşabilecektir.

6) Daha farklı yöntemler ile güçlendirme daha da ileri seviyelere taşınıp geliştirilebilir.



## KAYNAKLAR

- [1] Kahn, L. F., Shotcrete Retrofit for Unreinforced Brick Masonry, Proceedings of 8th World Congress on Earthquake Engineering, San Francisco, CA, USA, 583-590, 1984.
- [2] Triantafillou, T. C., Strengthening of Masonry Structures Using Epoxy- Bonded FRP Laminates, Journal of Composites for Construction, 107-115, May 1998.
- [3] Taghdi, M., Bruneau, M. ve Saatcioglu, M., "Seismic Retrofitting of Low-Rise Masonry and Concrete Walls Using Steel Strips", ASCE J. Struct. Eng., 126:1017-1025, 2000.
- [4] Corradi, M., Borri, A. and Vignoli, A. Stengthening Techniques Tested on Masonry Structures Struck by the Umbria-Marche Earthquake of 1997-1998, Construction and Building Materials 16, pp 229-239, 2002.
- [5] Valluzzi, M. R., Tinazzi, D. and Modena, C. Shear Behavior of Masonry Panels Stregthened by FRP Laminates, Construction and Building Materials 16, pp 409-416, 2002.
- [6] Vandergrift, J., Gergely, J. and Young, D.T., "CFRP Rertrofit of Masonary Walls", Proceedings of the Third International Conference on Composites in Infrastructure ICCI 02, San Francisco, CA, USA, 2002.
- [7] Ozcebe, G., Ersoy, U., Tankut, T., Erduran, E., Keskin, R. S. O. ve Mertol, H. C., "Strengthening of Brick Infilled RC Frames with CFRP", SERU-Struct. Eng., TUBITAK-METU, Ankara Research Unit, Rep. No. 2003/1, 2003.
- [8] El-Dakhkhni, Hamid, A.A., Hakam, Z.H.R. and Elgaaly, M., Hazard Migration and Strengthening of Unreinforced Masonry Walls Using Composites, Composite Structures 73, pp 458-477 2005.
- [9] Acun, B., ve Sucuoğlu, H., Tuğla dolgu duvarlı çerçevelerin hasır donatı ile güçlendirilmesi, Deprem Sempozyumu, Kocaeli 2005, ODTÜ Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, Ankara 2005.
- [10] Prota, A., Marcari, G., Fabbrocino, G., Manfredi, G. and Aldea, C. (2006). Experimental In-Plane Behavior of Tuff Masonry Strengthened with Cementitious Matrix-Grid Composites, Journal of Composites for Consturction, May/June 2006, pp 223-233.

- [11] Elgawady, M. A., Lestuzzi, P. ve Badoux, M., Retrofitting of Masonry Walls Using Shotcrete, Proceedings of 2006 New Zealand Society for Earthquake Engineering Conference, Napier, New Zealand, 45-53, 2006.
- [12] Erdem, I., Akyuz, U., Ersoy, U., ve Ozcebe, G., An Experimental Study on Two Different Strengthening Techniques for RC Frames”, Eng. Struct., 28:1843-1851, 2006.
- [13] Ilki, A., Ispir, M., As, F., Demir, C. ve Kumbasar, N., FRP Retrofit of Walls Constructed with Historical Bricks, Challenges for Civil Construction Torres Marques et al.(Eds), FEUP, 2008.
- [14] Alcaino, P., and Santa-Maria, H., Experimental Response of Externally Retrofitted Masonry Walls Subjected to Shear Loading, Journal of Composites for Construction, September/October pp 489-498, 2008.
- [15] Öztaş, V., Yığma yapıların güçlendirilmesi ve bir yığma yapı örneğinde güçlendirme analizi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 74, Ocak 2009.
- [16] Coza, H., Dolgu duvarlı betonarme çerçevelerin karbon lifli kompozitlerle güçlendirilmesi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul, 18, Ocak 2009.
- [17] Kara, H.G., Tarihi yığma yapıların taşıyıcı sistemleri, güvenliğinin incelenmesi, onarımı ve güçlendirilmesi - İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 187, Ocak 2009.
- [18] Yılmaz, E., Boşluklu tuğla ile örülmüş yığma duvarların lp kompozitler ile güçlendirilmesi ve davranışta boyut etkisi , İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 149, Ocak 2010.
- [19] Sevil, T., Baran M., Bilir T. ve Canbay E., Tuğla dolgu duvarların b/a çerçeveli yapıların davranışına etkilerinin incelenmesi; deneysel ve kuramsal çalışmalar, International Journal of Engineering Research and Development, Vol.2, No.2, June 2010.
- [20] Baran, M. ve Tankut, T., Experimental Study on Seismic Strengthening of Reinforced Concrete Frames by Precast Concrete Panels”, ACI Struct. J., 108:227, 2011.

- [21] Araki, H., Yasojima, A. ve Kagawa, J., "Strength of Masonry Walls Retrofitted with Epoxy Resin Injection", *Appl. Mech. Mater.*, 82:545-550, 2011.
- [22] Özbek E., Can, H., "Dolgu tuğla duvarların çelik profillerle güçlendirilmesi", *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, Ankara, Cilt 27, No 4, 921-929, 2012.
- [23] Babayani, R., "Delikli çelik levhalarla güçlendirilmiş tuğla duvarların tersinir tekrarlanır yükler altındaki davranış ve dayanımı", *Gazi Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, Ankara, 150, Kasım 2012.
- [24] Leone, M., Sciolti, M. S. And Aiello, M. A., "In-plane Shear Behaviour of BFRP reinforced masonry panels", *CICE*, 2012.
- [25] Koçak, Y., "Yığma duvarlarda kayma dayanımının artırılması amacı ile farklı bağlantı elemanı uygulamaları", *Aksaray Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, Aksaray, 119, 2013.
- [26] Seydanlıoğlu, M., "Delikli çelik levhalarla güçlendirilmiş tuğla duvarların tekdüze yükler altındaki davranışı", *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, Ankara, 124, Mayıs 2013.
- [27] Ateş, T., "İçten ve dıştan donatılı püskürtme beton ile güçlendirilen yığma duvarların düzlem dışı tekrarlı yük altındaki davranışı", *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi*, Ankara, 152, Temmuz 2013.
- [28] Ramujee, K., "Strength properties of polypropylene fiber reinforced concrete", *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, Vol. 2, Issue 8, August 2013.
- [29] J. Milosevic, R. Bento, A.S. Gago., M. Lopes., "Shear Tests on Rubble Stone Masonry Panels - Diagonal Compression Tests", *ICIST, IST, Technical University of Lisbon, Portugal*, 2013.
- [30] Tekeli, H., Akyürek, O., Deniz, M, Hersat, E, Kara, N. ,Tosun U., Kaya, F., "Betonarme çerçevede dolgu duvarların hasır çelik donatılı sıva ile güçlendirilmesi", *Beü Fen Bilimleri Dergisi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Bölümü, Isparta*, 3(2),179-191, 2014.

- [31] Baran, M., Aktaş, M. ve Aykaç, S., Sıvanmış tuğla dolgu duvarları şerit beton/betonarme panellerle güçlendirilmesi, Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, Ankara, cilt 29, no1, 23-33, 2014.
- [32] Mezrea, P.E., Tarihi Tuğla Duvarların Tekstil Donatılı Harç (TRM) İle Güçlendirilmesi – İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 121, Ocak 2014.
- [33] Milind V.M., Performance of Polypropylene Fibre Reinforced Concrete, IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE), Volume 12, Issue 1 Ver. I PP 28-36, Jan- Feb. 2015.
- [34] Verma, Dr S.K., Dhakla, M., Garg, A., Experimental Investigation of Properties of Polypropylene Fibrous Concrete, International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT), 10, April 2015.
- [35] Cumhuriyet, A., Altundal, A., Kalkan, İ., Aykaç, S., Genişletilmiş Çelik Levhalarla Güçlendirilmiş Yatay Boşluklu Tuğla Duvarların Davranışı, 6. Çelik Yapılar Sempozyumu, Eskişehir, 15-17 Ekim 2015.
- [36] “Kudret Tuğla Sanayi ve Tic. A.Ş.” Erişim adresi: <http://www.kudret.com/products.php?cat=1>, Erişim Tarihi:15.02.2009.
- [37] “Dinçer Tuğla Ltd. Şti.” Erişim adresi: <http://www.dinceratestugla.com/Blok%20Tu%C4%9Flular.html> Erişim Tarihi:16.02.2010.
- [38] ASTM E519/E519M, Standard test method for diagonal tension (shear) in masonry assemblages, American Society for Testing Materials, USA. , 2010.
- [39] TS EN 771-1, Kâgir birimler - Özellikler - Bölüm 1: Kil kâgir birimler (tuğlalar) yönetmeliği, 2005.

## ÖZGEÇMİŞ

- 1. Adı Soyadı** : Muhammed Nurullah ATAY  
**2. Doğum Tarihi** : 05/06/1991  
**3. Ünvanı** : İnşaat Mühendisi  
**4. Öğrenim Durumu** : Lisans

Derece	Bölüm/Program	Üniversite	Bitirme Yılı
Lisans	İnşaat Mühendisliği	Eskişehir Osmangazi	2014

