

Tarihi Yapıların Güçlendirilmesinde Yenilikçi Yaklaşımlar ve FRP Malzemelerin Kullanımı

*¹İzzet Değirmenci ve ²Mehmet Sarıbıyık

^{*1}Sinop Üniversitesi, Boyabat Meslek Yüksekokulu, İnşaat Programı, Sinop, Türkiye

²Sakarya Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İnşaat Mühendisliği, Sakarya, Türkiye

Özet

Tarihi yapılar geçmişten günümüze kadar ayakta kalabilmiş, inşa edildiği dönemlerin izlerini taşıyan ve belli başlı mimari karaktere sahip olan yapılardır. İnşa edildiği dönemin malzeme karakteristiklerini, yapım tekniklerini ve mimari öğelerini günümüze aktaran önemli hazinelerdir. Geleneksel malzemelerle inşa edilmiş olan tarihi yapılar ömürleri boyunca yangınlar, atmosferin malzemeler üzerindeki yıpratıcı etkileri, farklı yüklemeler ve depremler gibi birçok olumsuz etkiyle karşı karşıya kalmışlardır. Tüm bu olumsuzluklara rağmen günümüze kadar ayakta kalmayı başarmış olan tarihi yapılara gereken önem verilmeli, zarar gören kısımları onarılmalı ve gerekli güçlendirmeler yapılarak geleceğe de güvenle aktarımı sağlanmalıdır. Tarihi yapıların onarım ve güçlendirilmesinde en hassas nokta tarihi dokuyu korumaktır. ICOMOS tüzüğünde de belirtildiği üzere, tarihi yapıların onarım ve güçlendirilmesinde doğal malzemeye öncelik verilmeli, doğal malzemenin yeterli görülmediği durumlarda zamanın teknolojik ürünleri uygulanmalıdır. Yapılan uygulamaların ise ileride bu uygulamadan vazgeçilmesi durumunda geri döndürülebilir nitelikte olması gerekmektedir.

Bu çalışmada; yığma yapılarda kullanılan güçlendirme yöntemleri, özellikle de yenilikçi ve teknolojik bir güçlendirme malzemesi olan FRP ile yapılan güçlendirme uygulamaları araştırılmıştır. İlgili bilimsel çalışmalar taranarak yığma yapılarda güçlendirme malzemesi olarak FRP malzemelerin kullanım biçimleri incelenmiş, bu uygulamaların tarihi yapılardaki muhtemel etkileri tartışılmıştır. Yapılan uygulamaların koruma tüzükleri açısından uygunluğu hakkında bir takım çıkarımlarda bulunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Yığma Yapı, Tarihi Yapı, Onarım, Güçlendirme, FRP

Abstract

Historical buildings still standing to this day in the past, bearing the traces of the time it was built and is made with a certain architectural character. They show the material characteristics of the time it was built, construction techniques and architectural elements. Historic structures built with traditional materials have faced fire, corrosive effects, different installations, earthquakes and many negative effects throughout the life. Should be given to value despite all the negativity still standing the historical buildings. The most sensitive point of repair and strengthening of historic structures are to protect the historic tissue. Repairs and strengthening of historic building should be use technological products if isn't enough natural products as noted in the ICOMOS charter. The applications should be reversible if this method to be useless in the future.

In this study, strengthening methods used in masonry structures, in particular, has researched innovative and technological applications made by a strengthening with FRP materials. Scanning the relevant scientific studies, using FRP materials to reinforcement masonry structures have been examined, possible effects on the historical tissue of this practice are discussed. Applications have been found in some inferences about the appropriateness of the protection charter.

Key words: Masonry Structures, Historical Building, Repair, Strengthening, FRP

1. Giriş

Tarihi yapılar, mimarisi, kültürü, çevre dokusu, mühendislik özellikleri, anıtsal ya da sivil mimarlık ögesi oluşu gibi birçok açıdan araştırmacıların ilgi duyduğu bir konu halini almış ve bu konuda son dönemlerde birçok çalışma yapılmıştır. Tarihi yapılar yıllar içerisinde atmosferin yıpratıcı etkisi, deprem etkileri, kullanım biçimlerindeki değişiklikler, farklı yüklemeler, zemin problemleri gibi farklı nedenlerden ötürü hasara uğrayabilmektedirler. Meydana gelen eskimeye karşı tarihi yapıların tekrardan dirençli hale getirilerek geleceğe güvenle aktarılması bir gerekliliktir. Bu nedenden ötürü gerekli analizler yapılarak tarihi yapıların iyileştirilme ihtiyaçları belirlenmeli ve mümkün olduğunca aslı korunarak rehabilite edilmeleri sağlanmalıdır. Tarihi yapıların deprem kuvvetlerine karşı dayanımının tespiti için deprem analizi yapılması gereklidir. Analizler günümüz teknolojisinde bilgisayar yazılımlarıyla detaylı olarak yapılabilmektedir. Analiz sonuçlarına göre güçlendirmenin gerekli görülmesi durumunda seçilecek güçlendirme metodlarının uygulanması aşamasında tarihi yapıya yapılacak müdahaleler, uluslararası koruma tüzüklerine uygun olmalı ve yapının özgün mimari özelliklerine zarar vermemelidir. Onarım ve güçlendirme işlerinde geleneksel malzemelerin kullanımının yanında teknolojik malzemelerin kullanımı da mümkündür. Bu teknolojik ürünler içerisinde Fiber Takviyeli Plastik (FRP) malzemeler üstün mekanik özellikleriyle önemli yer tutarlar.

Bu çalışmada tarihi yapılarda güçlendirme yöntemlerine değinilmiş, güçlendirmede yeni yaklaşımlar irdelenmiş ve özellikle de üstün mekanik özelliklere sahip FRP malzemelerle yapılan güçlendirme çalışmalarına yer verilmiştir. Yapılan uygulamaların tarihi yapılar açısından uygunluğu gözden geçirilerek çıkarımlarda bulunulmuştur.

2. Tarihi Yapılar

Tarihi yapılar; yapıldığı dönemin mimari öğelerini, mühendislik tecrübelerini, malzeme bilgilerini ve kültürel izlerini içinde bulunan döneme kadar getirebilen taşınmaz kültür varlıklarıdır. Kültürel birikim ve teknik bilgiler açısından geçmişten geleceğe kurulacak bir köprü görevi görürler. Atmosferin etkileri, doğal ve yapay felaketler, yeterli mühendislik hizmeti görmemiş olmaları, korumacılık anlayışının yerleşmemiş olması gibi birçok sebepten ötürü bugünlere ulaşan yapı sayısı azdır. Günümüze ulaşan sivil mimarlık örnekleri de çok eski tarihlere işaret etmez. Fakat yapım yöntem ve teknikleri, kullanılan malzemelerin kalitesi, korunma altında olmaları gibi sebeplerden ötürü anıtsal eserlerin çoğu günümüze ulaşabilmiştir. Günümüze ulaşabilen tarihi nitelikli yapıları gelecek kuşaklara güvenle aktarabilmek gerekir.

Tarihi yığma yapılarda ana taşıyıcı sistem duvarlardır. Yığma duvarların düşey basınç yükleri altında oluşan basınç gerilmelerine karşı dayanımını kaybetmemesi ve yatay deprem yükleri altında duvar kesitlerinde oluşan kayma gerilmelerine karşı yeterli dayanımı göstermeleri beklenir. Yığma taşıyıcı duvarların hiç bir kesitinde çekme gerilmelerinin oluşması istenmez. Yığma duvarların çekme dayanımının olmadığı kabul edilir. Bu sebepten dolayı yığma yapıda çekme gerilmelerinin oluşumu önlenemez ya da çekme gerilmelerinin olduğu bölgelerde önlem alınmazsa yapıda hasar oluşabilir. Yığma taşıyıcı elemanların, çekme gerilmelerinden hasar görmelerini engelleyecek olan çekme elemanlarıdır. Yığma yapılar yatay deprem kuvvetleri

altında çekme gerilmelerine maruz kalırlar. Yatay yönde etki eden bu kuvvetler, ağır bir kütleyle sahip ve yüksek rijitliğe sahip olan yığma yapının hasar görmesine sebep olurlar. Bu sebepten oluşabilecek çekme gerilmeleri, uygun çekme elemanlarıyla karşılanmalıdır.

2.1. Tarihi Yapıların Korunması ve Güçlendirilmesinde Korumacılık Yaklaşımları

Tarihi yapıların korunması, onarım ve güçlendirilmesinde uluslararası korumacılık ilkelerine dikkat edilmesi gerekir. Tarihi dokusunun zarar görmesine sebep olabilecek ve geri dönüşümü olmayan her türlü uygulamadan kaçınılmalıdır. 1931 Atina'da ve 1964 Venedik'te imzalanan ve ülkemizin de taraf olduğu ICOMOS tüzükleri tarihi anıtların onarım ve restorasyonunda dikkat edilmesi gereken noktalara vurgu yapmaktadır. Ayrıca ICOMOS'un 2003 yılında belirlediği tarihi yapıların restorasyonunda uyulması gereken kriterler, tarihi yapı onarım ve güçlendirilmesinde uygulayıcılara yol göstermektedir. ICOMOS tüzüğünün belirlediği ilkelere göre, taşıyıcı sistemin çökmesini önlemek amacıyla alınması gerekli acil güvenlik önlemleri dışında, sağlayacağı yarar veya zarar tam olarak belirlenmeden tarihi esere herhangi bir müdahale yapılmamalıdır. Bu tür acil önlemler alınırken, geriye dönüşü olmayan müdahaleler getirmekten mümkün olduğunca kaçınılmalıdır. Geleneksel ve yeni teknikler arasında tercih yapılmadan önce, her yapının durumu, güvenlik ve mukavemet talepleri göz önünde tutularak değerlendirilmeli, en az müdahale getiren ve kültürel değerlerle en uyumlu olan seçilmelidir. Restorasyonda mümkün olduğunca geleneksel malzemeler tercih edilmeye çalışılmalı, geleneksel malzemenin yetersiz görüldüğü durumlarda günün teknolojik malzemeleri kullanılmalıdır. Teknolojik malzemenin uyumlu olmasına özen gösterilmelidir. Kullanılan malzeme mümkün olduğunca geri dönüştürülebilir olmalıdır. Yeni bilgiler edinildiğinde yapılan müdahalelerin esere zarar vermeden kaldırılarak daha uygun olanlarla yer değiştirilebilir nitelikte olması istenmektedir [1].

2.2. Tarihi Yığma Yapılarda Onarım ve Güçlendirme Metotları

Bir yapının onarım veya güçlendirmesinde; hasarın nedenlerini giderecek önlemlerin alınması, hasardan dolayı meydana gelen dayanım kayıplarının yeniden kazandırılması veya bir daha hasar meydana gelmemesi için gerekli güçlendirme işinin yapılması gibi farklı amaçlar güdülebilmektedir [2]. Onarım ve güçlendirmede yığma yapılar açısından dikkat edilmesi gereken önemli noktalardan birisi yapı ağırlığının ve dolayısıyla rijitliğinin arttırılmamasına dikkat etmek olmalıdır. Çünkü yatay deprem yükleri yapıya ağırlığı ve rijitliği oranında etki edecektir. Yığma yapılarda kullanılan en genel onarım ve güçlendirme metotları şunlardır [2]:

- a) Çimento Enjeksiyonu
- b) Betonarme Mantolama
- c) Gergi Demirleriyle Güçlendirme
- d) Betonarme Hatıllarla Güçlendirme
- e) Ahşap Dikme ve Çaprazlarla Güçlendirme
- f) Çelik Profillerle Güçlendirme
- g) FRP Kompozitlerle Güçlendirme

3. Yenilikçi Yaklaşımlarla Yığma Yapıların Güçlendirilmesi

Geleneksel malzemeler ve yöntemlerle yığma yapılarda güçlendirme yapılabilir. Ancak geleneksel malzemelerin düşük dayanım özelliği ve çekme gerilmesini alacak eleman teşkilinin güçlüğü yeni teknolojik malzemelerin de kullanılması fikrini doğurmuştur. Tarihi yapılarda minimum müdahale ile maksimum verim alınması ve tarihi dokunun korunması önem taşır. Yenilikçi bir yaklaşım olan FRP malzemelerin hem korozyon gibi dış etkilere dayanıklı, hem de küçük kesitlerle yüksek çekme gerilmeleri taşıyabilir olması tarihi yapılarda kullanımını özendirilmektedir. Bu sayede iyileştirme tarihi dokuya en az müdahale ile gerçekleştirilmektedir.

3.1. Güçlendirmede Kullanılan FRP Malzemeler

Tarihi yapıların süneklik özelliği oldukça düşüktür. Diğer yandan çekme elemanları olmadığından çekme gerilmeleri bakımından da dayanıksızdırlar. Güçlü dinamik yüklere maruz kalan bu tür yapılarda enerji sönmülmesi yapısal hasarların ve çatlakların ortaya çıkmasıyla mümkün olabilir. Dolayısıyla güçlendirme esnasında yapıya süneklik katacak ve çekme gerilmelerini alacak ek elemanlar yerleştirilmelidir. Bu elemanlardan en önemlilerinden birisi FRP malzemelerdir [3].

3.1.1. Cam Fiberler

Fiber üretiminde camın birçok farklı bileşimi kullanılır. E camı; yüksek mukavemet, sertlik, elektriksel direnç özelliklerine sahiptir. C camının korozyon direnci yüksektir. S camı; yüksek elastisite modülü, yüksek sıcaklara direnç özelliklerine sahiptir [4].

3.1.2. Karbon Fiberler

Karbon fiberlerin tasarım malzemesi olarak kullanılması, daha çok yüksek dayanımlı türü üzerinde yoğunlaşmaktadır. Karbon fiberler yüksek elastisite modülü ve çekme dayanımına sahiptirler. Grafit tabakalarının, fiber eksenine paralel olarak yönlendirildiği durumlarda en yüksek dayanım değerlerine ulaşılır [4].

3.1.3. Bazalt Fiberler

Bazalt elyafları, bazalt taşlarının 1300-1700°C'de eritilmesi ile elde edilir. Bazalt elyaflarının kimyasal bileşimlerine bağlı olarak da mekanik nitelikleri bir miktar değişiklikler gösterir. 1200-1400°C aralığı için sıcaklık arttıkça elde edilen elyafın çekme mukavemeti 1,5GPa'dan 2,9GPa'a artma eğilimi gösterir [5].

3.1.4. Organik Fiberler

Organik fiberler; yüksek mukavemet ve rijitliğe sahip ve büyük oranda düzenli polimerlerdir. Organik fiberlerde karbon fiberler gibi anizotropik davranış gösterirler. Organik fiberlerin Kevlar 29 ve Kevlar 49 gibi ticari isimleri olan çeşitleri vardır [4]. Kevlar, camdan daha hafif ve daha rijittir. Fiyat açısından da birçok liften daha ucuzdur. Dış etkilere karşı korunması gerekir [6].

3.1.5. Bor Fiberler

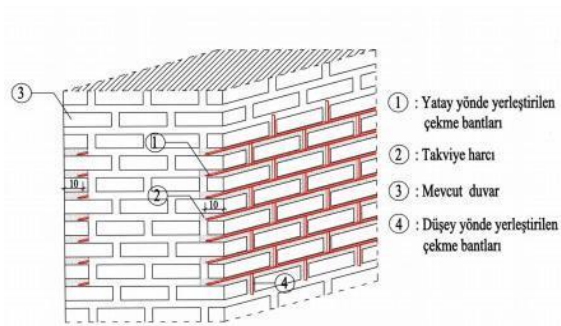
Çekme dayanımı yüksek mukavemet sınıfından karbon elyafına eşdeğer olan bor elyafının basma mukavemeti ise karbonun yaklaşık iki katıdır. Bor elyaf diğer bütün elyaf türlerinden şimdilik daha pahalıdır. Tungsten çekirdek üzerine bor kaplanılarak elde edilir. Elde edilen sürekli bor lifleri genellikle 0,1-0,2 mm çapında olur. Kalın oldukları için bor liflerinin dokuma, bükme gibi işlemlerle elyaf ve kumaş haline getirilmeleri de daha zordur [7].

3.2. FRP Malzemeler İle Güçlendirme Uygulamaları

Fiber takviyeli polimerler düşük yoğunluklu, üstün mekanik özellikli, paslanmaya ve kimyasal maddelere karşı dayanıklıdır. Ayrıca esnek olup hızlı uygulanabilmektedir. Günümüzde inşaat mühendisliği alanında binaların, köprülerin ve diğer alt yapı sistemlerinin sismik güçlendirmesinde kullanılmaktadır [8]. FRP malzemeler çubuk, halat, şerit, ızgara ve tek ya da çok yönlü kumaşlar gibi farklı formlarda üretilerek farklı tekniklerle uygulanabilmektedirler.

3.2.1. FRP Çubuklarla Güçlendirme

Genel olarak yığma yapıların deprem analizlerine göre belirlenmiş, hasar görmesi muhtemel taşıyıcı duvarlarında uygulanmaktadırlar. FRP çubuk ile güçlendirme uygulamalarında firmaların farklı yaklaşımları bulunmaktadır. Duvar derzlerindeki geleneksel harçlar yaklaşık 7-10 cm. boşaltılarak, boşalan alana fiber çubuklar yerleştirilmektedir. Boş kalan derzler yapıda kullanılan özgün harç özelliklerinde veya özgün harçla uyumlu harçla yeniden doldurularak uygulama tamamlanmaktadır. Bu tür uygulamada yapıdan çıkan harcın tekrar kullanılması uygun değildir [9]. Bazı uygulamalarda ise duvar derzlerinde 2-3 cm. derinlikte boşluklar açılarak bu boşluklara özel reçine ya da kireç esaslı harçlar kullanarak FRP çubuklar yerleştirilmektedir [10]. FRP çubuklar ile duvar yüzeyinde oluşan çekme gerilmeleri karşılanırken duvarın sünekliği de arttırılmış olmaktadır. Güçlendirme uygulamalarında genellikle karbon, bazalt, cam, aramid çubuklar kullanılmaktadır. FRP çubuk uygulaması genellikle sıvasız elemanlarda tarihi dokunun korunması maksadıyla kullanılmaktadır. Kullanılan karbon çubukların duvar derzlerine yerleştiriliş biçimleri Şekil 1’de gösterilmiştir. Şekil 2’te ise karbon kumaşlardan kesilen parçaların ince şerit biçiminde katlanıp epoksi ile yapıştırıldıktan sonra derzlere uygulanmasına ilişkin bir çalışma görülmektedir.



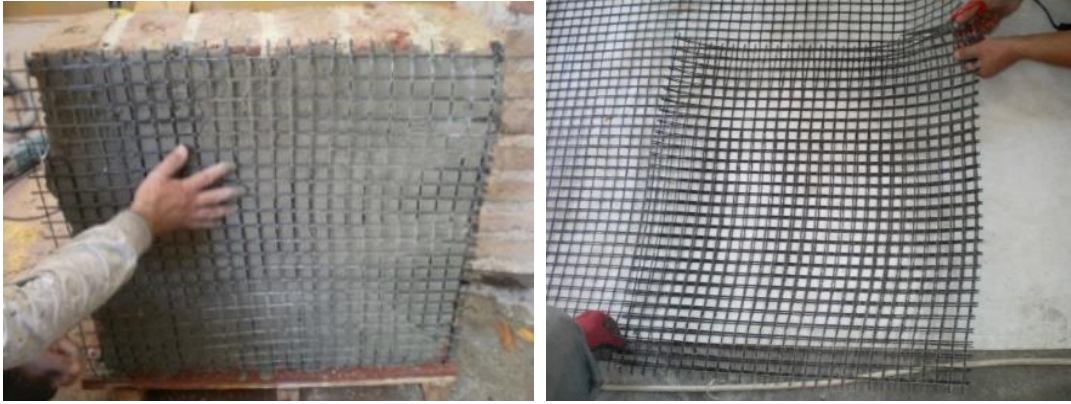
Şekil 1. FRP çubukların derzlere uygulanması [10]



Şekil 2. FRP şerit derz uygulaması [2]

3.2.2. FRP Izgaralarla Güçlendirme

Sıvalı yüzeylerin güçlendirilmesinde tekstil donatılı harçlar kullanılabilir. Tarihi yapı duvarların tekstil donatılı harç ile güçlendirmesinin kayma davranışındaki etkisini belirlemek amacıyla düzenlenen deneysel çalışmada, diyagonal yükle yüklenen numunelerin kayma dayanımı ve güç tüketimlerinde artış görülmüştür [11]. Bu teknikte ızgara biçiminde oluşturulan elyaflar duvar yüzeyine sıva harcıyla birlikte uygulanmaktadır. Bu sayede taşıyıcı eleman yüzeyi sıva ile birlikte güçlendirilmektedir. Karbon, bazalt, cam elyaf, aramid elyaf gibi lif türlerinden ızgara elemanlar üretilebilmekte, bu elemanların duvar yüzeyine sıva ile birlikte uygulanmasıyla duvarın hem dış yüklere karşı dayanımının hem de sünekliğinin artırılması sağlanabilmektedir. Şekil 3’de karbon ızgaraların model duvar üzerine sıva ile uygulanışı görülmektedir. Akdeniz tarihi yapı mirasının onarım ve güçlendirilmesinde açık ve tam uyumlu yeni nesil güçlendirme sistemleri üzerine 2006’da başlatılıp 2008’de tamamlanan Operha projesinde uygulanan bazalt donatılı harç uygulamaları da Şekil 4’de görülmektedir.



Şekil 3. Karbon ızgara ile donatılı harç uygulaması [11]



Şekil 4. Bazalt elyafı ile donatılı harç uygulaması [12]

3.2.3. FRP Şeritlerle Güçlendirme

FRP malzemelerin yığma duvarların güçlendirilmesinde uygulanmasının bir başka yolu da şerit halinde üretilmiş FRP elemanların duvar yüzeyine yatay, düşey ya da diyagonal biçimde yapıştırılmasıdır. Yapıştırma işlemi genellikle epoksi gibi bağlayıcılarla gerçekleştirilmektedir. Şekil 5’de düşey yönde yapılan uygulama, diyagonal olarak duvar yüzeyine yapılan uygulama, kemer ve tonoz gibi elemanlarda FRP şeritlerle güçlendirme uygulamaları görülmektedir. Karbon FRP ile cam FRP malzemenin uygulama biçimleri benzer şekildedir. Cam elyaf, formu gereği daha şeffaf bir malzeme olup şeffaf uygulamalar yapabilmeye olanak sağlar.



Şekil 5. Karbon şeritlerin güçlendirmede kullanılması [13-16]

3.2.4. FRP Kumaşlarla Güçlendirme

FRP kumaşlar da güçlendirme uygulamalarında fazlaca kullanılmaktadırlar. Özellikle kolon ve kirişlerin sargılanarak güçlendirilmesinde önemli rol oynarlar. Fakat kumaş şeklindeki fiberlerin tarihi yapılarda sargılama yapılarak kullanılması pek uygun değildir. Epoksi reçine ile yüzeye yapıştırılarak uygulandığından ötürü, uygulandığı yerdeki tarihi dokuyu kapatacağı için kullanımı sakıncalar doğurabilir. Ayrıca epoksi ile yapıştırıldığı zaman Venedik tüzüğünde belirtilen geri döndürülebilirlik ilkesi göz ardı edilmiş olmaktadır. En çok acil müdahale gerektiren ve üzeri kaplanacak olan kubbe ve kemerlerin sargılanmasında kullanımı yaygındır. Cam elyaflar karbona göre mekanik özellikleri bakımından yakın ama fiyat olarak daha ucuzdur ve aynı formlarda üretilmektedirler. Şekil 6’da yüzeyi cam elyaf kumaşlar ile kaplanmış duvar örnekleri ile dıştan karbon elyafı sarılmış bir kubbe görülmektedir.



Şekil 6. Kumaşlar sarılarak yapılan duvar güçlendirmeleri [17-19]

3.2.5. FRP Halatlarla Güçlendirme

Yığma yapıları güçlendirmekte kullanılabilecek diğer bir yöntem de yığma yapı elemanını halat ile sargılamaktır. Organik elyaflardan ya da bazalt elyafı gibi elyaflardan elde edilen halatlarla yığma duvarlar güçlendirilebilir. Uygulamasında derzlerden karşılıklı olarak açılan deliklerden faydalanılır. Şekil 7’de bazalt halat ile baklava şeklinde ve düğümlü sargılama tekniğiyle güçlendirilmiş yığma duvar örnekleri görülmektedir. Ayrıca yatay derz doğrultularınca belirli aralıklarla açılan deliklerden karşılıklı gerdirildikten sonra derzin içerisine gömülme suretiyle yapılan uygulama görülmektedir.



Şekil 7. Bazalt halat ile baklava ve şerit şeklinde güçlendirme [20-21]

4. Sonuç ve Öneriler

Güçlendirme uygulamalarında en çok kullanılan lif türleri karbon, cam, bazalt, ve aramid lifleridir. Bor lifi, üretiminin yaygınlaşmaması ve maliyetinin yüksek olması sebebiyle henüz bu tür uygulamalarda kullanılmamaktadır. Karbon elyafı pahalı olmasına karşın mekanik ve durabilite özellikleri yüksek olduğundan daha çok tercih edilmektedir. Cam elyafı daha ucuz olup ayrıca şeffaf uygulama yapılabilme imkânı da mevcuttur. Bazalt elyafı ise bazalt kayacından üretildiği için kâgir malzemelerle uyumunun en iyi olması beklenir.

FRP malzemelerin güçlendirmede kullanılmasının bir avantajı da yapının ağırlığını arttırmamalarıdır. Ağır ve rijit olan yığma yapıların güçlendirilmesi küçük kesitlerle sağlanabilmektedir. FRP malzemenin güçlendirmede kullanımıyla birlikte yapıda az müdahale ile yüksek verim elde edilebilmektedir. Böylece hem yayılımcı bir teknik uygulanmamış olacak, hem de yapı yükü fazlaca arttırılmamış olacaktır. FRP malzemelerin tarihi yığma yapı elemanlarında kullanımını, uygulama yüzeyi açısından sıvasız ve sıvalı yüzeyler olmak üzere iki biçimde ifade edebiliriz. Sıvasız duvarlarda uygulanan metotlar içerisinde tarihi dokuya en az müdahale edileni; FRP çubuk, halat ya da bantların derz içlerine uygulanmasıdır. Eğer duvara sıva uygulanacaksa, FRP şeritlerin yüzeye yapıştırılması ya da donatılı harç sistemlerinin kullanılması metotları en uygunu olacaktır. Bu uygulama biçimlerinin de geri döndürülebilirlik açısından uygun olduğu söylenebilir. FRP kumaşların yüzeye epoksi reçinelerle yapıştırılması veya duvarların tamamen sargılanması durumu ise geri döndürülebilirlik kriteri açısından uygun olmayacaktır.

FRP kullanımını koruma tüzükleri çerçevesinde değerlendirdiğimizde olumlu yönleri göze çarpar. FRP malzemeler koruma tüzüklerinde belirtilen esaslara uygun olarak uygulanabilirler. FRP malzeme ile tarihi yapıda uygulanan güçlendirmelerde yayılımcı bir teknik kullanılmadığı müddetçe geri dönüşümleri kolay olacaktır. Bu yüzden tarihi dokuyu kapatacak ve yapıdan uzaklaştırılması zor olan tekniklerle uygulamalardan uzak durulmalıdır. FRP malzemelerin yapıya uygunluğu ve gelecek dönem etkilerini söylemek için henüz erken olduğunu ifade edebiliriz. Deneylerden ve nümerik modellerden elde edilmiş veriler ışığında güçlendirme uygulamaları yapılmıştır. Fakat bu tekniklerin yapılar üzerinde kullanımı daha yeni yaygınlaştığı için uzun dönemli sonuçları hakkında yeterli veri bulunmamaktadır. Gerçek deprem etkisiyle karşılaşmadan ve geleneksel yapı malzemeleri gibi uzun dönem davranışları görülmeden kesin çıkarımların yapılması güçtür.

5. Kaynaklar

- [1] Mimari Mirasın Analizi, Korunması ve Strüktürel Restorasyonu için İlkeler. (2003). ICOMOS.
- [2] Çöğürçü, M., T. (2007). Yığma Yapıların Yatay Derz Güçlendirme Yöntemiyle Güçlendirilmesi. Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, Konya.
- [3] Keskin, A., Özen, S. (Mayıs 2011). Tarihi Yapıların Onarım ve Güçlendirilmesi. TMMOB İzmir Şubesi Bülten, 158, 44-46.
- [4] Kompozit Sektör Raporu. (Aralık 2006). İstanbul Ticaret Odası.
- [5] İnternet : <http://uskudar.biz/malzeme-bilgisi/bazalt-elyafi> (Erişim Tarihi : 02.03.2015)
- [6] Ersoy, H.Y. (2001). Kompozit Malzeme. İstanbul : Literatür Yayıncılık.
- [7] İnternet : <http://uskudar.biz/malzeme-bilgisi/bor-elyafi> (Erişim Tarihi : 14.03.2015)
- [8] Bastianini, F., Corradi, M., Borri, A. and Angelo di Tommaso A. (2005). Retrofit and monitoring of an historical building using “Smart” CFRP with embedded fibre optic. Construction and Building Materials, 19, 525-535.
- [9] Bayraktar, A. (2006). Tarihi Yapıların Analitik İncelenmesi ve Sismik Güçlendirme Metodları. İstanbul: Beta Basım.

- [10] Aydın, E.Ö., Fahjan, Y.M. ve Çömlekçioğlu, R. (2007). Deprem Bölgelerindeki Tarihi Kâgir Yapıların Güçlendirilmesinde Kullanılan Yeni Teknikler. International Earthquake Symposium, Kocaeli.
- [11] Mezrea, P.E., Yılmaz, İ., A. ve diğerleri. (2013). Tarihi Tuğla Duvarların Tekstil Donatılı Harç (TRM) ile Güçlendirilmesi. Dördüncü Tarihi Yapıların Güçlendirilmesi ve Geleceğe Güvenle Devredilmesi Sempozyumu, İstanbul.
- [12] Kolyvas, C., Karantzakis, M. (2011). Tarihi Yapıların Güçlendirilmesinde Donatılı Harç Sistemleri. Yedinci Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, İstanbul.
- [13] La Mendola, L., Accardi, M., Cucchiara, C., Licata, V. (2014). Nonlinear FE analysis of out-of plane behaviour of masonry walls with and without CFRP reinforcement. Construction Building Material, 54,190–196.
- [14] Demirhan, M. (2010). CFRP Şeritlerle Güçlendirilen Tuğla Dolgu Duvarların Düzlem Dışı Davranışı. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara.
- [15] Peker, İ.Y. (2005). Yığma ve Tarihi Yapılarda FRP Malzemeler Kullanılarak Yapılan Güçlendirme Uygulamaları. Deprem Sempozyumu, Kocaeli.
- [16] Milani, G., Fedele, R., Lourenço, P., Basilio, I. (2014). Experimental and Numerical FE Analyses Of Curved Masonry Prisms and Arches Reinforced With FRP Materials. 9th International Conference on Structural Analysis of Historical Constructions, Mexico.
- [17] İnternet:<http://www.besoglu.com/galeri/tarihi-eser-guclendirme/> (Erişim Tarihi:07.03.2015)
- [18] ElGawady, M., Lestuzzi, P., Badoux, M. Rehabilitation of Unreinforced Brick Masonry Walls Using Composites. Retrofitting of Masonry Structures and Earthquake Resistant Design (Short Course), At Dresden, Germany.
- [19] Ilki, A., Ispir, M., As, F., Demir, C. and Kumbasar, N. (2008). FRP Retrofit of Walls Constructed with Historical Bricks. Challenges for Civil Construction, Porto.
- [20] Monni, F., Quagliarini, E., Lenci, S., Clementi, F. (2015). Dry Masonry Strengthening Through Basalt Fibre Ropes: Experimental Results Versus Out-Of-Plane Actions. Key Engineering Materials, 624, 584-594.
- [21] Quagliarini, E., Monni, F., Lenci, S., (2012) Masonry Strengthening Through Basalt Fibre Ropes: Experimental and Analytical Results. 8th International Conference on Structural Analysis of Historical Construction, Poland.