



POLİTEKNİK DERGİSİ

*JOURNAL of POLYTECHNIC*

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

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

## Çelik elemanlar ile güçlendirilen tuğla duvarların kayma davranışının araştırılması

### *Research on the shear behavior of masonry walls strengthened with steel members*

Yazar(lar) (Author(s)): Yağmur KOPRAMAN<sup>1</sup>, Rüçhan Emir ÖZMEN<sup>2</sup>, Anıl ÖZDEMİR<sup>3</sup>, Ali ÖZGEDİK<sup>4</sup>

ORCID<sup>1</sup>: 0000-0001-9552-3039

ORCID<sup>2</sup>: 0000-0002-0086-5616

ORCID<sup>3</sup>: 0000-0001-6563-5144

ORCID<sup>4</sup>: 0000-0003-4964-4264

**Bu makaleye şu şekilde atıfta bulunabilirsiniz (To cite to this article):** Kopraman Y., Özmen R. E., Özdemir A. ve Özgedik A., “Çelik elemanlar ile güçlendirilen tuğla duvarların kayma davranışının araştırılması”, *Politeknik Dergisi*, 21(2): 471-476, (2018).

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

**DOI:** 10.2339/politeknik.389634

# Çelik Elemanlar ile Güçlendirilen Tuğla Duvarların Kayma Davranışının Araştırılması

*Araştırma Makalesi / Research Article*

Yağmur KOPRAMAN<sup>1\*</sup>, Rüçhan Emir ÖZMEN<sup>1</sup>, Anıl ÖZDEMİR<sup>1</sup>, Ali ÖZGEDİK<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Teknoloji Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Gazi Üniversitesi, Türkiye

<sup>2</sup>Teknoloji Fakültesi, İmalat Mühendisliği Bölümü, Gazi Üniversitesi, Türkiye

(Geliş/Received : 27.10.2017 ; Kabul/Accepted : 29.10.2017)

## ÖZ

Betonarme taşıyıcı elemanların bulunmadığı yapılarda tuğla duvarlar, statik yükler altında düşey taşıyıcı olarak yeterli dayanım sağlayabilmektedir. Ancak deprem, patlama veya çarpma yükleri altında, tuğla duvarlar yetersiz yatay dayanım ve rijitlik sergiledikleri için hasar görme olasılıkları oldukça yüksektir. Ekonomik olması, kolay inşa edilmesi ve doğal malzemelerin kullanımı gibi avantajları bulunan duvarlara yeterli yatay dayanım kazandırılması amacı ile mantolama, katman ekleme vb. birçok yöntem üzerinde uzun zamandan bugüne dek deneysel olarak çalışılmıştır. Ancak bu yöntemler etkin oldukları oranda, uzun bir yapım süresi gerektirmesi, yapıda işlev kayıplarına yok açması ve mimari estetiğin bozulması gibi nedenlerden dolayı yeni bir tekniğin geliştirilmesi oldukça yararlıdır. Yapılan çalışmada, çelik şerit ve/veya levha kullanılarak tuğla duvarların kolay temin edilebilir malzeme ile hızlı bir biçimde güçlendirilmesi sağlanmıştır. Çalışma kapsamında, boşluklu yığma tuğla (BT) kullanılarak üretilen toplam 4 adet duvardan 3'ü simetrik biçimde 3 farklı (A, B ve C Tipi) çelik eleman deseni kullanılarak güçlendirilmiştir. Deneyler sonucunda; elemanların güçlendirme yöntemleri arasındaki kayma dayanımı performansı, deformasyon ve enerji sönmüleme kapasitesi karşılaştırılarak değerlendirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Tuğla duvar, kesme dayanımı, güçlendirme, çelik eleman.

# Research On The Shear Behaviour Of Masonry Walls Strengthened With Steel Members

## ABSTRACT

Masonry brick wall may provide adequate gravitational strength under static load as vertical load carrying member even if the building has no reinforced concrete structural elements. However, in case of earthquake, explosion or under impact loads because of their insufficient lateral strength and rigidity the brick walls are vulnerable to damage. Such advantages as low cost, easy to build and use of natural materials of the masonry wall, many methods such as jacketing and adding of layers etc. have been studied experimentally for many years in order to improve lateral resistance of masonry walls. These methods are effective however they, require a long construction period, may cause loss of architectural functionality and deteriorate structural aesthetics. Therefore the development of a new technique is quite useful. In this study, masonry walls are strengthened with steel strips or steel plates which is cheap to provide and easy to obtain. Presented experimental study covers the results of 4 walls built with hollow clay masonry unit (BT), of which 3 of them were strengthened symmetrically using three different (A, B and C) steel member schemes. The results of the experiments were discussed with regard to shear strength improvement, deformation and energy dissipation capacity and the performance of the strengthening schemes.

**Keywords:** Masonry wall, shear strength, strengthening, steel membe

## 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Tuğla dolgulu çerçevelerin güçlendirilmesi oldukça güncel bir araştırma konusudur. 2007 yılında günümüzdeki şeklini alan Türk Deprem Yönetmeliği (TDY) [1] tuğla dolgulu çerçeveler için güçlendirilme yöntemlerini önermekte ve hesaplama ve uygulamaya yönelik bilgiler sunmaktadır. Çerçeve taşıyıcı sistemlerin aksine, taşıyıcı sistemi yığma olan binalarda tuğla duvarlar, düşey yüklere karşı belirli bir dayanım sağlaması üzere yapıya destek veren taşıyıcılardır. Bu tür yapıların yatay yönde etkiyen sismik kuvvetlere karşı performansı, yığma taşıyıcı sistemin ağır olması ve

eksenel yüklere göre tasarlanan taşıyıcı duvarların kayma davranışının vasat olması nedeniyle oldukça düşüktür. Yığma taşıyıcı sisteme sahip binalar, yüksek deprem riski içeren bölgelerde artık üretilmeseler bile ülkemiz yapı stokunun yaklaşık olarak halen %60'ının yığma taşıyıcı sisteme sahip binalardan oluştuğu bilinmektedir. Ayrıca, ülkemiz yapı stokunun %60'ında tuğla malzemesinin kullanıldığı da 2000 yılı bina sayımında [2] tespit edilen bir gerçektir. Taşıyıcı sistemine bakılmaksızın deprem riski bakımından can kayıplarının engellenebilmesi için tuğla malzemesi ile üretilen duvarların yatay yükler karşısındaki dayanımlarının artırılması, yapıların yatay yükler karşısındaki performansının iyileştirilmesi gerekmektedir.

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

## 2. MATERYAL VE METOD (MATERIAL and METHOD)

### 2.1. Deneysel Elemanları ve Malzemeler (Test Specimens and Materials)

Tuğla duvar, birden çok tuğla biriminin bağlayıcı ile birleştirilmesi sayesinde imal edilir. Ancak bir bütün gibi görünen duvarlar, taşıyıcılık adına sürekli ortama sahip değildir. Yükler altındaki davranışlarının sayısal yöntemler ile ortaya konulması oldukça güçtür. Bu nedenle bu yapıların yükler altındaki davranışlarının deneysel yöntemler ile ortaya konulması daha uygun yöntemdir. Bununla birlikte mevcut çalışmada incelenen kompozit duvarların davranışı daha da karmaşıktır. Çalışmanın amacı, yeterli yatay rijitliğe ve kesme güvenliğine sahip olmayan boşluklu tuğla (BT) ile imal edilmiş duvarlar için hızlı uygulanabilen ve etkili bir güçlendirme tekniğinin geliştirilmesidir. Deneysel elemanları ülkemizde pratik uygulamalarda sıklıkla karşılaşılan malzeme ve standart işçilik kalitesi ile üretilmiştir.

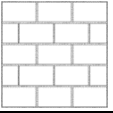

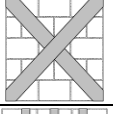
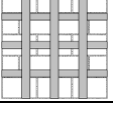
Deneysel çalışma kapsamında 1 adedi referans olmak üzere toplam 4 deneysel elemanı test edilmiştir. Deneysel çalışmada, tuğla duvar üzerine yapıştırılan çelik şerit veya levhalar ile tuğla duvarların kesme kapasitesinin artırılması amaçlanmaktadır. Bu amaçla, deneysel elemanı üzerine 3 farklı desen sahip çelik eleman, test duvarının ön ve arka yüzlerine simetrik olarak yapıştırılmıştır. Deneysel elemanı güçlendirmek üzere uygulanan ilk desen yüzeyin tümünü kaplayan çelik levhadır. İkinci desen, 4 adet şerit ile oluşturulan X desendir. X desenini oluşturan şeritlerin boyutları, Smith ve Carter [3]

tarafından çalışmada bahsedilen duvar eşdeğer diyagonalini kapsayacak biçimde seçilmiştir. Smith ve Carter'ın çalışmada verilen (1) denklemi yardımı ile mevcut duvar elemanların etkin diyagonal genişliği 110 mm olarak hesaplanmıştır. Dolayısıyla bu bölgeyi tümüyle kapsaması amacıyla duvar üzerine diyagonal doğrultuda 120 mm genişliğinde şerit yapıştırılmıştır. Böylece, çelik malzemeden %59 oranında tasarruf sağlanmıştır.

$$\lambda h = h \times \sqrt[4]{\frac{E_{dolgu} \times t}{4 \times E_{kolon} \times I_{kolon} \times h'}} \times \sin(2\theta) \quad (1)$$

Eş. 1'de sunulan  $\lambda h$ , duvarın etkin diyagonalinin çaprazının genişliği olarak adlandırılmaktadır. Seçilen 3. desen ise, bir önceki X deseni ile özdeş olarak duvar yüzey alanının %41'ini kaplamaktadır. Fakat güçlendirme yüzey alanına eşit olarak dağıtılmış dikey ve yatay ince şeritlerle oluşturulmuştur. Toplamda 60 mm genişliğinde 12 adet şerit kullanılmıştır. Deneysel çalışma kapsamındaki deneysel elemanlarının isimlendirme ve güçlendirme biçimi Çizelge 1'de sunulmuştur. Deneysel sonuçta elde edilen çıktılar kullanılarak, önerilen güçlendirme tekniğinin deneysel elemanlarının genel davranışı, dayanımı ve rijitliğine etkileri incelenmiştir. Yapılan deneysel çalışma sonucunda, ülkemiz ve uluslararası literatürde bir eksik kapatılacağı gibi, diğer yandan önerilen teknik kullanılarak güçlendirilecek duvarlar gerçek binaların tasarım ilkeleri hakkında bilgi eksikliğinin kapatılacağı düşünülmektedir.

**Çizelge 1.** Deneysel çalışma kapsamında üretilen ve adlandırılan deneysel elemanları ve güçlendirme biçimleri (Identification and schematic presentation of test specimens included in the experimental study)

<u>Malzeme</u>	<u>Deneysel Elemanı Tanımı</u>	<u>Güçlendirme Biçimi</u>	
		<i>Açıklama</i>	<i>Resim</i>
Boşluklu tuğla (BT)	Referans (BT-REF)	<i>Güçlendirilmemiş duvar elemanı</i>	
	A.Tipi Güçlendirme (BT-A)	<i>Tüm yüzeyi çelik levha ile kaplanmış duvar elemanı</i>	
	B.Tipi Güçlendirme (BT-B)	<i>Çapraz doğrultuda çelik şerit ile güçlendirilen deneysel elemanı</i>	
	C.Tipi Güçlendirme (BT-C)	<i>Düsey ve yatay çelik şeritlerle güçlendirilen duvar elemanı</i>	

Deneysel çalışmada kullanılan boşluklu tuğlanın ortalama boyutları 135x190x290 mm'dir. Boşluklu tuğlanın dış ve iç duvarlarındaki et kalınlığı 7 mm olarak ölçülmüştür. Ancak, doğal bir malzeme kullanılarak üretilen boşluklu tuğlanın kurutulması esnasında

meydana gelen engellenemeyen değişikliklerden dolayı, laboratuvar envanterinde üretim amacıyla satın alınan tuğlaların boyutlarında  $\pm 5$  mm fark oluşabileceği tespit edilmiştir. Bu farkın hesaplamalarda ihmal edilebileceği ve ortalama değerlerin kullanılabilceği ön

görülmektedir. Elde edilen boyular ışığında envanterdeki tuğlanın boşluk oranı, yaklaşık olarak %60'dır. Boşluklu tuğlanın basınç dayanımı ASTM E447'de [5] önerilen standart test prosedürü uygulanarak, 2,84 MPa olarak hesaplanmıştır. Üretilen deney elemanları tek seferde, aynı üreticiden temin edilen tuğla birimi kullanılarak üretilmiştir. Tuğla birimleri ile örülen duvar elemanlarında bağlayıcı harç olarak, ASTM C270'de [3] normal harç (N tipi) olarak tanımlanan duvar harcı kullanılmıştır. Harç karışımında hacim olarak çimento, kireç, kum ve su oranı sırasıyla 1:1:6:1,5'tir. İmal edilen tüm duvar harçlarından, 3 adet 150 mm çapında 300 mm yüksekliğinde standart silindirik numuneler alınmış ve 28 günlük kür ardından beton numuneler aksel basınç

altında test edilmiştir. Yapılan malzeme testi sonucunda, üretimlerin tümünün ortalama basınç dayanımı yaklaşık olarak 5,2 MPa olarak hesaplanmıştır. Güçlendirilen deney elemanları, akma ve kopma dayanımı sırasıyla 230 ve 504 MPa olan 2 mm kalınlığındaki St-37 kalitesinde çelik şerit veya levhanın üç farklı biçimde duvar yüzeyine epoksi reçine ile yapıştırılması ile güçlendirilmiştir. Kullanılan yapıştırıcı, üretici firma kullanım kılavuzundaki karışım oranına ve hazırlama adımlarına uygun olarak deney elemanlarına uygulanmıştır [6]. Harcın tam dayanımına ulaşması için 10 gün beklenmiştir. Çizelge 2' de iki bileşenli epoksi reçinesinin üretici kataloğundan alınan dayanım özellikleri sunulmuştur.

**Çizelge 2.** Çelik elemanların deney elemanına yapıştıran epoksi reçinenin mekanik özellikleri (Mechanical properties of epoxy resin adhesive used for bonding steel members to test specimens)

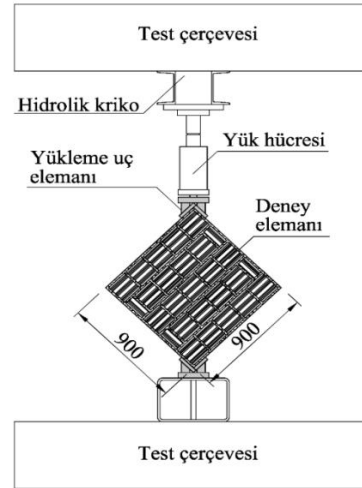
Mekanik Özellik	Dayanım* (MPa)
Eksenel basınç	65
Doğrudan çekme	20
Betona yapışma	3,5
Çeliğe yapışma	15

\* Dayanım değerleri doğrudan üretici kataloğundan [6] alınmıştır. Kataloğa göre 10 gün sonunda yaklaşık olarak ulaşılabilir değeri göstermektedir.

## 2.2. Test ve Ölçüm Düzenegi (Test and Measurement Setup)

Basit çizimi ve test öncesi görünümü, Şekil 1 ve Şekil 2'de gösterilmiş olan test çerçevesi içerisinde, deney elemanları monotonik aksel basınç kuvveti altında test edilmişlerdir. Deney numuneleri, ASTM E591 [7] standart deney prosedürü gereği, çerçeve içine 45 derece eğik olarak yerleştirilmiştir. Böylece yüklü diyagonale dik doğrultuda meydana gelen çekme gerilmesi altında deney elemanının çekmedeki göçme kapasitesinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Yükleme, 750 kN aksel yük kapasiteli çerçeve içerisinde, çift etkili hidrolik krika ve el ile kumanda edilen hidrolik pompa ile uygulanmıştır.

Deney elemanına yükün köşe noktada etki ettirilmesi ve yükün uygulandığı uç noktalarda bölgesel ezilme gerçekleşmemesi için, detayları ASTM E591'de verilen yükleme uç elemanı kullanılmıştır. Yükleme uç elemanı ile uygulanan aksel basınç yükünün ölçüm bölgesi dışında ezilme oluşturmadan deney elemanlarını dolaylı olarak çekme göçmesi ile kırması sağlanmıştır. Yükleme yük kontrollü olarak yapılmış olup, yükleme hızının tüm testlerde özdeş olması sağlanmıştır. Elemanın taşıma gücüne ulaşip kırılmanın gerçekleşmesi ile yüklemeye son verilmiştir.



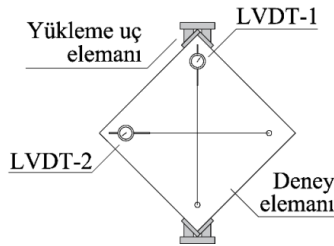
Not : Ölçüler mm cinsindedir.

**Şekil 1.** Yükleme düzenegine ait basit çizim (Schematic presentation of load setup)

Deney elemanı üzerinden, Şekil 3'de gösterildiği gibi, eş zamanlı olarak çapraz doğrultularda iki adet deformasyon ölçümü ve aksel yük ölçümü alınmıştır. Ani kırılma olacağı bilindiğinden, 1 saniyede de 8 adet okuma yapılarak, kırılma anında ölçüm alınması sağlanmıştır.



Şekil 2. Test öncesi BT-REF elemanı ve test çerçevesine ait görünüm (Photo of specimen BT-REF and actual loading frame)



Şekil 3. Test elemanı üzerinde deplasman ölçerlerin yerleştirilişi (Orientation of displacement transducers on the test specimen)

Deplasman ve yük ölçümlerindeki ölçüm kapasitesi ve hassasiyeti sırasıyla  $50 \text{ mm} \pm 1 \times 10^{-3} \text{ mm}$  ve  $1000 \text{ kN} \pm 5 \times 10^{-1} \text{ kN}$ 'dur. Deney süresince alınan sayısal ölçümler, deney sonrasında bilgisayar ortamına aktarılarak, deney elemanlarının deneysel parametre değişimine karşı gösterdiği davranış yorumlanmıştır.

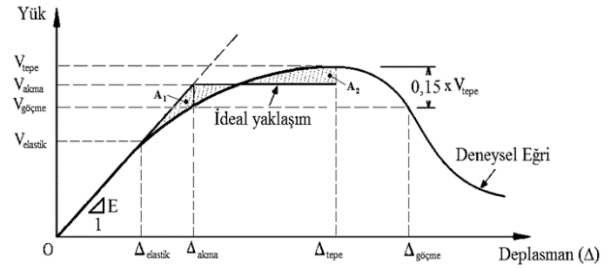
### 3. DENEY SONUÇLARI (TEST RESULTS)

Tuğla duvarlar malzeme doğası gereği sünek değildir. Bu nedenle, basınç veya çekme esnasında belirgin bir elastik davranış limiti gözlenmek mümkün olamamaktadır. Deney elemanlarının enerji tüketim kapasitesini ve kırılma yükünü yük-deplasman eğrisi üzerinden yorumlayabilmek için deney sonuçları kullanılarak Şekil 4' te gösterildiği gibi idealize edilmiş bir deneysel yük-deplasman grafikleri oluşturulmuştur. İdealize grafikte eleman davranışı bakımından önemli olan akma noktası, tepe noktası ve göçme noktası olmak üzere üç yük seviyesi tanımlanmıştır. Deney numunesinin ulaşabildiği en yüksek kapasite  $V_{tepe}$ , ulaşılan bu kapasiteden %15'lik yük kaybını meydana geldiği ve artık deney elemanının yük taşıyamaz hale geldiği ve elemanın göçtüğü kabul edilen noktada  $V_{göçme}$  kapasitesi tanımlanmıştır. Deney elemanında elastik sınır Maheri [8] tarafından tanımlandığı şekilde

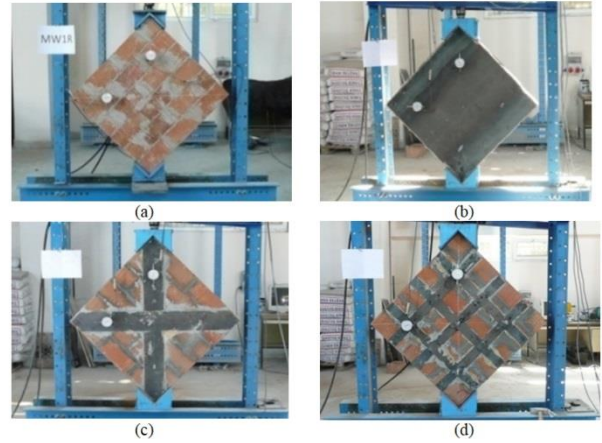
benimsenmiştir. Deney elemanlarının deneyler öncesi fotoğrafları Şekil 5'de gösterilmiştir.

#### 3.1. Yük-Deplasman Davranışı (Load-Displacement Behavior)

Şekil 6'da deney elemanlarının yük deplasman grafikleri verilmiştir. Çizelge 3'de ise grafiklere esas teşkil eden sayısal sonuçlara yer verilmiştir.

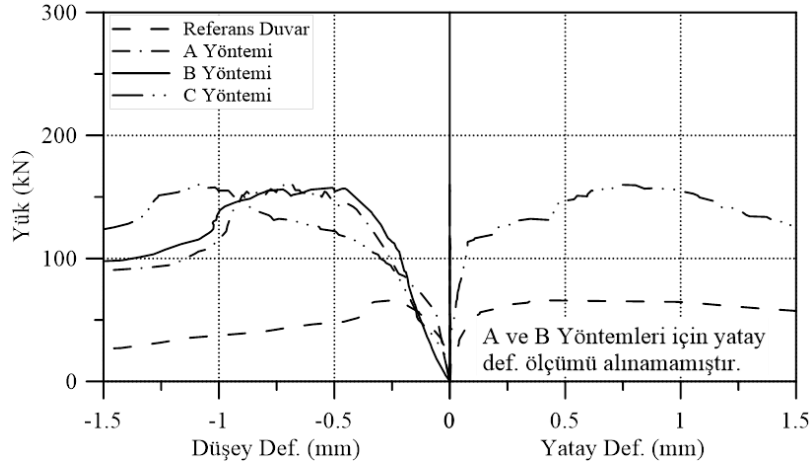


Şekil 4. İdeal yük-deplasman eğrisi (Idealized load-displacement curve)



Şekil 5. (a) BT-REF ve (b) BT-A, (c) BT-B, (d) BT-C güçlendirilmiş boşluklu yığma tuğla elemanlarının test görünümü (Photo of specimens during test)

Bu grafik ve çizelgenin birlikte yorumlanması ile görülebileceği gibi, boşluklu tuğla referans elemanı 66 kN diyagonal yük taşımıştır. Güçlendirilen deney numunelerinin üçünde de taşıma gücü seviyeleri birbirine yakın gerçekleşmiştir. En başarılı yük taşıma kapasitesi sergileyen deney elemanı 162 kN ile BT-A olmuştur. Güçlendirilmiş yöntemi ile sağlanan ortalama taşıma gücü kazanımı yaklaşık olarak %142'dir. B ve C desenleri ile sağlanan %59'luk çelik eleman tasarrufuna karşın, taşıma gücü seviyesinde %2,2'lik bir kayıp oluşmuştur. Yüzey alanları eşit olan B ve C desenlerinin taşıma gücü seviyeleri arasında %1,9 fark gözlenmiştir. Deney numunelerinde göçme, yapıştırılan çelik plakaların tuğlalardan parça koparması suretiyle gerçekleşmiştir. B deseninde az bir alanda sık güçlendirme yapıldığı için bu durum diğerlerine oranla daha az gözlenmiştir. Artan deplasman seviyelerinde çelik elemanlar burkulmaya başlamıştır. Duvarlar deney sonuna kadar bütünlüklerini korumuşlardır.



Şekil 6. Boşluklu yığma tuğla ile imal edilen deney elemanlarına ait yük-deplasman grafiği (Load-displacement curves of hollow clay tile wall specimens)

Çizelge 3. Deney elemanlarının idealize grafiklerindeki karakteristik noktalar (Characteristic points on the idealized load-displacement curves)

Deney Elemanı	Deplasman Doğrultusu	Akma Noktası		Tepe Noktası		Göçme Noktası	
		Deplasman (mm)	Yük (kN)	Deplasman (mm)	Yük (kN)	Deplasman (mm)	Yük (kN)
BT-REF	Düşey	-0,10	61	-0,25	66	-0,38	56
	Yatay	0,10		0,43		1,64	
BT-A	Düşey	-0,15	133	-0,73	162	-0,94	137
	Yatay	*		*		*	
BT-B	Düşey	-0,38	154	-0,51	157	-1,01	134
	Yatay	*		*		*	
BT-C	Düşey	-0,27	132	-1,09	160	-1,32	136
	Yatay	0,08		0,74		1,28	

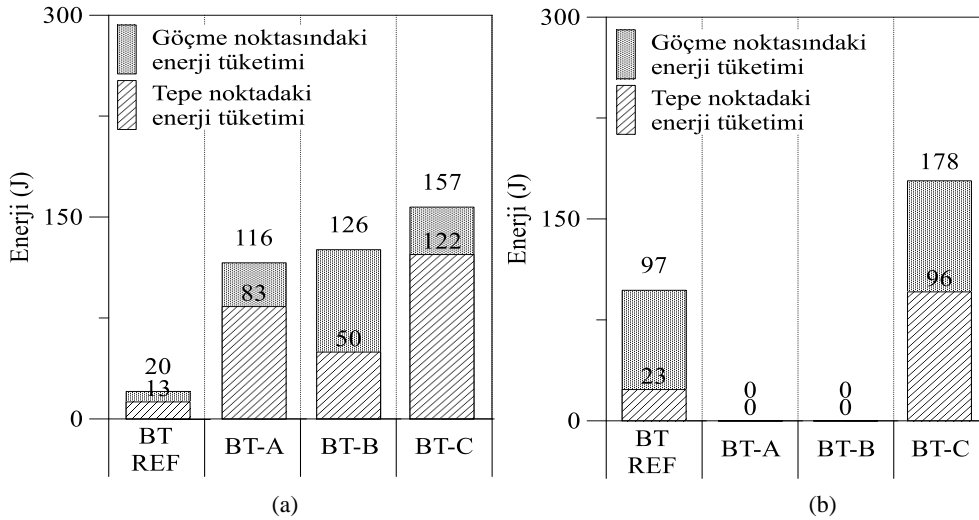
### 3.2. Enerji Kapasitesi Davranışı (Energy Dissipation Behavior)

Test edilen BT-A ve BT-B deney elemanlarında ölçüm bölgesinin diyagonal şerit içinde kalmasından dolayı yatayda ölçüm alınamamıştır. Bu nedenle bu bölümde sadece düşey yöndeki deplasman ölçümleri üzerinden yorumlar yapılmıştır. Şekil 7’de deney elemanlarının enerji tüketimini gösteren grafikler sunulmuştur. Çizelge

4’de ise grafiklere esas teşkil eden sayısal sonuçlara yer verilmiştir. Enerji tüketimi bakımından dikkat çekici ilk önemli sonuç, deney elemanlarının tepe ve göçme noktasına kadar tükettikleri enerjilerin kıyaslanmasıdır. Çizelge 4’den görülebileceği gibi, referans elemanla karşılaştırıldığında boşluklu yığma tuğla ile imal edilen duvarlarda tepe noktasında tüketilen enerji ortalama %576; göçme noktasında tüketilen enerji ortalama %552 düzeyinde gerçekleşmiştir.

Çizelge 4. Deney elemanlarının enerji tüketim değerleri (Energy dissipation of test specimens)

Deney Elemanı	Deplasman Doğrultusu	Tepe Noktasında Tüketilen Enerji (J)	Göçme Noktasında Tüketilen Enerji (J)
BT-REF	Düşey	12,6	20,4
	Yatay	23,2	97,0
BT-A	Düşey	83,5	116,0
	Yatay	---	---
BT-B	Düşey	49,7	125,8
	Yatay	---	---
BT-C	Düşey	122,2	157,4
	Yatay	95,8	178,4



Şekil 7. Deneysel elemanlarına ait (a) düşey, (b) yatay enerji tüketimlerine ait grafik gösterim (Graphical presentation of energy dissipation along (a) vertical (b) directions of test specimens)

## 6. SONUÇ (CONCLUSION)

Deneysel çalışma kapsamında üretilen ve test edilen 4 adet deneysel elemandan elde edilen sonuçlar bu bölümde toplanmış ve özetlenmiştir. Deneysel sonuçları ışığında aşağıdaki yargılara varılmıştır.

- 1) Önerilen güçlendirme yöntemi, kullanılan yapı malzemesi ile üretilen duvarlar üzerinde başarılı olmuştur. Deneysel olarak amaçlanan kayma taşıma gücünde artış ve enerji tüketiminde iyileşme önerilen güçlendirme yöntemi ile sağlanmıştır.
- 2) Duvarların ayrıca kırılma sonrasındaki hasar düzeyleri önerilen güçlendirme biçimi ile kontrol altına alınmıştır. Duvar elemanları gelişen kesme çatlağı ile top yekün göçmeden deney sonunda tek parça kalabilmiştir. Yöntemin uygulanması ile duvarın parçasal veya toptan göçmesi engellenmiş, böylece taşıyıcı olmayan elemanlardan dolayı yapılarda görülebilen yaşamsal risk de, önerilen güçlendirme yöntemi ile ortadan kaldırılmıştır.
- 3) Önerilen güçlendirme yönteminde, denenen 3 farklı tipteki desenler arasında pratikte %2'lik bir taşıma gücü farkı olabileceği, ancak gerek işçilik ve üretim maliyeti gerekse de inşaat hızında edinilen kazanımlar dikkate alındığında en uygulanabilir yöntemin B veya C olabileceği kanısına varılmıştır.
- 4) Yapışma performansı, önerilen güçlendirme yönteminde oldukça önemlidir. Yazarlar, deneyler sırasında, yapıştırıcının yüzey gözenekliliği daha düşük olan tuğla üzerinde daha etkili olduklarını gözlemiştir. Bu noktadan hareketle, gözenekli olmayan malzemeler ile yapılan uygulamalarda daha olumlu sonuçlar elde edilmesi mümkün görünmektedir.
- 5) Ayrıca, yüzeyi gevşek ve tozlu olan eski duvarlarda bu yöntemin uygulanması sırasında henüz daha araştırılmayan etkiler olabileceğinden, bu tip duvarlarda yapıştırma ile birlikte mutlaka yüzey

iyileştirme metotları veya mekanik ankrajlar gibi önlemler birlikte düşünülmelidir.

## TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGEMENT)

Bu deneysel çalışma Gazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından 07/2012-24 nolu proje altında desteklenmiştir.

## KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü Deprem Araştırma Dairesi, "Türk Deprem Yönetmeliği", Ankara, (2007).
- [2] T.C. Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü, "Bina Sayımı", Ankara, (2000).
- [3] American Society for Testing and Materials, "ASTM C270 - Standard Specification for Mortar for Unit Masonry", (2012).
- [4] Smith, B., S., Carter, C. "A Method of Analysis for Infilled Frames", *Proc. ICE*, 44: 31-48, (1969).
- [5] American Society for Testing and Materials, "ASTM E447 - Test Methods for Compressive Strength of Laboratory Constructed Masonry Prisms", (1998).
- [6] Sika Yapı Kimyasalları A.Ş., "Epoksi Esaslı Harçlar - Sikadur 31" <http://tur.sika.com/dms/getredirect.get/tr01.webdms.sika.com/143>, (2013).
- [7] American Society for Testing and Materials, "ASTM E591 - Standard Test Method for Diagonal Tension (Shear) in Masonry Assemblages", (1981).
- [8] Maheri M. R. and Hadjipour A., "Experimental investigation and design of steel brace connection to RC frame", *Engineering Structures*, 25(13): 1707-14, (2003).