

POLİTEKNİK DERGİSİ

*JOURNAL of POLYTECHNIC*

ISSN: 1302-0900 (PRINT), ISSN: 2147-9429 (ONLINE)

URL: <http://dergipark.gov.tr/politeknik>



# Gazbeton malzemesinden üretilmiş duvarların çelik lifli beton panellerle güçlendirilmesi: deneysel çalışma

## *Strengthening of walls produced from aerated concrete material with steel fibered concrete panels: experimental study*

*Yazar(lar) (Author(s)):* Alper BÜYÜKKARAGÖZ<sup>1</sup>, Nuri SEVİL<sup>2</sup>, Yağmur KOPRAMAN<sup>3</sup>

ORCID<sup>1</sup>: 0000-0003-1074-7637

ORCID<sup>2</sup>: 0000-0001-7061-3039

ORCID<sup>3</sup>: 0000-0001-9552-3039

**Bu makaleye şu şekilde atıfta bulunabilirsiniz (To cite to this article):** Büyükkaragöz A., Sevil N. ve Koprman Y., “Gazbeton malzemesinden üretilmiş duvarların çelik lifli beton panellerle güçlendirilmesi: deneysel çalışma”, *Politeknik Dergisi*, 22(2): 335-340, (2019).

**Erişim linki (To link to this article):** <http://dergipark.gov.tr/politeknik/archive>

**DOI:** 10.2339/politeknik.389644

# Gazbeton Malzemesinden Üretilmiş Duvarların Çelik Lifli Beton Panellerle Güçlendirilmesi: Deneysel Çalışma

*Araştırma Makalesi / Research Article*

Alper BÜYÜKKARAGÖZ\*, Nuri SEVİL, Yağmur KOPRAMAN

Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye

(Geliş/Received : 20.12.2017 ; Kabul/Accepted : 28.01.2018)

## ÖZ

Yığma yapılarda duvarların deprem yükleri altında yetersiz yatay dayanım ve rijitliğe sahip oldukları için hasar görme olasılıkları oldukça yüksektir. Yığma duvarlara yeterli dayanım ve rijitlik kazandırılması için mantolama, katman ekleme vb. gibi farklı yöntemler uygulanarak pek çok deneysel çalışma yapılmıştır. Ancak bu yöntemlerin etkin olmalarının yanında, uzun bir yapım süresi gerektirmesi ve mimari görüntünün bozulmasından dolayı yeni bir uygulamanın geliştirilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada, çelik lifli beton paneller kullanılarak yığma duvarların ucuz, kolay üretilebilir ve pratik bir biçimde güçlendirilmesi sağlanmıştır. Çalışma kapsamında, gazbeton (GB) kullanılarak üretilen toplam 4 adet duvardan 3'ü belli oranlarda çelik lif kullanılarak üretilmiş beton panellerle güçlendirilmiştir. Deneyler sonucunda; deney elemanları arasındaki dayanım, deformasyon ve enerji tüketme kapasiteleri karşılaştırılarak değerlendirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Gazbeton, beton panel, güçlendirme, çelik lif.

## Strengthening of Walls Produced From Aerated Concrete Material With Steel Fibered Concrete Panels: Experimental Study

### ABSTRACT

Due to their insufficient lateral strength and rigidity under earthquake loads, the walls are vulnerable to damage in masonry buildings. Various methods such as jacketing and adding of layers, etc. have been studied for many years in order to improve lateral resistance and strength of the masonry walls. These methods are effective, however, they require a long application period and the implementation of these methods may cause loss of architectural functionality and deteriorate structural aesthetics. Therefore, the development of a new technique would be quite useful. In this study, masonry walls are strengthened with containing steel fibers, which are cheap, easy to produce and practical. This study presents the results of the tests on four walls built with aerated concrete (GB), three of which were strengthened symmetrically using by concrete panels with specified amount of steel fibers. The results of the experiments are discussed with regard to strength, deformation and energy dissipation capacity.

**Key words:** Aerated concrete, concrete panel, strengthening, steel fiber

### 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Yığma duvarların güçlendirilmesi, son zamanlarda üzerinde çalışılmaya başlanılan oldukça önemli bir konudur. Literatürde bu konu ile ilgili yapılmış çalışmalar bulunmaktadır [1-18]. 2007 yılında yürürlüğe giren en son Türk Deprem Yönetmeliği (TDY) [19]'nde de tuğla dolgu çerçeveler için çeşitli güçlendirilme ve hesap yöntemleri verilmiştir.

Betonarme çerçeve taşıyıcı sistemlerinden farklı olarak, taşıyıcı sistemi yığma olan binalarda tuğla v.b malzemelerden üretilmiş duvarlar, düşey yüklere karşı belirli bir dayanım sağlayarak yapıyı taşıyan ana unsurlardır. Bu tür yapıların yatay yönde etkiyen sismik

kuvvetlere karşı dayanımı, eksenel yüklere göre tasarlanan taşıyıcı duvarların kayma davranışının zayıf olması nedeniyle oldukça düşüktür. Yığma taşıyıcı sisteme sahip binalar, yüksek deprem riski içeren bölgelerde teknolojik gelişmelere bağlı olarak pek tercih edilmeseler de halen Türkiye yapı stokunun yarısından fazlasının yığma taşıyıcı sisteme sahip binalardan oluştuğu bilinmektedir [20]. Taşıyıcı sistemine bakılmaksızın deprem riski bakımından can kayıplarının engellenebilmesi için tuğla v.b malzeme ile üretilen duvarların yatay yükler karşısındaki dayanımlarının artırılması, yapıların yatay yükler karşısındaki performansının iyileştirilmesi oldukça önemlidir. Bu çalışmanın amacı, yeterli yatay rijitliğe ve kesme güvenliğine sahip olmayan G4 tipi gazbeton ile imal

\*Sorumlu Yazar (Corresponding Author)  
e-posta : karagoz@gazi.edu.tr

edilmiş duvarlar için hızlı ve kolay uygulanabilen, etkili bir güçlendirme tekniğinin geliştirilmesidir.

## 2. DENEYSSEL ÇALIŞMA (EXPERIMENTAL STUDY)

Bu çalışmada, G4 sınıfı gazbeton malzeme kullanılarak 900 mm yüksekliğinde ve 900 mm uzunluğunda 4 adet duvar imal edilmiştir. G4 sınıfı gazbeton düşey taşıyıcı duvar elemanları üretiminde kullanılan bir malzemedir.

Üretilen duvarlardan referans elemanlar dışındakilerinin her iki yüzüne 450 mm yüksekliğinde, 450 mm genişliğinde ve 10 mm kalınlığında belli oranda çelik lif katılarak üretilmiş olan beton paneller Sikadur 31 epoksi yapıştırıcı kullanılarak yapıştırılmıştır.

Deneyler sonucunda elde edilen sonuçlardan önerilen güçlendirme tekniğinin deney elemanlarının genel davranış, dayanım ve rijitliklerine etkileri incelenmiştir. Yapılan deneysel çalışmalar sonucunda elde edilen sonuçların, bu konu ile ilgili literatüre katkı sağlayacağı, uygulanan yöntemin ucuz, pratik ve hızlı uygulanabilir olmasının mevcut yığma yapıların güçlendirilmesinde önemli avantajlar sağlayacağı düşünülmektedir. Deney elemanlarına ait özellikler Çizelge 3'te verilmiştir.

### 2.1. Malzemeler ve deney elemanları (Materials and test specimens)

Deney elemanları gazbeton malzemeden üretilmiştir. Deney elemanlarının geometrik boyutları 900 x 900 x 200 mm'dir. Duvar elemanlarında kullanılan

sonuçları Şekil 1'de ise prizmatik basınç dayanım test fotoğrafları görülmektedir.



Şekil 1. Gazbeton ile üretilmiş eleman (Specimen produced with aerated concrete)

Deney elemanlarının, yaklaşık basınç dayanımı 40 MPa olan 10 mm kalınlığındaki lifsiz ve belli oranlardaki çelik lifli beton panellerle güçlendirilmesi yapılmıştır. Çelik lif olarak Dramix ZP305 marka lifler kullanılmıştır. Dramix ZP305 malzemesine ait özellikler Çizelge 2'de verilmiştir. Beton paneller basınç dayanımı 65 MPa, çekme dayanımı 20 MPa ve yapışma dayanımı yaklaşık olarak 3,5 MPa olan iki bileşenli epoksi reçinesi (Sikadur 31) kullanılarak duvar yüzeyine yapıştırılmıştır. Çalışma kapsamında üretilip test edilen deney elemanları Çizelge 3'de verilmiştir. Beton panellerin üretim aşaması Şekil

Çizelge 1. Prizmatik basınç dayanım sonuçları (Results of prismatic compression strength)

Duvar Malzemesi	Prizmatik Dayanım (kN)	Ortalama Prizmatik Dayanım (kN)	Düzeltilmiş Prizmatik Dayanım * (kN)	Kesit Alanı (mm <sup>2</sup> )	Basınç Dayanımı (MPa)
	248,74				
Gazbeton	227,59	236,19	207,85	57000	3,65
	232,24				

\*Düzeltilme katsayıları ASTM E447'de verilmiştir.

malzemeleri bağlayıcı harç olarak, ASTM C270'de [21] normal harç (N tipi) olarak tanımlanan duvar harcı kullanılmıştır. Bu standartta belirtilen çimento, kireç, kum ve su oranları sırası ile 1 : 1 : 6 : 1,5'tir. Bağlayıcı harçlardan alınan 3 adet 150 x 300 mm boyutlarındaki silindirik numunelere 28 günlük kür ardından aksel basınç testi uygulanmış ve ortalama 5 MPa'lık bir basınç dayanımı elde edilmiştir. Duvarları oluşturan malzemelerden üretilen yalın duvar prizmaları için ASTM E447'de [22] öngörülen prizmatik basınç dayanım testi de uygulanarak yalın duvarların benzer basınç dayanımında olması sağlanmıştır. Bu testte gazbeton kullanılarak üretilmiş elemanların boyutları 190 x 300 mm'dir. Toplam 3 adet eleman test edilmiş ve ortalama basınç değerleri alınmıştır. Çizelge 1'de test

2'de verilmiştir. Deney elemanları isimlendirmesinde ilk 2 harf malzeme türünü, üçüncü rakam ise kullanılan beton panellerde hacimsel olarak hangi oranda (%) çelik lif bulunduğunu göstermektedir. R ile gösterilen tanımlama referans deney elemanına aittir.

Çizelge 2. Çelik life ait özellikler: Dramix ZP305 (Properties of steel fibre:Dramiz ZP305)

Teknik Özellikler	
Boy (mm)	30
Çap (mm)	0,55
Narinlik	55
Özgül Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	7,85
Çekme Dayanımı (MPa)	1100

Çizelge 3. Deney elemanları (Test specimens)

Kullanılan Malzeme	Deney Elemanı Adı	Güçlendirme Uygulaması
Gazbeton	Gazbeton Referans (GBR)	Yalın Duvar Elemanı
	Gazbeton (GB0)	Çelik lif bulunmayan beton panellerle güçlendirilmiş duvar elemanı
	Gazbeton (GB1)	%1 çelik lif bulunan beton panellerle güçlendirilmiş duvar elemanı
	Gazbeton (GB2)	%2 çelik lif bulunan beton panellerle güçlendirilmiş duvar elemanı



(a)



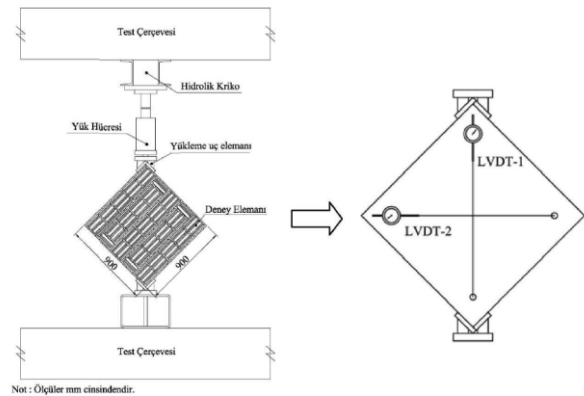
(b)

Şekil 2. a) Betona Dramix ZP305 eklenmesi b) Beton panellerin üretim için kalıba dökümü (a) Adding Dramix ZP305 to concrete b) Molding of concrete panles for production)

## 2.2. Test ve Ölçüm Düzenegi (Instrumentation and test procedure)

Çalışmada, deney elemanları ASTM E591'de [23] öngörülen biçimde test edilmiştir. Şekil 2'de verilen test çerçevesi içerisinde bulunan deney elemanlarına diyagonal yük uygulanmıştır. Yükleme doğrultusunda ve yüklemeye dik doğrultuda meydana gelen doğrusal deformasyonlar ölçülmüştür.

Deney elemanlarına yük aktarma amacıyla 750 kN eksenel yük kapasiteli bir çerçeve kullanılmıştır. Deney elemanlarına verilen yük, 1000 kN basınç kapasiteli bir kriko ile ve el ile yüklenen bir hidrolik pompa yardımı ile verilmiştir. Yükleme çerçevesi içerisine yatayla 45° eğimli olarak yerleştirilen deney elemanı üzerinden iki doğrultuda deformasyon ve eksenel yük ölçümü olmak üzere toplam 3 adet ölçüm alınmıştır. Alınan ölçümler elektronik veri toplama aleti aracılığı ile bilgisayar ortamına kaydedilmiştir. Yükleme ve ölçüm düzenegi Şekil 3'de verilmiştir.



Şekil 3. Deney elemanı yükleme ve ölçüm düzenegi (Test specimen and instrumentation)

### 3. DENEYSEL SONUÇLAR (TEST RESULTS)

Deneysel çalışmalarda toplam 4 adet deney elemanı test edilmiştir. Deney elemanlarının değerlendirilmesinde, güçlendirme uygulanmış ve yalın deney elemanlarının kritik yük aşamalarındaki ve taşıma gücü aşıldıktan sonraki davranışlarının irdelenmesi için daha önce yapılmış olan çalışmalar da dikkate alınarak, deney elemanının tepe noktasından sonra pratikte yük taşımaya devam etse de artık göçtüğünün kabul edildiği bir “göçme noktası” tanımlanmıştır. Bu nokta, taşıma gücüne ulaşıldığı “tepe noktası” yük seviyesinden itibaren %15’lik yük kaybının meydana geldiği yer olarak kabul edilmiştir. [24]

#### 3.1. Yük ve deplasmanlar (Load and displacements)

Yapılan deneysel çalışmalar sonucunda, referans deney elemanı (GBR) 80 kN diyagonal basınç yükü taşımıştır. Referans deney elemanı diyagonal ve uygulanan yük doğrultusunda oluşan ana kesme çatlağından dolayı göçmüştür.

Beton panellerle güçlendirilen duvar elemanları ortalama 239 kN yük seviyesine ulaşmıştır. Güçlendirilen deney elemanlarının taşıma gücü, referans elemana kıyasla 2.8-3.2 kat aralığında artmıştır. Güçlendirilen duvar elemanları çelik lif oranına bağlı kalmaksızın yaklaşık aynı taşıma gücü değerlerine ulaşmıştır. Göçme, GB0 deney elemanında

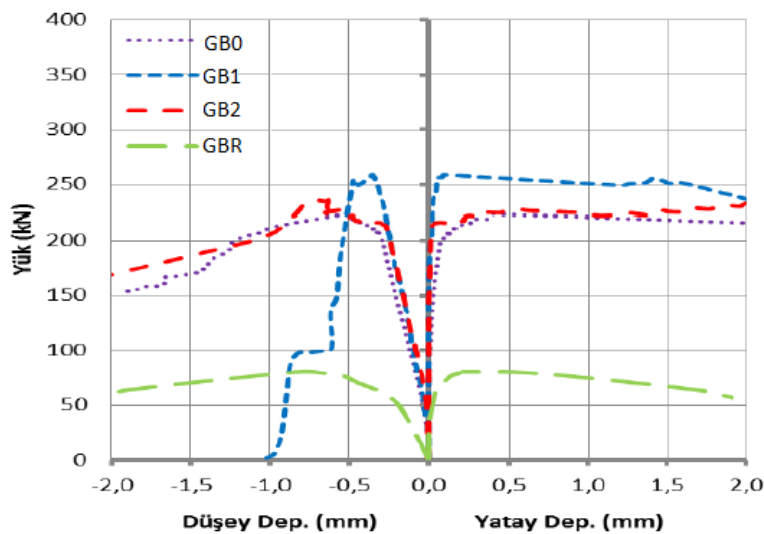
oluşan kesme çatlağı ve beton panellerden sağ altta olanının yapışma yüzeyinden ayrılması neticesinde meydana gelmiştir. Buna neden olarak, gazbeton eleman yüzeyinin daha tozlu bir yapıya sahip olması ve bu durumun da yapışma dayanımını etkilemesi olarak gösterilebilir. GB1 ve GB2 deney elemanları ise oluşan ana kesme çatlağı ve üst başlıktaki beton panellerin ezilmesi neticesinde göçmüşlerdir.

Duvar elemanlarının deney sonuçları Çizelge 4’te ve yük-deplasman eğrileri Şekil 4’te verilmiştir.

Deney elemanları taşıma gücü kriteri bakımından irdelendiğinde, birim basınç dayanımının diyagonal çekme kapasitesi ile doğru orantılı olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca, birim basınç dayanımı arttıkça duvarın, güçlendirme yöntemi ile ulaşılabilen taşıma gücünde de artış gözlenmiştir. Ayrıca yapışma yüzeyinin düzgün olması ve duvarın bütün yüzeylerinden panellerin yapışabilmesi de dayanım artışı konusunda önemli bir unsur olarak gözükmektedir. Deney elemanlarında kullanılan çelik lif oranlarının taşıma gücü açısından anlamlı bir artışa neden olmadığı ancak oluşan çatlak genişliklerini sınırladığı, deney elemanına kısmen süneklik kattığı ve parçasal bütünlüğün korunmasını sağladığı gözlemlenmiştir. Güçlendirme uygulanmış bütün deney elemanlarında referans deney elemanlarında olduğu gibi parçasal ayrılmalar gözlenmemiş ve deney elemanları göçmelerine rağmen bütünlüklerini

Çizelge 4. Deney elemanlarının deney sonuçları (Test results of test specimens)

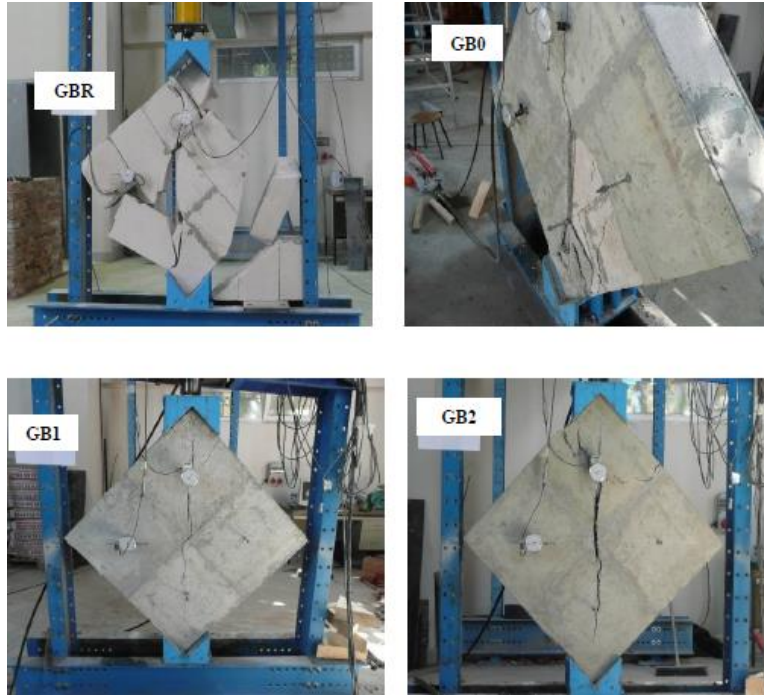
Deney Elemanı	Doğrultu	Tepe Noktası			Göçme Noktası		
		Deplasman (mm)	Yük (kN)	Güçl. / Ref.	Deplasman (mm)	Yük(kN)	Güçl. / Ref.
GBR	Düşey	-0,81	80	-	-1,50	68	-
	Yatay	0,26			1,40		
GB0	Düşey	-0,51	223	2.79	-1,54	190	2.79
	Yatay	0,40			3,46		
GB1	Düşey	-0,35	259	3.24	-0,51	219	3.22
	Yatay	0,09			2,53		
GB2	Düşey	-0,65	235	2.94	-1,21	197	2.90
	Yatay	0,50			3,38		



Şekil 4. Deney elemanlarının yük-deplasman eğrileri (Load-displacement curves of test specimens)

korumuşlardır. Deneysel elemanlarının deney sonu görünümleri ise Şekil 5’de verilmiştir.

kapasitelerinin arttığını göstermektedir. Ancak %2 oranından fazla lif kullanımı 1 cm kalınlığında beton



Şekil 5. Deneysel elemanlarının deney sonu görünümleri (The view of test specimens after tests)

Referans duvarlar ile kıyaslandığında, güçlendirilmiş duvarların tepe noktaları arasında -% 43 ile +% 91 arasında değişen deplasman farkları meydana gelmiştir. Özellikle GB1 deneysel elemanı GBR referans elemanına göre oldukça rijit bir davranış göstermiştir. Göçme noktaları incelendiğinde ise deplasmanlarda 2.5 kata varan artışlar gözlemlenmiştir. Genel olarak güçlendirilmiş deneysel elemanları, referans elemanlara göre daha az yük kaybı sergilemişlerdir.

Deneysel elemanlarında güçlendirilen elemanların GBR

panel üretiminde sorunlar yaratacağından bu oran sınıır değer olarak kullanılmalıdır. Çizelge 5’de enerji tüketme kapasiteleri verilmiştir.

#### 4. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Deneysel çalışma kapsamında üretilen ve test edilen 4 adet deneysel elemandan elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenerek verilmiştir.

- Önerilen güçlendirme yöntemi, gazbeton malzeme kullanılarak üretilen duvarlar üzerinde başarılı

Çizelge 5. Deneysel elemanlarının enerji tüketme kapasiteleri (Energy dissipation capacities of test specimens)

Deneysel Elemanı	Doğrultu	Tepe Noktası (Joule)	Güçl./Ref.	Göçme Noktası (Joule)	Güçl./Ref.
GBR	Düşey	49	-	101	-
	Yatay	18	-	105	-
GB0	Düşey	164	3.35	604	5.98
	Yatay	163	9.06	1486	14.15
GB1	Düşey	109	2.22	187	1.85
	Yatay	43	2.38	1223	11.65
GB2	Düşey	265	5.41	510	4.86
	Yatay	230	12,77	1540	14.67

elemanına kıyasla yük taşıma kapasitesi açısından tepe ve göçme noktalarında yaklaşık 3.2 kat oranında artış meydana gelmiştir. Özellikle göçme noktaları açısından %2 çelik lifli beton panellerle güçlendirilmiş duvar elemanının enerji tüketim değeri referans elemanına göre oldukça fazla çıkmıştır. Bu değerler, çelik lif oranı arttıkça duvarların önemli oranda enerji tüketim

olmuş, duvarların taşıma gücünü ve deplasman kapasitesini artırmıştır.

- Çelik lif kullanılan panellerde daha sünek bir davranış gözlemlenmiş ve enerji tüketme kapasitelerinde de büyük artışlar olmuştur.
- Kullanılan çelik lifli paneller sayesinde ani ve toptan göçme gözlemlenmemiş ve deneysel elemanları

- bütünlüklerini korumuşlardır.
- Uygulamada yapışma yüzeyinin mümkün olduğunca düzgün, tozdan arındırılmış olması ve beton panellerle duvar arasında boşluk olmaması elde edilen sonuçların etkinliğini arttırmaktadır.
  - Yüzeyin düzgün olmasının sağlanamadığı ve beton panellerle duvar arasında boşluk oluşma ihtimali olması durumunda, yapışma etkinliğini arttırmak için mekanik ankrajların kullanılması daha etkili bir sargılama yaratması açısından faydalı olacaktır.
  - Birim basınç dayanımları ile diyagonal çekme dayanımları arasında iyi bir uyum olduğu kanıtlanmıştır. Birim basınç dayanımı arttıkça malzemenin güçlendirilme etkisi de artmaktadır.
  - Uygulanan yöntemin, ucuz, kolay üretilebilir ve pratik uygulanabilir olması bakımından elde edilen sonuçlara göre maliyet/fayda oranı açısından oldukça başarılı olduğu gözlenmiştir.
  - Beton panel kalınlığının artırılması durumunda daha yüksek oranda hacimsel çelik lif kullanımının uygun olup olmadığı üretim esnasında belirlenebilir.

#### TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGEMENT)

Bu çalışma Gazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından 07/2013-04 nolu proje ile desteklenmiştir.

#### KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Albert M.L., Elwi A.E., Cheng J.J.R., “Strengthening of unreinforced masonry walls using FRPs”, *Journal of Composites for Construction*, 5 (1): 76-84, (2001)
- [2] Korany Y., Drysdale R., “Rehabilitation of masonry walls using unobtrusive FRP techniques for enhanced out-of-plane seismic resistance”, *Journal of Composites for Construction*, 10 (3): 213-22, (2006).
- [3] Tan K.H., Patoary M.K.H., “Strengthening of masonry wall against out-of-plane loads using fiber-reinforcement polymer reinforcement”, *Journal of Composites for Construction*, 8 (1): 79-87, (2004).
- [4] Turco V., Secondin S., Morbin A., Valluzzi M.R., Modena C., “Flexural and shear strengthening of unreinforced masonry with FRP bars”, *Composites Science and Technology*, 66 (2): 289-296, (2005).
- [5] Yang Q., “Strengthening of unreinforced masonry walls using FRP techniques under out-of-plane loading”, *School of Civil and Environmental Engineering, The University of Adelaide, Master of Engineering Science*, 2007.
- [6] Hamed E., Rabinovitch Q., “Failure characteristics of FRP-strengthened masonry walls under out-of-plane loads”, *Engineering Structures*, 32 (8): 2134-2145, (2010).
- [7] Camli U.S., Binici B., “Strength of carbon fiber reinforced polymers bonded to concrete and masonry”, *Construction and Building Materials*, 21 (7): 1431-1446, (2007).
- [8] Capozucca R., “Experimental FRP/SRP-historic masonry delamination”, *Composite Structures*, 92 (4): 891-903, (2010).
- [9] Aiello M.A., Sciolti S.M., “Bond analysis of masonry structures strengthened with CFRP sheets”, *Construction and Building Materials*, 20 (1): 90-100, (2006).
- [10] Dizhur D., Ismail N., Knox C., Lumantama R., Ingham J. M., “Performance of unreinforced and retrofitted masonry buildings during the 2010 Darfield earthquake”, *Bull. N. Z. Society Earthquake Engineering*, 43 (4): 321-329, (2010).
- [11] Corradi M., Borri A., Vignoli A., “Experimental evaluation of in-plane shear behavior of masonry walls retrofitted using conventional and innovative methods”, *Masonry International*, 21 (1): 29-41.(2008)
- [12] Andrew S., Thomas R., “A critical review of retrofitting methods for unreinforced masonry structures”, *in:The Royal Academy of Engineering*, EWB-UK Research Conference, (2009).
- [13] Valluzzi M.R., Tinazzi D., Modena C., “Shear behavior of masonry panels strengthened by FRP laminates”. *Construction and Building Materials*, 16 (7): 409-416, (2002).
- [14] El-Dakhkhni W.W., Hamid A.A., Hakam Z.H.R., Elgaly M., “Hazard mitigation and strengthening of unreinforced masonry walls using composites”, *Composite Structures*, 73 (4): 458-477, (2006).
- [15] Shahzada K., Javed M., Alam B., Khan M., Ali Z., Kahan H., Shah S.S.A., “Strengthening of brick masonry walls against earthquake loading”, *International Journal of Advanced Structures & Geotechnical Engineering*, 1 (1), 10-14, (2012).
- [16] Corradi M., Borri A., Vignoli A., “Experimental study on the determination of strength of masonry walls”, *Construction and Building Materials*, 17 (5): 325-337, (2003).
- [17] Sathiparan N., Paola M., Kimiro M., “Parametric study on diagonal shear and out of plane behavior of masonry wallets retrofitted by PP-band mesh”, *in: 14 WCEE. World Conference on Earthquake Engineering*. Beijing, (2008).
- [18] Kalali A., Kabir M. Z., “Experimental response of double-wythe masonry panels strengthened with glass fiber reinforced polymers subjected to diagonal compression tests”, *Engineering Structures*, 39: 24-37, (2012).
- [19] “Turkish Earthquake Code”, T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü Deprem Araştırma Dairesi. Ankara, (2007).
- [20] “Bina Sayımı”, T.C. Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü, Ankara, (2000).
- [21] ASTM C270, “Standard Specification for Mortar for Unit Masonry, American Society for Testing and Materials”, *West Conshohocken*, PA, (2012).
- [22] ASTM E447, “Test Methods for Compressive Strength of Laboratory Constructed Masonry Prisms, American Society for Testing and Materials”, *West Conshohocken*, PA, (1998).
- [23] ASTM E591, “Standard Test Method for Diagonal Tension (Shear) in Masonry Assemblages, American Society for Testing and Materials”, *West Conshohocken*, PA, (1981).
- [24] Zhou D., Lei Z., Wang J., “In-plane behavior of seismically damaged masonry walls repaired with external BFRP”, *Composite Structures*, 102: 9-19, (2013).