

YATAY DERZ DONATISIYLA GÜÇLENDİRİLMİŞ HARMAN TUĞLASI ELEMANLARININ MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Sinan BOZKURT^{1*}  ve Kadir KILINÇ² 

^{1,2} Kırklareli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Kırklareli/TÜRKİYE

Öz

Çalışmada, yatay derz donatısı kullanılarak duvarların basınç ve eğilme etkisine karşı direnci artırılmaya çalışılmıştır. Duvar elemanı olarak dolu harman tuğlası seçilmiştir. Dolu harman tuğlası seçilmesinin temel sebebi tarihi yapılar da sıkça kullanılmış olmasıdır. Çalışmada 3 farklı seri, laboratuvar ortamında üretilmiştir. 1. seride; herhangi bir güçlendirme gerçekleştirilmemiş şahit numuneler, 2. seride; CFRP (Carbon Fiber Reinforced Polymer) kumaş ile güçlendirilmiş numuneler, 3. seride ise yatay derz donatısı ile güçlendirilmiş numuneler yer almaktadır. Numunelere basınç deneyi ve 3-noktalı eğilme deneyi uygulanmıştır. Sonuçlar incelendiğinde, yatay derz donatısının basınç dayanımına kayda değer bir etkisi olmamıştır ancak eğilme dayanımında önemli bir artış sağlamıştır.

Anahtar Kelimeler: Yatay derz donatısı, CFRP, Harman tuğla, Güçlendirme, Restorasyon

INVESTIGATION OF THE MECHANICAL PROPERTIES OF THE BRICK ELEMENTS REINFORCED WITH HORIZONTAL JOINT REINFORCEMENT

Abstract

In the study, it has been tried to increase the resistance of the walls against pressure and bending effects by using horizontal joint reinforcement. Standard solid brick was chosen as a wall element. The main reason for choosing standard solid brick is that it has been used frequently in historical masonry buildings. In the study, 3 different series were produced in the laboratory environment. In the 1st series; reference samples with no reinforcement, in the 2nd series; samples reinforced with CFRP (Carbon Fiber Reinforced Polymer) fabric, in the 3rd series; samples reinforced with horizontal joint reinforcement. Pressure test and 3-point bending test were applied to the samples. When the results are examined, although the effect of horizontal joint reinforcement on pressure strength was not much, it provided a significant increase in bending strength.

Key Words: Horizontal joint reinforcement, CFRP, Standard solid brick, Strengthening, Restoration

Sorumlu Yazar: Sinan BOZKURT, insmuhsinanbozkurt@hotmail.com

1. Giriş

19. yüzyıla kadar en çok kullanılan yapı sınıfı yığma yapılar olmuştur [1]. 19. yy'dan itibaren betonarme sistemlerin ve çelik yapı sistemlerinin geliştirilmesiyle yapıların depreme dayanıklılığı artmıştır. Günümüzde, ülkemizdeki mevcut yapı stoğunun %51'i yığma yapılardan oluşmaktadır [2]. Ahunbay [3], yığma yapılarda oluşan hasarların sebeplerini dört ana başlık altında toplamıştır. Bunlar; fizyolojik sebepler, biyolojik ve kimyasal sebepler, doğal afetlerin sebep olduğu hasarlar ve insanların sebep olduğu hasarlardır. Fizyolojik sebeplerin başında zeminin niteliği gelmektedir. Yapı tasarlanırken zemin analizinin teknik imkânsızlıklardan dolayı yapılamaması, zeminin jeolojik değişimler geçirmesiyle dayanımın azalması yapıya ağır hasar verebilecek en büyük etkenlerdir [4]. Yapının zemine eğik oturması, iklimsel şartlar, donma-çözünme ve yüksek ısı farklılıkları sonucu oluşan mekanik deformasyonlar da diğer fizyolojik sebeplerdir [3], [4], [5]. Biyolojik ve kimyasal sebepler bağlamında başlıca biyolojik hasar sebebinin bitkiler olduğu belirtilebilir. Rüzgar ya da hayvanlar tarafından taşınan tohumların yapı duvarları üzerinde filizlenmesi ve filizlenen bitki köklerinin duvar içinde gelişmesi sonucu yığma yapılar zarar görmektedir. Bitkilerin dışında kuş ve böceklerin duvarlara yuva yapması sonucu malzeme kaybına neden olabilmektedir. Nemli ortamlarda oluşan küf, mantar gibi mikroorganizmalar yapıya ciddi hasarlar verebilmektedir. Kimyasal hasarlar özellikle sanayi bölgesine yakın yapılarda gözlenmektedir. Sanayi bölgesinden havaya karışan kimyasallar yağmur suyuyla taşınarak yapı yüzeyinde aşınmalara sebebiyet vermektedir. [3], [5], [6], [7]. Doğal afetlerin sebep olduğu hasarlar, deprem, çığ, volkanik patlama, tsunami, toprak kayması, yangın, sel gibi ani yıkıcı etkiye sahip olan doğa olaylarıdır [3], [5], [7]. İnsanların sebep olduğu hasarlarda birincil nedenin, yapının tasarlanması ve tatbik edilmesi sırasında yapılan hatalar olduğu vurgulanabilir. Tasarım yapılırken koşullara uygun malzeme seçilmemesi, yapım sırasında işçiliğin iyi olmaması yapının kullanım ömrüne etkileyen hatalardır [3], [5], [8]. Tasarım yükünün üstünde yük bindirilmesi, mahallerin tasarlanan işlevlerinin dışında kullanılması, yapı karakterine uygun olmayan tadilatlar da insanların sebep olduğu hasarlardandır [3], [5], [9], [10]. Dolgu duvarlarda oluşan hasarlar, dört başlık altında toplanabilir. Bu hasar tipleri yatay derz kayması, çapraz çatlama, köşe kırılması, düzlem dışı kırılma olarak belirtilmektedir [11]. Yatay derz kayması, dolgu duvar bloklarının yapımında kullanılan harcın, dolgu duvar elmanlarından zayıf olması durumunda meydana gelir. İlerleyen

aşamalarda kolon ve kirişlerde kesme ve eğilme momentleri artar. Çerçeve sistemde meydana gelen birim değiştirme miktarı, dolgu duvarda meydana gelen birim yer değiştirme miktarından fazla olduğunda çapraz çatlamlar oluşur. Bu çatlaklar dolgu duvarın merkezinden başlararak yük arttıkça köşegenlere doğru uzanır. Köşe kırılması hasar durumunda ise çerçeve sistemde oluşan gerilmelerin dolgu duvar köşelerinin birinde daha yüksek değere çıkması sonucu oluşur. Gerilmenin şiddeti arttıkça çatlak başladığı köşeden merkeze doğru ilerlerler. Düzlem dışı kırılmalarda, dolgu duvar düzlemine etki eden dik kuvvetlerin kesme ve moment oluşturmaları sonucu dolgu duvar düzlem dışına sehim yapmaya zorlanır. Bu zorlanma duvar dayanımının üstüne çıktığında düzlem dışı kırılmalar oluşur. Bu hasar tipinde çatlaklar düşey ve diyagonal olabilmektedir [12]. Bu çalışmayla, yapılarda sıkça kullanılan dolu harman tuğlasının mekanik özellikleri çeşitli malzemelerle iyileştirilmeye çalışılmıştır. Buna göre; yatay derz donatısı ile güçlendirilmiş dolu harman tuğlası numunelerinin ve CFRP kumaş uygulanmış olan dolu harman tuğlası numunelerinin düşey yükleme altındaki eğilme ve basınç gerilmelerine karşı, dayanımlarındaki değişimin belirlenmesi amaçlanmıştır. Standart harçla oluşturulmuş ve herhangi bir güçlendirmeye tabi tutulmamış numuneler şahit numuneleri olarak değerlendirilmiştir. Numuneler oluşturulurken iki dolu harman tuğlası arasına harç malzemesi 12 mm olacak şekilde uygulanmıştır. Deney sonucu elde edilen eğilme ve basınç dayanımlarındaki değişimlerle ilgili veriler karşılaştırmalı olarak sunulmuştur.

2. Materyal ve Metot

2.1. Yatay Derz Donatısı

Yatay derz donatısı kullanımının amacı, kesme ve çekme gerilmelerine maruz kalındığında duvarın daha iyi bir performans sergilemesini sağlamaktır [13]. Yatay derz donatısı, yapısal performansı iyileştirmek için kolay bir çözüm olarak belirtilebilir. Yatay derz donatısı çeşitli kalınlıktaki harç katmanlarına kolaylıkla uygulanabilmektedir [14]. Çeşitli tipte yatay derz donatısı üretimi yapılmaktadır. Makas tip, merdiven tip, ızgara tip ve şerit tip yatay derz donatısı çeşitleri bulunmaktadır. Çalışmada kullanılan Murfor® marka şerit tip yatay derz donatısı (Bkz: Şekil 1), 7 çelik kord telleri ve iç içe geçmiş fiberglas cam fitillerin örülmesinden oluşmaktadır.



Şekil 1. Çalışmada kullanılan Murfor® yatay derz donatısının tatbiki.

Şekil 2’de çalışmada kullanılan Murfor® yatay derz donatısına ait teknik bilgiler verilmiştir.

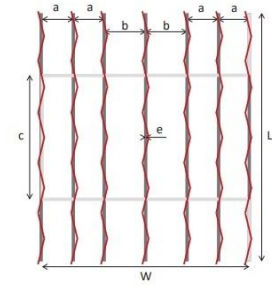
Teknik Özellikleri

Çelik kesiti		
Boylamasına kord	mm ²	0.69
Toplam	mm ²	4.83
Karakteristik		
Akma dayanımı	Mpa	1770
Young modülü	Gpa	180
Gerilme-Agt	%	2.2
Kaplama referansı		
EN843-3	R 20	

Boyutlar

Genişlik	mm	w	50
Aralık _{kısa yönde}	mm	a	7.5
Aralık _{uzun yönde}	mm	b	10
Basamak	mm	c	33
Kalınlık	mm	e	1.75
Uzunluk	m	L	30
Ağırlık	kg/rulo		1.40

Geometri

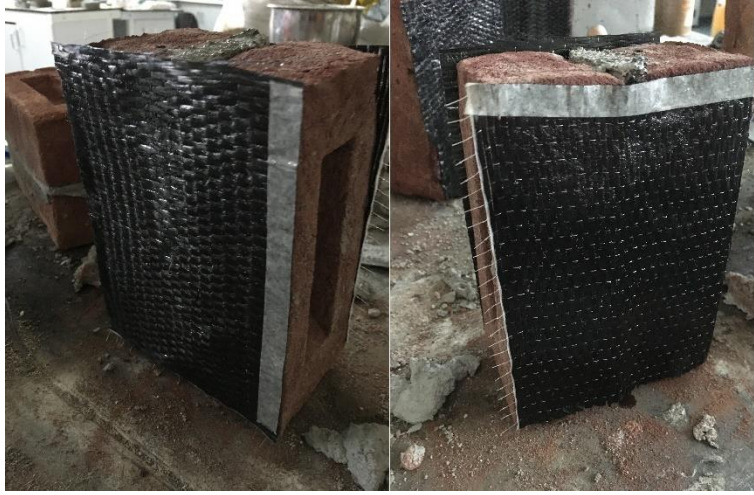


Şekil 2. Çalışmada kullanılan Murfor® yatay derz donatısına ait teknik bilgiler [15].

Yatay derz donatısı ile ilgili yapılmış çalışmalarda: Ateş tuğlasından müteşekkil duvarlarda yatay derz donatısı kullanılmış lento altlarında, çatlak gerilme dayanımının %19 arttığı [16], yatay derz donatısı kullanılan duvar bloklarının standart donatısız duvar bloklarına göre daha yüksek kesme gerilme dayanımı gösterdiği [17], yatay derz donatısı kullanılan pencere ve kapı boşluklu duvarların köşelerinde daha az çatlak oluştuğu [18], pencere boşluklarında lento yerine yatay derz donatısı kullanılarak gerçekleştirilen deneylerde, yatay derz donatısının betonarme lentodan daha yüksek dayanım değerlerine ulaştığı [13], yatay derz donatılı dolgu duvarların mukavemetinde belirgin bir artış olduğu, dolgu duvarlarda sünekliliği iyileştirdiği, çerçeve sistemin dayanımına katkı sağladığı ve aldığı hasarı azalttığı [14] tespit edilmiştir.

2.2. CFRP Kumaş

Lifli polimer kompozitler (FRP), ilk olarak savunma sanayisinde ve uçak mühendisliği alanında kullanılmıştır. Günümüzde FRP kompozit malzemeler, yapı güçlendirme çalışmalarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Bunun başlıca nedenleri; her ebat ve şekilde kesilerek kullanılabilmesi, yapının dayanım değerlerini olumsuz yönde etkilememeleri, hafif olması sebebiyle yapıya fazladan yük oluşturmamaları, çevresel faktörlere karşı dayanıklı olup yapıyı da çevresel faktörlere karşı koruması, çekme dayanımının yüksek olması, uygulanabilirliğinin kolay olmasıdır [19]. FRP malzemeler genel olarak plaka ve dokuma şeklinde üretilmektedir. Plakalar çeşitli ebatlarda üretilebilmektedir. Dokuma FRP çeşitleri liflerin tek yönlü ya da çift yönlü dokunması şeklinde imal edilir. Çalışmada, katalog değerleri; 300 gr/m², nominal kalınlığı 0,17 mm, çekme dayanımı 4.900 MPa, elastisite modülü 230.000 MPa, uzama %2,1 olan tek yönlü CFRP kumaş kullanılmıştır (Bkz: Şekil 3).



Şekil 3. Çalışmada kullanılan tek yönlü CFRP kumaş

CFRP ile ilgili inşaat alanında yapılmış çalışmalarda: CFRP ile güçlendirilen bölme duvarların, çerçevelerin yatay yük taşıma kapasitelerini ve rijitliklerini arttırdığı [20], CFRP ile güçlendirilmiş kirişlerin kesme dayanımının arttığı [21], FRP ile güçlendirilmiş betonarme kirişlerin yük taşıma kapasitelerinde büyük artış olduğu [22], CFRP kullanılan kısa kolonlardaki kesme göçme dayanımının arttığı [23] tespit edilmiştir.

2.3. Dolu Harman Tuğlası

TS EN 771-1+A1’de tuğla; “Kil veya diğer killi topraktan, kum veya diğer toz katkı maddesi ilâve edilerek veya edilmeden seramik bağ elde etmeye yeterli yüksek sıcaklıkta pişirilmek suretiyle elde edilen kâgir birim” olarak tanımlanmıştır. Delikli harman tuğlası ve dolu harman tuğlası olmak üzere 2 tip harman tuğlası bulunmaktadır. Dolu harman tuğlası, ortasında harç cebi olacak şekilde üretilmektedir. Harç cebi 10 mm’den derin, kenarlara uzaklığı 20 mm’den fazla olamaz [24]. Çalışmada, TS EN 771-1+A1 standartına uygun olarak 180x85x50 ebatında 48 adet dolu harman tuğlası (Bkz: Şekil 4) kullanılmıştır.

Tablo 1. Harman tuğlası standartları (TS EN 771-1+A1)

Boyutlar		Toleranslar
Uzunluk (b)	190	+ 6
		- 13
Genişlik (a)	90	+ 4
		- 5
Yükseklik (h)	50	+ 3
		- 2



Şekil 4. Çalışmada kullanılan dolu harman tuğlası

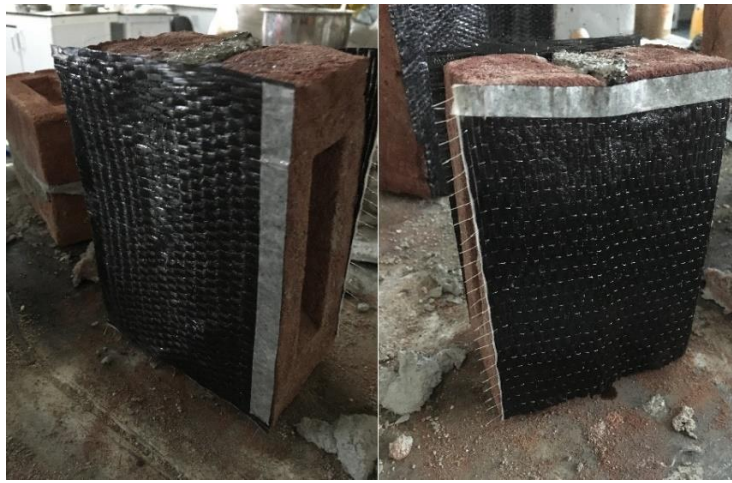
3. Deneysel Çalışmalar

3.1. Numunelerin Hazırlanması

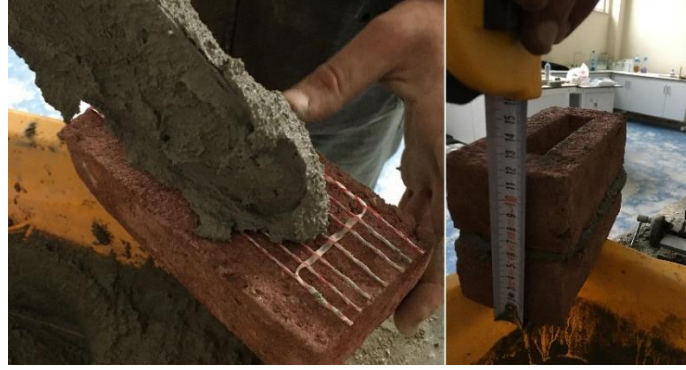
Bu çalışmada 24 adet numune oluşturulmuştur. Oluşturulan numunelerin 8 adeti herhangi bir güçlendirme uygulanmamış standart harçla birleştirilmiş şahit grubu numuneler (Bkz: Şekil 5), 8 adeti tek yönlü CFRP kumaşla güçlendirilmiş numuneler (Bkz: Şekil 6), 8 adetiye şerit tip yatay derz donatısıyla güçlendirilmiş numunelerdir (Bkz: Şekil 7). Tablo 2’de çalışmada kullanılan serilere ait numune kodları verilmiştir.



Şekil 5. Şahit grubu numune



Şekil 6. CFRP kumaş ile güçlendirilmiş numune



Şekil 7. Yatay derz donatısıyla güçlendirilmiş numune

Oluşturulan numuneler 28 gün boyunca kullanılan harcın dayanımını kazanması için bekletilmiştir. Epoksi bazlı reçinenin dayanımını kazanması için tavsiye edilen süre 7 gün olduğundan 21. günde, tek yönlü CFRP kumaş parçaları uygun ebatlarda kesilerek epoksi bazlı reçine ile 8 adet numunenin yan yüzeylerine yapıştırılmıştır. Tek yönlü CFRP kumaş parçaları numunenin bir yüzüne kuvvet yönüne dik diğer yüzeyine ise kuvvet yönüne paralel olarak tatbik edilmiştir. Deneyde kullanılan harç malzemesinden 40x40x160 mm ebatlarında numuneler alınmış alınan numuneler 1 gün prizini alması için bekletildikten sonra kür havuzunda bekletilmiştir. Yatay derz donatısı ile güçlendirilmiş numuneler oluşturulurken iki dolu harman tuğlası arasına önce şerit tip yatay derz donatısı uygun ebatlarda kesilerek yerleştirilmiş ardından yatay derz donatısının üzerine harç malzemesi uygulanmıştır. Tüm serilerde harç malzemesi 12 mm olacak şekilde uygulanmıştır.

Tablo 2. Çalışmada kullanılan serilere ait numune kodları

Numune Grupları	Şahit	CFRP	Murfor® Yatay derz donatısı	Harç
Basınç Deneyi Numuneleri	ŞAHB01	CFRPB01	MURB01	HB01
	ŞAHB02	CFRPB02	MURB02	HB02
	ŞAHB03	CFRPB03	MURB03	HB03
	ŞAHB04	CFRPB04	MURB04	HB04
3-Noktalı Eğilme Deneyi Numuneleri	ŞAH301	CFRP301	MUR301	H301
	ŞAH302	CFRP302	MUR302	H302
	ŞAH303	CFRP303	MUR303	H303
	ŞAH304	CFRP304	MUR304	H304

3.2. Harç Numunelerde Basınç Deneyi ve 3-Noktalı Eğilme Deneyi Uygulaması

Kür havuzundan çıkarılan 40x40x160 mm ebatlarındaki harç numunelerin gerekli temizleme ve kurulama işlemleri yapılmıştır. Numuneler TS EN 12390-5 [25] standartlarında belirtildiği gibi 3-noktalı eğilme deneyi TS EN 772-1+A1(2015) [26] standartlarına göre basınç deneyi gerçekleştirilmiştir (Bkz: Şekil 8). Tablo 3’de deney sonuçları verilmiştir.



Şekil 8. Harç numunelerin basınç ve 3- nokta eğilme deneyinin gerçekleştirilmesi

Tablo 3. Harç numunelerde 3-noktalı eğilme ve basınç deneyi sonuçları

Numune	Eğilme Dayanımı, f_{cf} (MPa)	Basınç Dayanımı (MPa)
H301	3,74	18,53
H302	3,42	18,33
H303	4,12	21,22
H304	4,07	19,59
Ortalama	3,84	19,42

3.3. Şahit Numunelerde Basınç Deneyi ve 3-Noktalı Eğilme Deneyi Uygulaması

Üretilen şahit numunelerin 4’ü basınç deneyine diğer 4’ü ise 3-noktalı eğilme deneyine tabi tutulmuştur (Bkz: Şekil 9-10). Deney sonuçları Tablo 4’de sunulmuştur. Şahit, CFRP ile güçlendirilmiş ve yatay derz donatısıyla güçlendirilmiş tüm numunelerin basınç deneyi TS EN

772-1+A1(2015) [26] standartına göre 3- noktalı eğilme deneyi ise ASTM C67 [27] standartına göre gerçekleştirilmiştir.



Şekil 9. Şahit numunenin basınç deneyinin gerçekleştirilmesi



Şekil 10. Şahit numunenin 3-noktalı eğilme deneyinin gerçekleştirilmesi

Tablo 4. Şahit numunelerde 3-noktalı eğilme ve basınç deneyi sonuçları

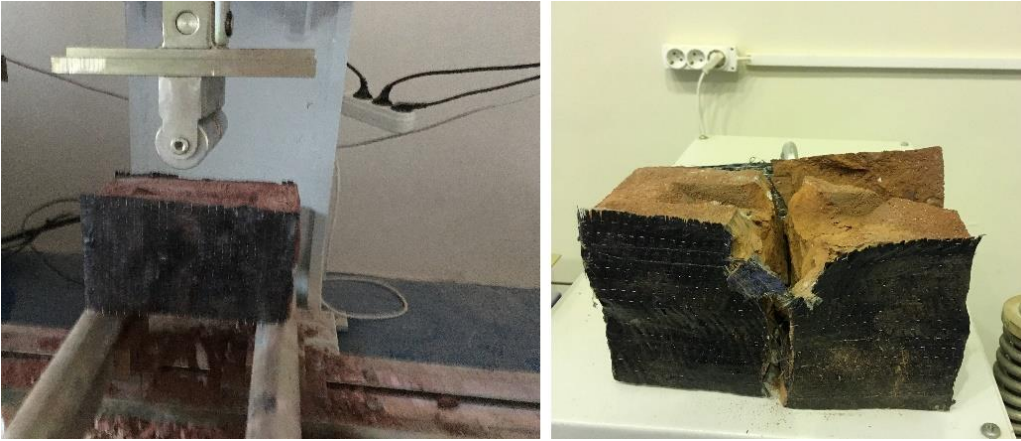
Numune	Eğilme Dayanım (MPa)	Basınç Dayanım (MPa)
ŞAHB01	3,58	7,56
ŞAHB02	2,74	8,18
ŞAHB03	3,77	7,35
ŞAHB04	3,49	7,96

3.4. CFRP Kumaş ile Güçlendirilmiş Numunelerde Basınç Deneyi ve 3-Noktalı Eğilme Deneyi Uygulaması

Üretilen CFRP kumaş ile güçlendirilmiş numunelerin 4'ü basınç deneyine diğer 4'ü ise 3-noktalı eğilme deneyine tabi tutulmuştur (Bkz: Şekil 11-12). Deney sonuçları Tablo 5'te görülmektedir.



Şekil 11. CFRP kumaşla güçlendirilmiş numunelerin basınç deneyinin gerçekleştirilmesi



Şekil 12. CFRP kumaşla güçlendirilmiş numunelerin 3-noktalı eğilme deneyinin gerçekleştirilmesi

Tablo 5. CFRP kumaş ile güçlendirilmiş numunelerde 3-noktalı eğilme ve basınç deneyi sonuçları

Numune	Eğilme Dayanım (MPa)	Basınç Dayanım (MPa)
CFRPB01	5,24	11,41
CFRPB02	6,31	6,79
CFRPB03	5,90	9,40
CFRPB04	5,60	9,63

3.5. Murfor® Yatay Derz Donatısı ile Güçlendirilmiş Numunelerde Basınç ve 3-Noktalı Eğilme Deneyi Uygulaması

Oluşturulan Murfor® yatay derz donatısı ile güçlendirilmiş numunelerin 4 adeti basınç deneyine 4 adeti ise 3-noktalı eğilme deneyine tabi tutulmuş (Bkz: Şekil 13-14) ve yapılan ölçümler sonucu Tablo 6 oluşturulmuştur.



Şekil 13. Murfor® yatay derz donatısı ile güçlendirilmiş numunelerin basınç deneyinin gerçekleştirilmesi



Şekil 14. Murfor® yatay derz donatısı ile güçlendirilmiş numunelerin 3-noktalı eğilme deneyinin gerçekleştirilmesi

Tablo 6. Murfor® yatay derz donatısı ile güçlendirilmiş numunelerde 3-noktalı eğilme ve basınç deneyi sonuçları

Numune	Eğilme Dayanım (MPa)	Basınç Dayanım (MPa)
MURB01	5,34	7,97
MURB02	4,95	7,80
MURB03	4,56	8,43
MURB04	5,16	8,25

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

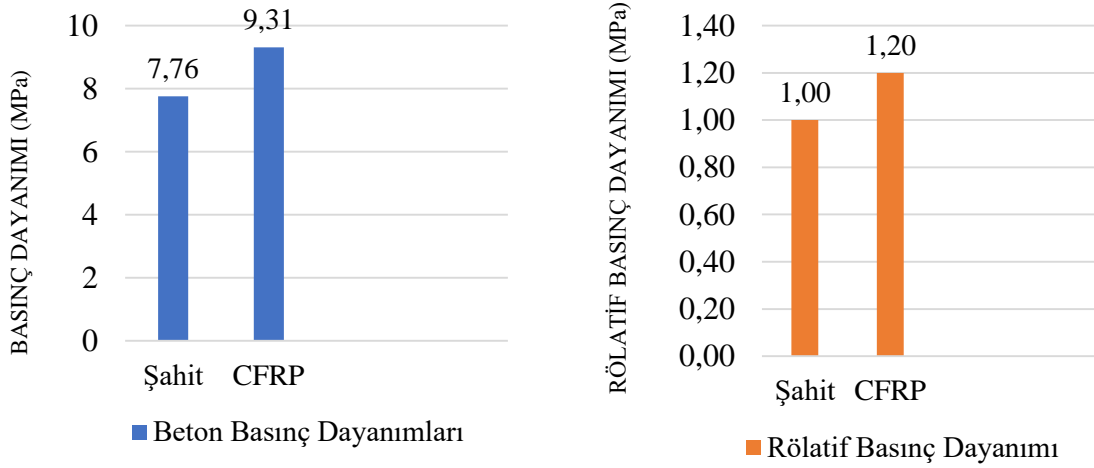
4.1. Basınç Deneyi Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Basınç deneyine tabi tutulan numunelerin basınç dayanım değerleri ve ortalama basınç dayanım sonuçları Tablo 7’de sunulmuştur. Basınç dayanım sonuçları irdelenecek olursa en yüksek ortalama basınç dayanımı CFRP kumaş ile güçlendirilmiş numunelerde gözlenmiştir. Hem CFRP kumaş ile güçlendirilmiş hem de Murfor® yatay derz donatısı ile güçlendirilmiş numunelerde ortalama basınç dayanımı şahit numunelerin ortalama basınç değerinden yüksek çıkmıştır. Tablo 7 incelendiğinde, CFRP kumaş ile güçlendirilmiş numunelerle şahit numunelerin ortalama basınç değerleri karşılaştırıldığında CFRP kumaşla güçlendirilmiş numunelerin ortalama %20 daha fazla dayanım gösterdiği görülmektedir (Bkz: Şekil 15).

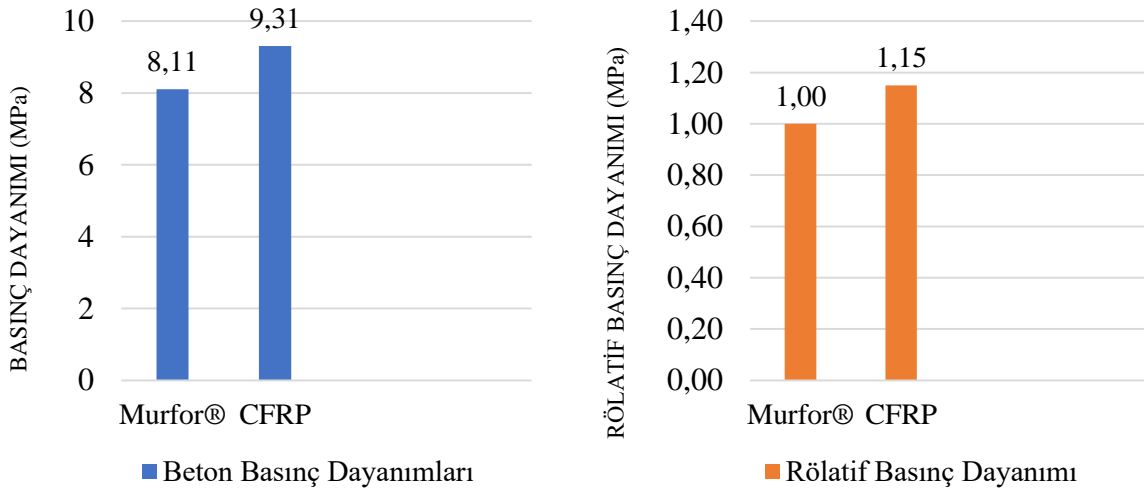
Tablo 7. Numunelerin basınç dayanım değerleri

Numune	Basınç Dayanımı (MPa)	Ortalama
ŞAHB01	7,56	7,76
ŞAHB02	8,18	
ŞAHB03	7,35	
ŞAHB04	7,96	
CFRPB01	11,41	9,31
CFRPB02	6,79	
CFRPB03	9,40	
CFRPB04	9,63	
MURB01	7,97	8,11
MURB02	7,80	
MURB03	8,43	
MURB04	8,25	

Murfor® yatay derz donatısı ile güçlendirilmiş numunelerle CFRP kumaş ile güçlendirilmiş numuneler karşılaştırıldığında, CFRP kumaş ile güçlendirilmiş numunelerin ortalama basınç dayanımının Murfor® yatay derz donatısı ile güçlendirilmiş numunelerden %15 daha fazla olduğu görülmektedir (Bkz: Şekil 16). Harman tuğlasıyla oluşturulmuş numunelerde CFRP kumaş, yanal şekil değiştirmeleri önleyerek numunelerin daha fazla basınç yükünü taşıyabilmesine olanak sağlamıştır.



Şekil 15. CFRP kumaş ile güçlendirilmiş numunelerin ve şahit numunelerin basınç dayanım değerlerinin karşılaştırılması



Şekil 16. Murfor® yatay derz donatısı ile güçlendirilmiş numunelerin ve CFRP kumaş ile güçlendirilmiş numunelerin basınç dayanım değerlerinin karşılaştırılması

4.2. 3-Noktalı Eğilme Deneyi Sonuçlarının Değerlendirilmesi

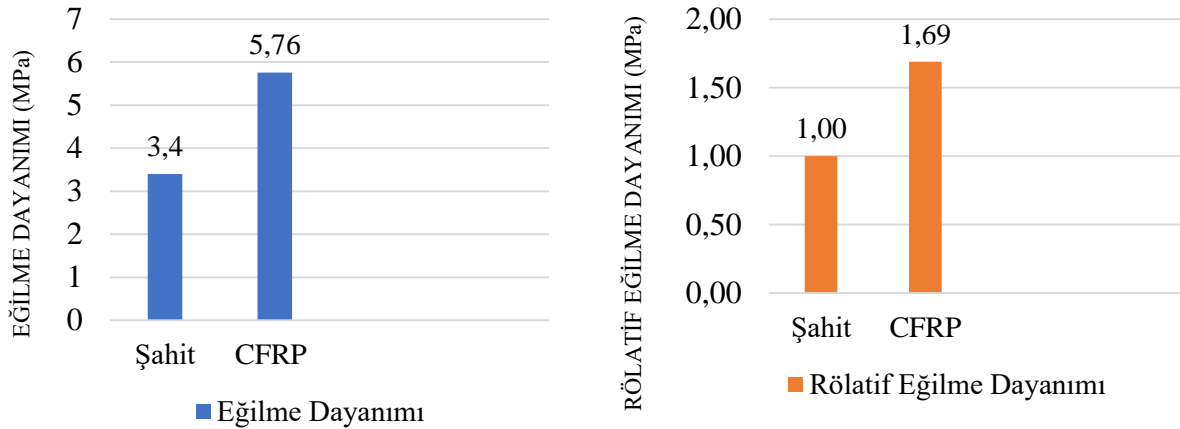
3-noktalı eğilme deneyine tabi tutulan numunelerin eğilme dayanımı değerleri ve ortalama eğilme dayanımı değerleri Tablo 8’de sunulmuştur. Sonuç olarak; hem CFRP kumaş ile güçlendirilmiş hem de Murfor® yatay derz donatısı ile güçlendirilmiş numunelerde ortalama eğilme dayanımının şahit numunelerdeki ortalama eğilme dayanımına göre daha yüksek çıktığı gözlenmiştir. CFRP

kumaş ile güçlendirilmiş numunelerde ortalama eğilme dayanımı ile Murfor® yatay derz donatısı ile güçlendirilmiş numunelerde ortalama eğilme dayanımı birbirine yakın çıkmıştır.

Tablo 8. Eğilme dayanımı sonuçlarının karşılaştırılması

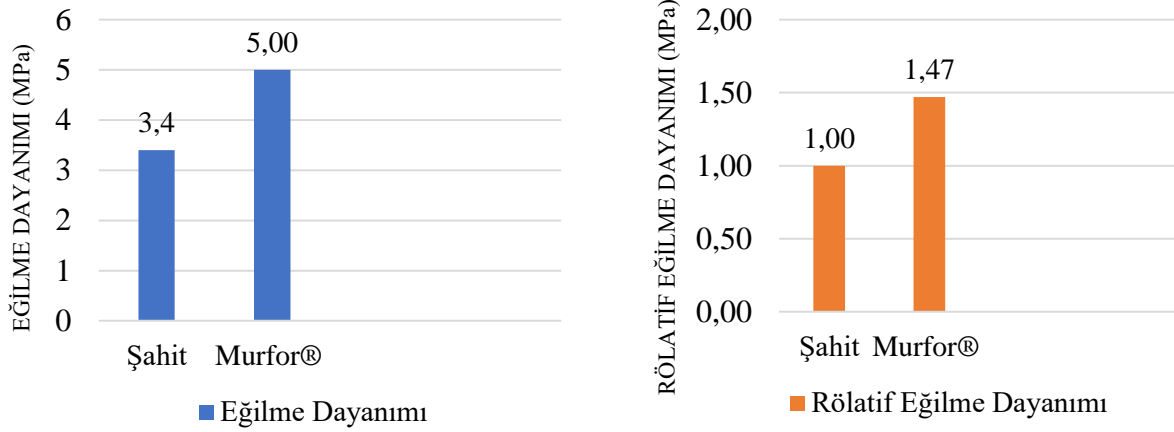
Numune	Eğilme Dayanımı (MPa)	Ortalama
ŞAH301	3,58	3,40
ŞAH302	2,74	
ŞAH303	3,77	
ŞAH304	3,49	
CFRP301	5,24	5,76
CFRP302	6,31	
CFRP303	5,90	
CFRP304	5,60	
MUR301	5,34	5,00
MUR302	4,95	
MUR303	4,56	
MUR304	5,16	

Tablo 8 incelendiğinde, CFRP kumaş ile güçlendirilmiş numunelerle şahit numunelerin ortalama eğilme dayanımı değerleri karşılaştırıldığında CFRP kumaşla güçlendirilmiş numunelerin ortalama %69 daha fazla dayanım gösterdiği görülmektedir (Bkz: Şekil 17).



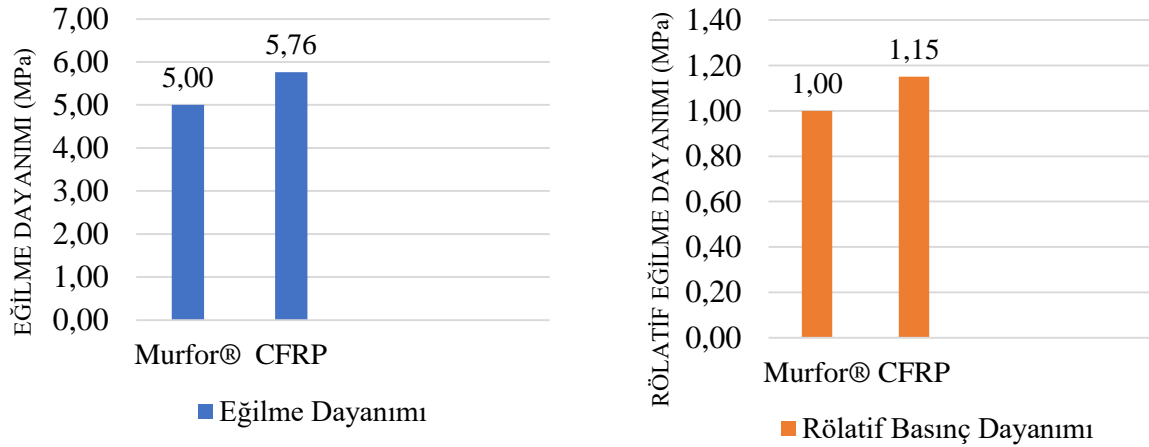
Şekil 17. Şahit numunelerde ve CFRP kumaş ile güçlendirilmiş numunelerde eğilme dayanımı sonuçlarının karşılaştırılması

Tablo 8 incelendiğinde, Murfor® yatay derz donatısıyla güçlendirilmiş numunelerde ortalama eğilme dayanımının, şahit numunelerdeki ortalama eğilme dayanımına oranla %47 daha yüksek olduğu görülmektedir (Bkz: Şekil 18).



Şekil 18. Şahit numunelerde ve Murfor® ile güçlendirilmiş numunelerde eğilme dayanımı sonuçlarının karşılaştırılması

Tablo 8'deki değerler göz önünde bulundurulduğunda, CFRP kumaş ile güçlendirilmiş numunelerin ortalama eğilme dayanımının Murfor® yatay derz donatısıyla güçlendirilmiş numunelerin ortalama eğilme dayanımına oranla %15 daha yüksek olduğu görülmektedir (Bkz: Şekil 19). Eğilme dayanımı açısından CFRP kumaş, Murfor® yatay derz donatısına göre daha yüksek bir performans göstermiştir.



Şekil 19. CFRP kumaş ile güçlendirilmiş numunelerde ve Murfor® yatay derz donatısı ile güçlendirilmiş numunelerde eğilme dayanımı sonuçlarının karşılaştırılması

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu deneysel çalışma kapsamında toplam 24 adet numune üretilmiştir. Üretilen numunelerin 12'si basınç deneyi, diğer 12'si ise 3-noktalı eğilme deneyine tabi tutulmuştur. Elde edilen bulgular ışığında şu sonuçlara ulaşılmıştır:

- Tek yönlü çalışan CFRP kumaşla güçlendirilmiş dolu harman tuğlası numunelerinin, hem basınç hem de eğilme dayanımlarında ciddi bir artış gerçekleşmiştir.
- Tek yönlü çalışan CFRP kumaş, numunelerin iki yan yüzeyine farklı doğrultuda çalışacak şekilde yapıştırılmış, hem basınç deneyinde hem de 3-noktalı eğilme deneyinde kuvvet yönüne paralel doğrultudaki yüzeyde deformasyonlar oluşmuştur. Kuvvet yönüne dik olarak yerleştirilmiş yüzeylerde ise CFRP kumaşta hasar oluşmamıştır. CFRP kumaşla güçlendirilmek istenen yapı elemanlarının kuvvet yönüne dik olarak yerleştirilmesinin son derece önemli olduğu anlaşılmıştır.
- Murfor® yatay derz donatısıyla güçlendirilmiş numunelerin basınç dayanımında ciddi bir artış olmamıştır.
- Murfor® yatay derz donatısıyla güçlendirilmiş numunelerin, basınç deneyindeki kırılma tiplerinin çok benzer olması değerlendirildiğinde, dolu harman tuğlası eniyle yatay derz donatısı eninin eşit olması durumunda dayanımın artıp artmayacağı araştırılmalıdır.
- Murfor® yatay derz donatısıyla güçlendirilmiş numunelerin eğilme dayanımında ciddi bir artış gerçekleşmiştir.
- Yapımında dolu harman tuğlası numuneleri kullanılmış olan tarihi eserlerin restorasyon ve güçlendirmelerinde harç içinde kalarak görsel estetiği bozmaması nedeniyle Murfor® yatay derz donatısı kullanılabileceği önerilebilir.
- Murfor® yatay derz donatısının güçlendirmedeki etkisinin daha iyi anlaşılabilmesi için gerçek boyutlarda duvar elemanlarıyla daha spesifik test cihazlarıyla çalışılması gerekmektedir.
- Murfor® yatay derz donatısının, konutlarda sıklıkla kullanılan delikli tuğla, gaz beton gibi duvar elemanlarıyla da test edilmesi önerilmektedir.
- Murfor® yatay derz donatısının lento ve hatıl yerine kullanılabilmeleri hakkında çalışmalar yapılması tavsiye edilmektedir.
- Farklı tipteki yatay derz donatılarının etkinliğinin ölçülebilmesi için çalışmalar yapılması tavsiye edilmektedir.

- Yığma yapılarda en sık görülen hasar tipi olan oturma çatlakları için yatay derz donatısı kullanımı önerilmektedir.

6. TEŞEKKÜR

Bu makaledeki tüm deneysel çalışma sonuçları ve değerlendirmeler, danışmanlığını Dr. Öğr. Üyesi Kadir KILINÇ'ın yaptığı Sinan BOZKURT tarafından tamamlanmış olan yüksek lisans tez çalışmasında yer almaktadır. Laboratuvar çalışmalarındaki yardımlarından dolayı Murat MUMCUOĞLU'na teşekkürlerimizi sunarız.

KAYNAKLAR

- [1] Bayraktar, A., Tarihi Yapıların Analitik İncelemesi ve Sismik Güçlendirme Teknikleri., İstanbul: Beta Basım Yayım, 2006
- [2] TC. Başbakanlık DİE, Bina Sayımı 2000, Ankara, S 236-238, 2001
- [3] Ahunbay, Z., Tarihi Çevre Koruma ve Restorasyon., İstanbul: Yem Yayın, S 38-58, 1996
- [4] Karakuş, F., Geleneksel Yığma Yapılarda Strüktürel Sorunlar ve Çözüm Yolları, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2012
- [4] Zakar, L., Eyüpgiller, K., K., Mimari Restorasyon Koruma Teknik ve Yöntemleri., İstanbul: Yem Yayınları, 2015
- [5] Kuban, D., Tarihi Çevre Korumanın Mimarlık Boyutu., İstanbul: Yem Yayınları, 2000
- [6] Orbaşlı, A., Architectural Conservation: Principle and Practise., Oxford: Blackwell Publishing Company, 2008
- [7] Mahrabel, H. A., Tarihi Yapılarda Taşıyıcı Sistem Özellikleri, Hasarlar, Onarım ve Güçlendirme Teknikleri., Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2006
- [8] Boussalh M., Mustapha J., Hubert G. ve Sébastien M., Conservation Manual For Earth Architecture Heritage in the pre-Saharan valleys of Morocco., CERKAS and CRATerre-EAG, with the financial help of UNESCO World Heritage Centre, Fransa, 2005
- [9] Madran, E., Cumhuriyet Öncesi Koruma Etkinliklerine Genel Bir Bakış., ODTÜ Mimarlık Fakültesi Dergisi, C 16 (1-2), S 59-97, 1996



[10] Kanit, R., Düzlem Dışı Yüklere Maruz Yığma Duvarların Deprem Davranışlarının Analitik ve Deneysel Değerlendirilmesi., Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, C 22(2), S 441-449, 2007

[11] Toker, A., Betonarme Bir Yapıda Dolgu Duvar Etkisinin Doğrusal Olmayan Dinamik Hesap Yöntemiyle İncelenmesi., Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2007

[12] Rezende, F., Mohamad, G., Rizzatti, E., Kirchof, L.D. & Bavastri, E.,Y.,N., Experimental Analysis of Mechanical Behavior of Lintels with Murfor® Reinforcement in Structural Masonry., Journal of Civil Engineering and Architecture, C 8(5), S 573-580, 2014

[13] Penna A., Calvi G.M., Bolognini D., Design of masonry structures with bed joint reinforcement., Intl. Seminar "Paredes de Alvenaria. Inovação e possibilidades actuais" 15 novembre 2007, LNEC Lisbona, 2007

[14] Bakeart, Murfor® Compact I-50 Rulo Halinde Duvar Güçlendirme Ürünü Bilgi Föyü, <https://www.bekaert.com/en/product-catalog/content/dop/murfor-compact-technical-documents>, Erişim Tarihi: 07.03.2021

[15] Łukasz, D., Study of impact of bed joint reinforcement on load-carrying capacity and crack resistance of masonry walls made of calcium silicate units. Journal of Building Engineering, Silesian University of Technology, Department of Building Structures; Ul. Akademicka 5, S 44-100, 2020

[16] Jasinski, R., Research on the Influence of Bed Joint Reinforcement on Strength and Deformability of Masonry Shear Walls., Materials, C 12 (2543), S 1-28, 2019

[17] Jasinski, R., Research of Behaviour of Bed Joints Reinforced Masonry Walls with Openings Made of Autoclaved Aerated Concrete under Horizontal Shearing. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 603, 022102, 2019

[18] Peker, Ö., Düşük Dayanımlı Betonarme Elemanların CFRP ile Güçlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2005

[19] Fukuyama, K., Higashibata, Y., Miyauchi, Y. Studies on Repair and Strengthening Methods of Damaged Reinforced Concrete Columns. Cement and Concrete Composites. C 22(1), S 81-88, 2000

[20] Ökten, M.S., Lifli Çimento Esaslı Kompozitlerle Güçlendirilmiş Dolgu Duvarlı Betonarme Çerçevelerin Deneysel İncelenmesi., Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2013



[21] Ibrahim, A.M. ve Mahmood, M.S., Finite Element Modeling of Reinforced Concrete Beams Strengthened with FRP Laminates, European Journal of Scientific Research, C 30(4), S 526-541, 2009

[22] Çetinkaya, N., Kaplan, H. ve Şenel, M.Ş., Betonarme Kirişlerin Lifli Polimer (Frp) Malzemeler Kullanılarak Onarım ve Güçlendirilmesi., Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Mühendislik Bilimleri Dergisi, C 10(3), S 291-298, 2004

[23] TS EN 771-1+ A1, Kâgir Birimler- Özellikler -Bölüm 1: Kil Kâgir Birimler (Tuğlalar), 2015

[24] TS EN 12390-5, Beton - Sertleşmiş beton deneyleri - Bölüm 5: Deney numunelerinin eğilme dayanımının tayini, 2019

[25] TS EN 772-1+A1, Kâgir birimler - Deney yöntemleri - Bölüm 1: Basınç dayanımının tayini, 2015

[26] ASTM C67, Standard Test Methods for Sampling and Testing Brick and Structural Clay Tile, 2017