Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi
Nigde Omer Halisdemir University Journal of Engineering Sciences
ISSN: 2564-6605
Araştırma / Research

DUVARLARIN GÜÇLENDİRİLMESİNDE PLASTİK KOMPOZİT DONATI KULLANIMI

Selçuk KAÇIN[1,*], Ezgi GÜNEŞ[2]

[1,2] *İskenderun Technical University, Civil Engineering Department, 31200, İskenderun, Turkey*

ÖZET

Bu çalışmada, ülkemizdeki ve dünyadaki mevcut yapıların olası deprem vb. afetlerde duvarların güçlendirilmesi amacıyla plastik kompozit donatı kullanılmasının etkisi araştırılmıştır. Duvarları güçlendirmek için günümüze kadar birçok farklı yöntem kullanılmıştır. Kullanılan yöntemler çoğunlukla olumlu sonuçlar vermektedir ancak güçlendirme için kullanılan malzemelerde genellikle; pahalı olması, kolay erişilebilir olmaması, işçiliği zor olması, ağır olması gibi sıkıntılarla karşılaşılmaktadır. Güçlendirmenin pozitif etkileri ve yaşanan sıkıntılar değerlendirildiğinde; zemin güçlendirilmesi, istinat duvarları gibi yapılarda donatı olarak kullanılan aslında zemin malzemesi olarak bilinen 'plastik kompozit donatı' bu çalışmada duvarların güçlendirilmesinde kullanılmıştır. Deneysel çalışmalarda tuğla duvarlar ele alınmıştır. 80*80 cm boyutlarında toplam 5 adet şaşırtmalı tuğla duvar örülmüştür. Güçlendirme amacıyla örülen tuğla duvarlardan 1 adedi yalın, 2 adedi tek yüzü, 2 adedi de çift yüzü güçlendirilerek kıyaslanmıştır. Hazırlanan duvarlara laboratuvar ortamında diyagonal yükleme deneyleri yapılmıştır ve yük-deplasman eğrileri oluşturulmuştur. Deney sonuçlarında plastik kompozit donatı kullanılan duvarların, şahit numuneye göre hem yük hem de deplasman açısından çok daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür. Duvarlarda plastik kompozit donatının çift yüze ve tek yüze uygulanmasının da sonuçlara etki eden bir parametre olduğu gözlemlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Plastik kompozit malzeme, Duvar yükleme, Duvar güçlendirme, Duvar dayanımı, Plastik hasır donatı

PLASTIC COMPOSITE EQUIPMENT USING IN STRENGTHENING WALLS

ABSTRACT

In this study, the effect of using plastic composite reinforcement to strengthen for the walls in the existing structures in our country and in the world was investigated. Many different methods have been used to strengthen the walls until today. The methods used give mostly positive results, but in the materials used for reinforcement; problems such as being expensive, not easily accessible, difficult to work and being heavy. When the positive effects of reinforcement and the problems experienced are evaluated; The 'plastic composite reinforcement', which is known as floor material, which is used as reinforcement in structures such as floor reinforcement and retaining walls, was used in the reinforcement of brick walls in this study. In the experimental studies, brick walls were discussed. A total of 5 staggered brick walls were built in the dimensions of 80 * 80 cm. One of the brick walls built for reinforcement was compared with 1 plain, 2 single sides and 2 double sides reinforced. Diagonal loading tests were carried out on the prepared walls in a laboratory environment and load-displacement curves were created. It was found that the walls using plastic composite reinforcement gave much better results in terms of both load and displacement than the witness sample. It has been observed that the application of plastic composite reinforcement on both sides and on one side is a parameter affecting the results.

Keywords: Plastic composite material, Wall loading, Wall reinforcement, Wall strength, Plastic wicker reinforcement

1. GİRİŞ

Ülkemizin mevcut konumu itibariyle deprem vb. afetlere yakalanması olasıdır. Her ne kadar deprem konusunda bilincimiz artmış, yönetmelikler güçlendirilmeye çalışılmış, yeni yapılar daha dikkatli oluşturulmaya çalışılsa da; ülkemizin kırsal kesimlerinde hala mühendislik çalışması gerektirmediği düşüncesiyle yığma yapılar yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu yapılarda fazlaca bulunan işçilik hatası ve kullanılan alanın işlevinin değişmesi yapılardaki riski arttırmaktadır. Ayrıca daha önceki zamanlardan bizlere miras kalan birçok tarihi eser de yığma yapı olarak yapılmıştır. Bu yapıların; can ve mal

* Sorumlu yazar / Corresponding author, e-posta / e-mail: selcuk.kacin@iste.edu.tr
Geliş / Recieved: 01.04.2020 Kabul / Accepted: 18.06.2020 doi: 10.28948/ngumuh.713082

güvenliğinin korunması amacıyla depreme karşı güçlendirilmesi gerekmektedir. Yığma yapıların taşıyıcısı tuğla duvarlar olduğu için mevcut yapıya zarar vermeden güçlendirme işlemi yapılması gerekmektedir.

Yapıların ve duvarların güçlendirilmesi için günümüze kadar birçok farklı güçlendirme yöntemleri bulunmuş ve kullanılmıştır. Triantafillou [1], yığma duvarlarda güçlendirme yöntemi olarak lifli polimer malzemelerle güçlendirme yöntemini kullanmıştır. Deneyde düzlem içi kayma ve eğilme, düzlem dışı eğilme etkileri gözlemlenmiş ve analitik bağlantılarla belirtilmiştir. Deney sonuçlarında güçlendirilmiş numunelerde lifli polimerler numune yüzeyinden ayrılarak göçme gerçekleşmiş ve ankraj uygulamasının olumlu bir etki sağladığı gözlemlenmiştir. Deney sonucunda lifli polimer malzemelerin güçlendirme çalışmalarında kullanımının olumlu etkisi gösterilmiştir. İlki vd. [2], tarihi yapıların güçlendirilmesi çalışmalarının zorluğundan bahsedilmiştir. Çok çeşitli malzeme kullanımı, yapıların büyük olması, kullanılan malzemelerin örneğinin bulunamaması gibi özellikler tarihi yığma yapılarda güçlendirme çalışmalarının yapılmasını zorlaştırdığı görülmektedir. Çalışmada 135 yıllık Tarihi Akaret Sıralı Evlerinin malzemeleri değerlendirilmiştir. Yapının restorasyon sürecinde olması ve yapıdaki bazı duvarların kaldırılacak olması sebebiyle kaldırılan duvarlar laboratuvarda deney numunesi olarak kullanılmıştır. Bu sayede deneyler için çok fazla farklı numune elde edilmiştir. Bu numunelerin güçlendirilmesinde cam lifli polimerler kullanılmıştır. Vandergrift vd. [3], CRFP malzemesi kullanarak duvarlar üzerinde deneysel güçlendirme çalışmaları yapmıştır. Deneyler için 6 adet yalın tuğla duvar (1219*2438 mm ebatlarında) kullanılmıştır. Tuğla duvarlar güçlendirme öncesi ve sonrası test edilmiştir. Deney sonuçlarında kullanılan CFRP bantların tuğla duvarların düzlem içi kesme ve düzlem dışı eğilme dayanımlarını önemli ölçüde arttırdığı gözlemlenmiştir. Ayrıca süneklilikte de artış görülmüştür. Fakat CFRP bantları her ne kadar süneklilik ve enerji yutma kapasitesini arttırmış olsa da; duvarların orta kısımlarında ağır hasar oluşmasını engelleyememiştir. Yüksek deplasmanlarda duvarda bütünlük bozulmuş ve duvar parçalanmıştır. Coza [4], çalışmada diğer çalışmalardan farklı olarak birbirine bitişik dolgu duvarlı çerçeveler üzerinde güçlendirme çalışması yapmıştır. Dolgu duvarlı betonarme yapılarda tek veya çift taraflı sıva/güçlendirme etkisi incelenmiştir. Prota vd. [5], Akdeniz Bölgesinde yaygın olarak kullanılan tüf binalar üzerinde çalışmalar yapılmıştır. Sismik kuvvetlere karşı korunmaları gerektiği ve son zamanlarda bunun için birçok çalışma olduğu belirtilmiştir. Kompozit malzemeler kullanılarak güçlendirilmesi için kapsamlı deneyler yapılmıştır. Deneyler için toplamda 12 adet aynı ebatlarda duvar inşa edilmiştir. Güçlendirme malzemesi olarak CMG sistemi denilen cam kaplı ızgara şeklinde bir çeşit kumaş kullanılmıştır. Bu malzeme işçiliği kolay, sisteme uyumlu, nem sağlayabilen(hava aldırabilen) bir malzemedir. Triantafillou vd [6], dünyanın birçok yerinde köklü ve yaygın olarak yığma duvarların mevcut olduğunu ve bunların olası deprem riskine karşı güçlendirilmesi gerektiğini belirtilmiştir. Bu yüzden bir güçlendirme yöntemi olan tekstil takviyeli harç ile tuğla duvarların güçlendirilmesi üzerine çalışmıştır. Binici vd. [7], içi boş tuğla duvarlar üzerinde yaptıkları güçlendirme çalışmalarında duvarların güçlendirildikten sonra yanal yüke dayanıklı elemanlara dönüştüğünü gözlemlemiştir. Deneylerde güçlendirme yöntemi olarak FRP ile güçlendirme yöntemi uygulanmıştır. Deneyin amacı FRP uygulaması yaparak katlar arası deformasyonu sınırlamaktır. Öztaş [8], çalışmasında mevcut bir 3 katlı yığma yapı ele alarak analizler yapmıştır. Böylece güçlendirme öncesi veriler elde edilmiştir. Güçlendirme yöntemi olarak 2 farklı yöntem kullanılmıştır. Birincisi betonarme panellerle güçlendirme yöntemi, ikincisi ise cam lifli polimerle güçlendirme(GFRP) yöntemidir. Deney sonuçlarına bakıldığında; betonarme perdelerle güçlendirme sisteminde, mevcut yapının deprem dayanımı artmıştır. Diğer sistemlere göre daha az yer değiştirme yapması sağlanmıştır. Ayrıca bu güçlendirme binanın iç kısmında yapılarak yapının tarihi dokusu koruma altına alınmıştır. GFRP ile güçlendirme yönteminde ise, eğer uygulanacak yapıda bitişik bir yapı yoksa çift taraflı uygulanması zorunluluğu vardır. Binanın 2 yüzüne de uygulamak binanın tarihi dokusunu kapatmaktadır. Bu güçlendirme yöntemi betonarme güçlendirme yöntemine göre daha fazla yer değiştirme meydana getirmektedir. Elgawady vd. [9], yığma yapıların güçlendirilmesi yöntemi olarak püskürtme beton kullanılan bu çalışmada 3 adet ½ ölçekli tuğla duvar inşa edilmiştir. Bu duvarlardan biri referans olarak seçilmiştir. Bir diğerinin tek yüzü 40 mm kalınlıkla püskürtme beton ile güçlendirilirken son numunenin her iki yüzü 20 mm kalınlıkta püskürtme beton ile güçlendirilmiştir. Sevil vd. [10], ekonomik ve yapım uygulaması açısından pratik bir yöntem elde etmek amacı ile deneysel çalışmalar yapmıştır. İçi boş tuğla duvarlara uygulanan çelik lifli harç ile yığma yapılar neredeyse güçlü ve katı dolgulara dönüştürülmüştür. Cumhur vd. [11], tuğla duvarlar için etkili, ekonomik ve pratik bir güçlendirme yöntemi olarak öngörülen genişletilmiş hafif çelik plakalar ile güçlendirme yöntemini kullanarak hem deneysel hem de sayısal incelemeler yapmıştır. Tuğla duvarların katkısını arttırarak yapının yanal mukavemeti ve sertliğini arttırıp yapısal hasarı en aza indirgemek amaçlanmıştır. Taghdi vd. [12], farklı yapıda dikdörtgen kesitli 6 adet duvar inşa etmiş ve deneysel çalışma yapmıştır. Duvarlardan 4 adedi tuğla duvar, 2 adeti betonarme duvar olarak inşa edilmiştir. Çelik şeritlerle güçlendirme metodu kullanılan bu çalışmada duvarların her iki yüzüne de diyagonal çelik şeritler yerleştirilmiştir ve duvarların uzun kenarından uzanan çelik şeritler vasıtasıyla güçlendirilmiştir. Deney sonuçlarına göre; genel olarak güçlendirilmiş tüm duvar örnekleri diğerlerine göre üstün davranış sergilemiştir. Araki vd. [13], yığma yapıları güçlendirme yöntemi olarak epoksi reçine enjeksiyon yöntemi kullanmıştır. Bu yöntemin basınç, kayma ve eğilme özelliklerini değerlendirmek için 3 tip yükleme testi yapılmıştır. Deneyin değişken parametreleri olarak harcın dayanımı ve uygulanan eksenel kuvvet belirlenmiştir. İncelemek için 3 tuğla duvar üzerine yükleme testleri yapılmıştır. Deney sonuçlarında; istenen özelliklerde artışlar gözlemlenmiştir. Ancak harcın dayanımı, tuğla duvarın kayma ve eğilme dayanımını etkilememiştir. Ve ek olarak epoksi reçine enjeksiyon yöntemi ile güçlendirilmiş duvarların gücünü tahmin edebilmek için denklemler önerilmiştir.

Farklı malzemeler ve deneysel metotlarla güçlendirme yöntemleri denenmiş, üzerinde çalışılmış ve sonuçlar elde edilmiştir.

Bu çalışmada ise piyasada ilgili firmaların kataloglarında geosentetik ürünlerin çeşitlerinden biri olup geogrid olarak adı geçen, günümüzde ise plastik kompozit donatı adıyla bilinmekte olan malzeme kullanılmıştır. Şimdilerde duvar güçlendirilmelerinde dikkat çekmeye başlayan bu malzeme, piyasada bir zemin malzemesi olarak bilinip; zemin iyileştirme ve güçlendirme yöntemlerinde, istinat duvarlarında, erozyon kontrolü, zemin drenajı gibi inşaat mühendisliği alanlarında kullanılmaktadır. Yüksek çekme ve düşük sönme özelliğine sahip bu malzeme poliester, polipropilen, polietilen vb. hammaddelerden üretilmektedir [14],[15].

Bu çalışmada plastik kompozit donatı uygulanmasının nedenleri; düşük maliyetli olması, hafif olması, kolayca ulaşılabilir olması, kolay uygulanabilmesi, yapısı itibariyle deformasyon yapabilmesi gibi özellikleridir. Bu özellikleriyle üst yapıdaki güçlendirme davranışı konusunda merak uyandırmaktadır.

Bu doğrultuda toplam 5 adet tuğla duvar laboratuvar ortamında örülmüştür. Bu örülen duvarlardan 1 tanesi şahit olarak bırakılmıştır. 2 tanesi plastik kompozit donatı ile tek yüzüne sıva uygulanarak hazırlanmış, diğer 2 tanesi de aynı plastik kompozit donatıyla çift yüzüne sıva uygulanmıştır. Duvarlar laboratuvar ortamında bulunan diyagonal yükleme cihazına yerleştirilip güç ünitesi yardımıyla kırılana kadar yük verilerek yük ve deplasman değerlerine ulaşılmıştır. Bu değer yardımıyla yük-deplasman grafikleri oluşturulup yorumlanmıştır.

2. MATERYAL VE METOT

İskenderun Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği laboratuvarlarında yapılan deneysel çalışma için ilk başta ön hazırlık aşaması olan deney malzemelerinin temini gerçekleştirilmiştir. Temin edilen malzemeler; 8.5'luk yatay delikli tuğlalar, 50kg'lık çimentolar, doğal/tabi ince agrega, su ve plastik kompozit donatıdır. Malzemeler laboratuvarda depolandıktan sonra tuğla duvar numuneleri inşa edilmiştir. Tuğla duvarlar şaşırtma örgü yöntemiyle ortalama 80*80 cm boyutlarında 5 adet örülmüştür. Duvar örümü tamamlandıktan sonra diğer aşama güçlendirme aşamasıdır. Plastik kompozit donatılar herhangi bir yapıştırma malzemesi olmadan sıvayla duvara uygulanmıştır. Sıvalar yapıldıktan sonra sulanmasına özen gösterilmiştir. Hazırlanan numuneler diyagonal yükleme deneylerine tabi tutulmuştur. Her bir duvar numunesi bilgisayar ortamından takip edilerek yük-deplasman eğrileri elde edilmiştir ve incelenmiştir. Deneylerin detaylı anlatımı ve görselleri bu bölümde sunulmaktadır.

2.1. Numunelerin diyagonal yükleme deneyi için hazırlanması

Bu çalışmada deney düzeneği için uzunluk*genişlik*yükseklik = 19*19*8.5 cm boyutlarında tuğla (Şekil 1) kullanılmıştır.



Şekil 1. 19*19*8.5 cm tuğla numuneleri

Duvar örümü için kullanılacak derz harcı için yönetmeliklerde ki standart karışım oranlarına göre agrega + su + çimento miktarı belirlenmiştir (Tablo 1). Darası alınmış terazide malzemeler ölçülerek mikser yardımıyla karıştırılıp derz harcı uygulamaya hazır hale getirilmiştir. Sıva işlemi için de aynı karışım oranı kullanılmıştır.

Tablo1. 1 mikser için derz ve sıva harcı karışım oranı

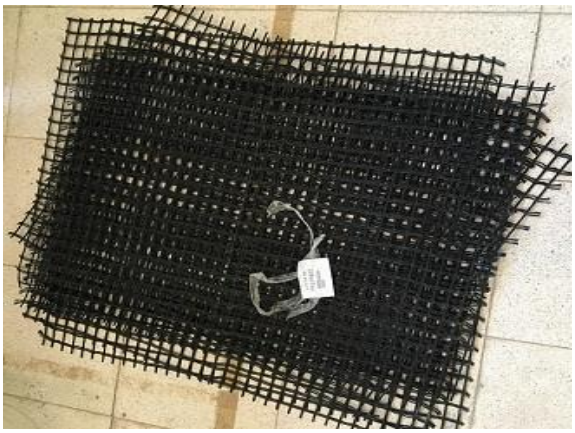
Çimento(kg)	Su(kg)	Agrega(kg)
14,11	7,055	42,33

Yığma yapıların taşıyıcı sistemi olan tuğla duvarlar; şaşırtmalı örgü yöntemiyle ortalama boyutları 80*80 cm olarak toplam 5 adet inşa edilmiştir. Duvar örümü için hazırlanan derz harcından karot numunesi alınmıştır. Karot kalıpları yağlanıp derz bu kalıplara yerleştirilmiştir. Kalıptan çıkarılan numuneler 28 gün kür havuzunda bekletildikten sonra laboratuvarda bulunan pres makinesi yardımıyla eğilme ve basınç testlerine tabi tutulmuş ve sonuçları kaydedilmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. Numuneye eğilme ve basınç deneylerinin yapılması

Duvarlara sıva işlemi yapılmadan önce ilgili firmadan belirli özelliklerde temin edilen plastik kompozit donatılar (Şekil 3) duvar boyutlarında kesilmiştir. Makas yardımıyla kolaylıkla kesilebilen plastik kompozit donatıların fazla kısımları sıva kuruduktan sonra da rahatlıkla kesilmiştir.



Şekil 3. Plastik kompozit donatı

Örülen duvarlara sıva işlemi uygulanmıştır. Sıvaya herhangi bir katkı yapılmamış derz harcı ile aynı oranlarda hazırlanmış ve sıvadan da karot için numune alınmıştır. Duvarların 1 adedi şahit olarak bırakılıp sıva uygulanmamıştır. Plastik kompozit donatı uygulanacak duvarlarda sıvadan önce duvar yüzüne plastik kompozit donatı yerleştirilip herhangi bir yapıştırma malzemesi kullanılmadan elle tutularak üzerine sıva uygulanmıştır (Şekil 4). Sıva ile plastik kompozit donatı bütünleşip duvar yüzüne bu şekilde yapışmış, kuruduktan sonra da herhangi bir kopma gözlenmemiştir. 2 adet duvarın tek yüzüne GG 40/40 P

plastik kompozit donatı, 2 adet duvarın çift yüzüne GG 40/40 P plastik donatı uygulanmıştır. Sıva uygulaması yapıldıktan sonra çatlamaların oluşmaması için sıvalı duvarlar sulanmıştır.



Şekil 4. Tuğla duvara sıva uygulanması

2.2 Diyagonal Yükleme Deneyleri

İskenderun Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği laboratuvarlarında diyagonal basınç düzeneği oluşturmak için; ilk önce yük çerçevesinin alt ve üst kısımlarına yük başlıkları yerleştirilmiştir. Alt başlığın üzerine ve üst başlığın altına duvara zarar vermemesi ve duvarın daha rahat sabitlenmesi için bez parçası yerleştirilmiştir. Üst başlığın üzerinde olan yük cihazının zarar görmemesi için iyi yerleştirildiğinden emin olunmuştur.

Duvarlar düzeneğe yerleştirildikten sonra potansiyometre adı verilen LVDT (deplasmanölçer) ile deplasmanı ölçebilmek için duvarların üzerinde yönetmelik gereğince verilen mesafeler kalemle çizildikten sonra belirtilen noktada matkap yardımıyla delik açılmıştır. Bir demir çubuk delikten geçirildikten sonra çeşitli profillerle her 2 tarafta sabitlenmiştir. Sabitlenen profillerin denge kontrolü için su terazisi kullanılmıştır. Duvar arka yüzüne potansiyometre Şekil 5'de görüldüğü gibi yerleştirilmiştir.



Şekil 5. Potansiyometre'nin (LVDT) düzeneğe yerleştirilmesi

Deney düzeneği (Şekil6) hazırlandıktan sonra güç ünitesinden el yardımıyla aynı aralıklara olmasına dikkat ederek artan bir şekilde yük verilmiştir.



Şekil 6. Hazırlanmış deney düzeneği

Bilgisayar ortamında deney düzeneğindeki duvara gelen yükler ve duvarın yaptığı deformasyon takip edilmiş ve kontrollü bir şekilde ilerlenmiştir. Artan yüklemeyle birlikte kırılan duvar numunesinin yük ve deplasman değerleri elde edilmiştir.

Bu sistemle tüm tuğla duvarlara diyagonal yükleme deneyi kapsamında yük verilerek kırılması sağlanmıştır. Her bir numune için yük ve deplasman değerleri elde edilip, kaydedilmiştir. Kırılan numuneler diyagonal yükleme cihazından alınıp hem sıvayla birlikte uygulanan plastik kompozit donatının son durumunu (Şekil 7) hem de tuğla duvar numunelerinin bütün halindeki son durumu (Şekil 8) incelenip, yorumlanmıştır.



Şekil 7. Kırılan plastik kompozit donatılı duvarda plastik kompozit donatının son durumu



Şekil 8. Çift yüze uygulanmış plastik kompozit donatılı duvarın son durumu

Elde edilen sonuçlar doğrultusunda 5 adet olan tuğla duvarların her birinin yük, deplasman değerlerine ulaşılmış olunup, kırılmalar sonrası duvarlardaki değişimler gözlemlenmiştir. Plastik kompozit donatı ile güçlendirilen duvarlar tek veya çift yüze uygulanma durumlarına göre birbiriyle ve şahit numuneyle kıyaslanmıştır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışma kapsamında yığma yapıları güçlendirmek adına, bir zemin malzemesi olan 'plastik kompozit donatı' güçlendirme malzemesi olarak yığma tuğla duvarlara uygulanmıştır. Plastik kompozit donatıyla güçlendirilen yığma tuğla duvarlara diyagonal yükleme cihazı ile diyagonal yükleme deneyleri yapılmıştır. Yapılan deneylerin sonucunda bilgisayar sistemi üzerinden yük ve deplasman değerleri elde edilmiştir.

T1: Tek yüzü plastik kompozit donatıyla güçlendirilmiş birinci duvar numunesi

T2: Tek yüzü plastik kompozit donatıyla güçlendirilmiş ikinci duvar numunesi

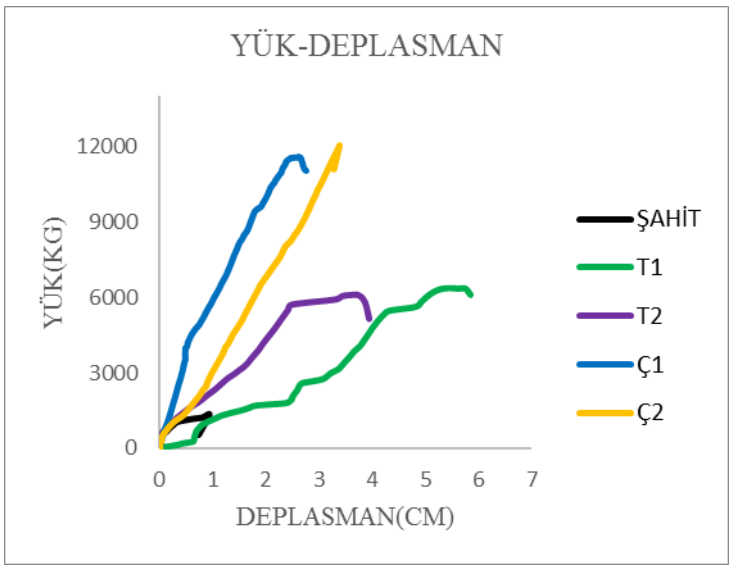
Ç1: Çift yüzü plastik kompozit donatıyla güçlendirilmiş birinci duvar numunesi

Ç2: Çift yüzü plastik kompozit donatıyla güçlendirilmiş ikinci duvar numunesi

Şahit: Sıva uygulanmamış yalın duvar numunesi

Her bir numunenin yük-deplasman grafiği elde edilip, birbirleri arasında kıyaslama yapabilmek adına Şekil 9'da gösterildiği gibi tüm yığma tuğla duvar numunelerinin grafikleri tek grafikte sunulmuştur. Yığma tuğla duvar numuneleri diyagonal yükleme cihazında kırıldıktan sonra bir miktar daha yüklenmeye devam edilmiştir. Yük-deplasman grafiğinde kırılma sonrasındaki değerler de gözlemlenebilmektedir.

Yığma tuğla duvar numunelerinin diyagonal yükleme deneyi ile en büyük yük taşıma kapasiteleri elde edilmiştir (Tablo.2). Hata payı ve aynı sonuçların elde edilip edilemeyeceğinin anlaşılması için aynı güçlendirme yöntemiyle uygulanan; T1, T2 ve Ç1, Ç2 yığma tuğla duvar numunelerinin en büyük yük taşıma kapasitelerinin ortalamaları alınarak Tablo.3'de belirtilmiştir. Deneyden elde edilen en büyük deplasman değerleri Tablo.4'de sunulmuştur. Aynı güçlendirme yöntemleri uygulanan numunelerin en büyük deplasman değerlerinin ortalamaları ise Tablo.5'de verilmiştir.



Şekil.9 Tuğla duvar numunelerinin yük-deplasman grafikleri

Tablo2. Tuğla duvar numunelerinin max. yük taşıma kapasiteleri

Numune	Pmax(kg)
Şahit	1321
T1	6361,9
T2	6070,6
Ç1	11681,9
Ç2	12061,6

Tablo3. Güçlendirme yöntemleri aynı olan numunelerin max. yük taşımalarının ortalama değerleri

Ortalaması Alınan Numuneler	Ortalama(kg)
Tort	6216,25
Çort	11840,25

Tablo4. Tuğla duvar numunelerinin max. deplasmanları

Numune	Max. Deplasman (cm)
Şahit	0,95
T1	5,84
T2	3,95
Ç1	2,76
Ç2	3,38

Tablo5. Güçlendirme yöntemleri aynı olan numunelerin max. deplasmanlarının ortalama değerleri

Ortalaması Alınan Numuneler	Ortalama(cm)
Tort	4,9
Çort	3,1

4. SONUÇLAR

İskenderun Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği laboratuvarlarında gerçekleşen bu deneysel çalışmada; ülkemizde ve dünyada yaygın olarak bulunan yığma yapıları depremden dolayı oluşacak hasarlara karşı güçlendirmek için mevcut yöntemlere bir alternatif sunmak amaçlanmıştır. Zemin malzemesi olarak kullanılan polyester mikroçiplerle örülüp PVC ile kaplı plastik kompozit donatı; dayanıklı, uzun ömürlü, düşük maliyetli, işçiliğinin kolay olması gibi avantajlarından dolayı yığma tuğla duvarların güçlendirmesinde kullanılarak, duvardaki etkisi incelenmiştir. Bu doğrultuda 5 adet tuğla duvar numunesi üretilmiş bunlardan 1 adedi şahit, 2 adedinin tek yüzüne, 2 adedinin de çift yüzüne plastik kompozit donatı uygulanmıştır. İnşa edilen yığma tuğla duvar numunelerinin diyagonal yükleme cihazı yardımıyla yük taşıma kapasiteleri ve deplasmanları bulunup, grafikler oluşturulmuştur. Çalışmayla elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

Yükleme sonrasında şahit numuneye göre; tek yüzü plastik kompozit donatılı duvarların dayanımı %370,6 oranında artmıştır. Çift yüzü plastik kompozit donatılı duvarlar ise şahit numuneye göre %796,3 oranında yük taşıma kapasitesini arttırmıştır. Tek yüzü plastik kompozit donatılı duvarlara göre çift yüzü plastik kompozit donatılı duvarlar yük taşıma kapasitesini ortalama olarak %90,5 arttırdığı görülmüştür.

Numunelerin elde edilen max. deplasman değerleri incelendiğinde; tek yüzü plastik kompozit donatılı duvarların şahit numuneye göre max deplasmanı %415.8 arttırdığı hesaplanmıştır. Çift yüzü plastik kompozit donatılı duvarın ise şahit numuneye göre max. deplasmanı %226.3 arttırdığı görülmüştür. 2 farklı parametre şeklinde tek yüzüne ve çift yüzüne plastik kompozit donatı uygulanan duvarlar kıyaslandığında ise çift yüzü plastik kompozit donatılı duvarlara göre tek yüzü plastik kompozit donatılı duvarlar max. deplasmanı %58.1 arttırmıştır.

Plastik kompozit donatı uygulanan duvarların donatılı yüzü, donatı uygulanmayan yüze göre gözle görülür bir şekilde daha az hasar almıştır. Kırılan plastik kompozit donatılı duvarlar incelendiğinde; sıva parçalanmış olsa bile plastik kompozit donatı belirgin bir hasar almadan tek parça durmaktadır.

Şahit numune plastik kompozit donatılı duvaralar göre gevrek ve ani kırılmıştır. Güçlendirme uygulanan numuneler daha sünek davranışlar göstermiştir.

Genel olarak elde ettiğimiz verilere ve gözlemlerimize göre plastik kompozit donatı, tuğla duvarların güçlendirilmesinde başarılı bir performans sergilemiştir. Plastik kompozit donatı ile sadece yığma tuğla yapıların değil tüm duvar güçlendirilmeleri için üzerinde çalışıp farklı parametrelerle de denebileceği ve diğer güçlendirme yöntemlerine bir alternatif olarak sunulabileceği düşünülmektedir.

TEŞEKKÜR

Deneysel çalışmalarımız için plastik kompozit donatının firmalardaki ismi ile geogird'in teminini sağlayan İstanbul Teknik firmasına çalışmamıza katkılarından dolayı teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

[1] Triantafillou, T. C., "Strengthening of Masonry Structures Using Epoxy- Bonded FRP Laminates", *Journal of Composites for Construction*,107-115, May 1998.

[2] 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.

[3] 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.

[4] Coza, H., "Dolgu duvarlı betonarme çerçevelerin karbon lifli kompozitlerle güçlendirilmesi", İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul, 18, Ocak 2009.

[5] Prota, A., Marcari, G., Fabbrocino, G., Manfredi, G. and Aldea, C. (2006).,"Experimental In-Plane Behavior of Tuff Masonry Strengthened with Cementitous Matrix-Grid Composites", *Journal of Composites for Consturction*, May/June 2006, pp 223-233.

[6] Papanicolaou, C. G., Triantafillou, T. C., Karlos, K., Papathanasiou, M., "Textile-reinforced mortar (TRM) versus FRP as strengthening material of URM walls: in-plane cyclic loading", *Materials and Structures*, 40(10): 1081-1097 (2007).

[7] Binici, B., Özcebe, G. ve Özçelik, R., ''Analysis and design of FRP composites for seismic retrofit of infill walls in reinforced concrete frames'', *Composites: Part B*, Cilt 38, 575-583, 2007.

[8] 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.

[9] 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.

[10] 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.

[11] Cumhur, 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.

[12] Taghdi, M., Bruneau, M. ve Saatcioglu, M., "Seismic Retrofitting of Low-Rise Masonary and Concrete Walls Using Steel Strips", *ASCE Journal of Structural Engineering*, 126:1017- 1025, 2000.

[13] Araki, H., Yasojima, A. ve Kagawa, J., "Strength of Masonry Walls Retrofitted with Epoxy Resin Injection", *Applied Mechanics and Materials*, 82:545-550, 2011.

[14] Geoart, URL: http://www.geogrid.com.tr/geogrid (Erişim zamanı; Temmuz, 21, 2020).

[15] Maccafarrı, URL: https://www.maccaferri.com.tr/geogrid-nedir-kullanim-alanlari-nelerdir (Erişim zamanı: Temmuz, 21, 2020)