



ISSN:1306-3111

e-Journal of New World Sciences Academy
2010, Volume: 5, Number: 3, Article Number: 1A0102

ENGINEERING SCIENCES

Received: May 2009
Accepted: July 2010
Series : 1A
ISSN : 1308-7231
© 2010 www.newwsa.com

Mehmet Emin Öncü
Abdulhalim Karaşin
Senem Yılmaz
Dicle University
oncume@dicle.edu.tr
karasin@dicle.edu.tr
senyilmaz@dicle.edu.tr
Diyarbakir-Turkey

CFRP İLE GÜÇLENDİRİLMİŞ KESİTLERİN EKSENEL YÜK ALTINDAKİ DAVRANIŞI

ÖZET

Bu çalışma, analitik ve deneysel olmak üzere iki ana bölümden oluşmuştur. Analitik çalışmada, çok katlı mevcut betonarme bir binanın güçlendirilmesine yönelik olarak Deprem Yönetmeliğinde yer alan lifli polimer (FRP) ile sargılama esaslarına göre değerlendirilmesi yapılmış ve gerekli sargılamalar ile beton eksenel basınç dayanımının iki katına çıkabileceği tespit edilmiştir. Deneysel çalışmada ise, karbon lifli polimerler (CFRP) ile güçlendirilmiş beton kesitlerin eksenel yükler altındaki davranışı incelenmiştir. Bu amaçla beton dayanımı daha düşük olan betonarme bir binadan alınan karot numuneler laboratuvar ortamında eksenel yük altında kırılmıştır. Daha sonra bu numuneler CFRP ile sarılarak birçok kez basınç deneyine tabi tutulmuştur. Deneylerden elde edilen sonuçlara göre, taşıma gücünü kaybetmiş düşük dayanımlı beton kesitlerin bile CFRP ile güçlendirilmesinin dayanıma olumlu katkısının olduğu gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: CFRP, Sismik Güçlendirme, Eksenel Yük,
Karot Numune, Beton

BEHAVIOR of STRENGTHED CONCRETE SECTIONS WITH CFRP UNDER AXIAL LOADING

ABSTRACT

This study consists of two main parts: analytical and experimental study. In the analytical study, strengthening a multi storey building with respect to principles of wrapping with carbon fiber reinforced polymer (CFRP) according to Turkish Earthquake Code represented the axial load capacity of concrete may arise to be doubled. On the other hand, in experimental study, behavior of reinforced concrete sections strengthened by wrapping with CFRP is investigated. For this purpose, the core samples taken from a reinforced concrete building are loaded by axial force in the laboratory. Then the specimens wrapped with CFRP are subjected to several times the compressive loads. The results obtained in experimental study are evaluated. Accordingly, it is observed that reinforcing by wrapping with CFRP of concrete sections positively affects to resistance of them against axial loads.

Keywords: CFRP, Seismic Strengthening, Axial Loading,
Core Sample, Concrete

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Ülkemizdeki mevcut betonarme yapıların çoğu yeterli yanal dayanım ve rijitliğe sahip değildir. Bu yüzden mevcut betonarme yapıların deprem güvenliğinin artırılmasına yönelik araştırmalar yapılmaktadır. Bunlardan biri de taşıyıcı elemanların ve dolgu duvarların FRP ile güçlendirilmesidir. FRP karbon, aramid, kevlar ve cam gibi malzemeleri içerebilmektedir. Bunlar çok düşük ağırlıklı, yüksek mukavemetli, korozyona dayanıklı, mekanik ve fiziksel özellikleri yüksek değerlere sahip malzemelerdir. FRP tek yönlü plakalar, kumaşlar, çubuklar ve çift yönlü örtüler olarak üretilebilmektedir. Son yıllarda betonarme yapıların güçlendirilmesinde yaygın olarak kullanılan FRP, korozyon dayanımı bakımından, hafif olması ve kullanım kolaylığından dolayı tercih edilmektedir. Bu malzemelerin maliyetlerindeki düşüşler kullanımı daha da yaygınlaştırmaktadır [1].

FRP'ler yapıların depreme karşı güçlendirmesinde, mevcut yapının kullanım amaçlarındaki değişikliklerde, yapıların yeni yönetmeliklere uygun hale getirilmesinde, kirişlerin, döşemelerin, duvarların, kolonların, bacaların, siloların, tünellerin, boruların, tankların ve diğer elemanların güçlendirilmesinde kullanılabilir. CFRP genellikle kolon, kiriş, döşeme ve duvarların taşıma kapasitelerini artırmak için plakalar halinde, kolon, kiriş, baca, silo, tünel, boru ve duvar gibi yapı elemanlarında ise tek yönlü veya iki yönlü kumaş şeklinde kullanılması uygundur. Özellikle düzgün olmayan kesitli yapı elemanlarının güçlendirilmesinde CFRP kumaşlar kullanılabilir.

Özcan tarafından yapılan bir çalışmada, dikdörtgen kesitli betonarme kiriş elemanların FRP ile güçlendirilme uygulaması ve üç noktalı eğilme deneylerinden elde edilen sonuçlar verilmiştir. Deneyler, 2.20m boyunda ve 0.15x0.25m kesitli 8 adet betonarme kiriş üzerinde, üç grup olarak yapılmıştır. Deney sonuçlarından elde edilen yük-yer değiştirme ve yük-şekil değiştirme grafikleri verilmiştir [2]. İlki ve Kumbasar tarafından yapılan bir çalışmada, aksenal yükler ve yön değiştiren tekrarlı eğilme etkileri altında deneyleri yapılan numunelerin onarılıp CFRP ile sarılarak tekrar deneye tabi tutulması sonucunda, numunelerin dayanım, süneklik ve enerji yutma özelliklerinin olumlu yönde etkilendiği görülmüştür [3]. Deney kirişlerinin alt çekme bölgesi güçlendirilerek eğilme dayanımının yükseltilmesinin hedeflendiği bir çalışmada, 15x15x70cm boyutlarındaki çelik kalıpların altına yerleştirilen farklı oranlardaki lif içerikli çimento yastıkları üzerine beton doldurulmuştur. Böylece elde edilen kirişler üzerinde 7 ve 28 günlük eğilme deneyleri yapılmış ve sonuçlar yöntemin uygulanabilirliğini ve gerekliliğini göstermiştir [4]. Yetgin ve Kumbasar tarafından yapılan bir çalışmada, FRP plakalar ile güçlendirilen 16 farklı kiriş modelinin doğrusal olmayan analizleri sonucunda oluşan çatlak mekanizmaları, kiriş orta bölgesi ve plaka yüzeyi boyunca oluşan gerilme değişimleri incelenerek grafikler halinde sunulmuştur [5]. Seleem ve diğerleri tarafından yapılan bir çalışmada çelik ve kompozit kirişler farklı boylarda CFRP plakalarla güçlendirilerek kırılma modları ve eğilme davranışı 3 boyutlu sonlu elemanlar yöntemiyle incelenmiştir. Kirişlerin uçlara doğru incelenen plaka kalınlığı şeklindeki sarma şeklinin CFRP'nin sıyrılmasına karşı daha büyük bir mukavemet sağladığı görülmüştür [6].

Wegian ve Abdalla tarafından yapılan bir çalışmada farklı türlerde FRP çubuklarla güçlendirilmiş betonarme kiriş ve döşemelerin kesme kapasitesi değerlendirilmiştir. Cam lifli polimer (GFRP) ve CFRP ile güçlendirilmiş 7 adet betonarme kiriş kırılma noktasına kadar 4 noktalı eğilmeye maruz bırakılmıştır. FRP ile sarılmış kirişlerin çatlamaya kadar lineer davrandığı çatlamadan sonra ise rijitlik azalmasına rağmen yine lineer davrandığı görülmüştür [7].

Kirişlerin belirli bölgelerine çelik plaka ve CFRP yapıştırmanın kirişlerin eğilme kapasitesinin artırılmasında etkin ve pratik bir yöntem olduğu gözlenmiştir. Ancak, eğilme kapasitesinin artmasıyla tasarım kesme kuvvetinin de artması mutlaka dikkate alınmalıdır. Eğilme kapasitesini artıran bu malzemeler, uygun bir düzenleme ile etriye görevini üstlenerek, kesme kapasitesini de artırabilmektedir [8]. FRP ile yapılan uygulamalardan birinde, FRP ile güçlendirilmiş kirişlerin kayma dayanımlarının hesabı için teorik bir model önerilmiştir ve bu model deney sonuçları ile kalibre edilmiştir [9]. Al-Saidy ve diğerleri tarafından yapılan çalışmada 2 farklı elastisite modüllü CFRP plaka kullanılarak güçlendirilmiş kompozit kirişlerin davranışı deneysel olarak incelenmiştir. Hafif CFRP plakaların kullanılması, kompozit kirişlerin dayanım ve rijitliğini ilk dayanımlarına göre % 45 oranına kadar artırdığı gözlenmiştir [10].

Chalioris tarafından yapılan bir çalışmada etriye yerine dış enine donatı olarak CFRP şeritlerin ve plakaların epoksiyle yapıştırılarak kullanıldığı betonarme kirişlerin burulma dayanımı deneysel olarak incelenmiştir. Betonarme kirişlerin CFRP tabakalarla sarılmasının CFRP şeritlerle sarılmasına göre burulma davranışını daha olumlu yönde etkilediği görülmüştür. Ayrıca CFRP, enine donatısı olmayan betonarme elemanlarda, dış burulma donatısı olarak etkili bir şekilde kullanılabilir [11].

Reis ve Ferreira tarafından yapılan bir çalışmada çentik derinliğinin FRP'li beton numunelerin kırılma enerjisi üzerindeki etkisi, 3 noktalı eğilme deneyi altında incelenmiştir. Çalışmada GFRP ve CFRP kullanılmıştır. CFRP'li numunelerin GFRP'li numunelerden, kırılma enerjisi bakımından daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür [12].

Lee ve diğerleri tarafından yapılan bir çalışmada, tam ölçekli, 3 adet kolon kiriş bileşim bölgesi CFRP ile sarılarak deneye tabi tutulmuştur. Kolon-kiriş bölgesinin bu şekilde güçlendirilmesinin taşıyıcı elemanların rijitlik, mukavemet ve enerji yutma kapasitesini artırdığı ve birleşim bölgesinin kırılma modunun basınçtan çekmeye dönüştüğü görülmüş bu malzemenin sünekliğin artmasında etkili olduğu belirlenmiştir. CFRP'nin mekanik ankrajlarla sabitlenmesinin sıyrılmayı önlediği gözlenmiştir [13].

Özcan ve diğerleri tarafından yapılan bir çalışmada, sünek olmayan betonarme kare kolonlar CFRP ile sargılanmıştır. 5 numunenin aksel yük ve yanal deplasman değişimi belirlenmiştir. Betonarme kolonların plastik mafsallı bölgelerinin CFRP ile sargılanması, tabaka sayısına bağlı olarak kolonun deplasman davranışını iyileştirmekte, yatay yük kapasitesini %10- %15 oranında artırmaktadır. İleri çalışmalar kapsamında, daha fazla aksel yük seviyeleri için yeni deneylerin yapılması önerilmiştir. Analitik çalışmalarla deneysel çalışmaların uygunluğu gözlenmiştir [14]. Özcan ve diğerleri tarafından yapılan bir çalışmada CFRP ile güçlendirilmiş dikdörtgen kolonların eğilme davranışı incelenmiştir. Enine donatısı yetersiz ve düşük beton basınç mukavemetine sahip 5 adet örnek göz önüne alınmıştır. Çalışmada ankrajlanmış CFRP'nin numunelerin nihai deplasmanına olumlu katkısı değerlendirilmiştir. CFRP ile güçlendirilmiş kolonlarda, güçlendirilmemişlere göre 3 kata kadar deplasman gözlenebilmektedir [15].

Yapıların güçlendirilmesi kapsamında yapılan temel iyileştirmesi, mantolama ve perde duvar ilaveleri gibi yöntemlerin birçok zorluğu barındırmasından dolayı, taşıyıcı olmayan tuğla duvarların FRP kullanılarak belli bir seviyeye kadar güçlendirilmeleri, kırılma modlarının değiştirilmesi ve yatay yük taşıma kapasitelerinin artırılmasına yönelik çalışmalar yapılmıştır. Bu kapsamda, Özkun tarafından, CFRP malzemelerin tuğla duvarlarda

uygulanma şekilleri verilmiştir [16]. Tuğla duvarların tümünün veya bir kısmının CFRP kullanılarak güçlendirmesini araştırmak üzere yapılan bir çalışma kapsamında; 1/3 ölçekli, iki katlı, tek açıklıklı yedi adet çerçeve üretilmiş, çerçeve gözleri 1/3 ölçekli delikli tuğla duvar ile kapatılmış ve duvarların her iki yüzü sıvanmıştır. Daha sonra, deney elemanları değişik CFRP örtü uygulamalar ile güçlendirildikten sonra denenmiştir [17].

Yatay yüklere karşı direncin artırılması amacıyla Bitlis-Tatvan karayolu üzerinde bulunan tarihi Rahva (El-Aman) hanının güçlendirilmesinde CFRP önemli katkı sağlamıştır. Yapının sismik direncinin artırılması amacıyla, başta taşıyıcı duvarlar olmak üzere birçok bölümde CFRP rijitlik artırıcı önlem olarak kullanılmış olup köşe duvarlarının tokluğunun artırılması ve düzlem dışı göçmeye karşı hatıl oluşturulması hedeflenmiştir [18].

Yüksek sıcaklığın, silis dumanı katkılı CFRP'li hafif betonun mekanik özelliklerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, silis dumanı içeren numunelerin basınç dayanım kayıpları silis dumansız numunelere göre daha yüksek çıkmıştır [19].

Mousa ve Uddin tarafından yapılan bir çalışmada FRP ile sarılmış sandviç panellerin yapısal davranışı incelenmiştir. Sandviç panellerin FRP ile sarılmasının dayanımı ve sünekliği artırdığı gözlenmiştir. Ayrıca 2 yönlü FRP ile sargılama tek yönlüye göre daha iyi süneklik sağlamıştır. FRP'li panellerde sargılanmamış panellere göre kayma dayanımında %300, eğilme dayanımında ise %25-%50 oranında artış gözlenmiştir [20].

Spainhour ve Wootton tarafından yapılan bir çalışmada CFRP ile sarılı beton numunelerin içine yerleştirilmiş olan çelik donatının korozyon performansı deneysel olarak incelenmiştir. CFRP ile sargılamanın donatının korozyonu azaltmada, korozyon başlangıcını geciktirmede, kullanım ömrünü uzatmada ve korozyon hızını azaltmada etkili olduğu görülmüştür [21].

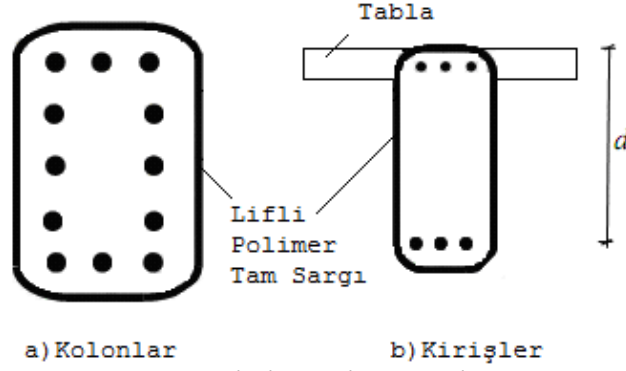
Zou ve Shang tarafından yapılan bir çalışmada, CFRP donatı demetleri ile ön çekme işlemi uygulanmış olan öngerilmeli betonarme kirişlerin zamana bağlı performans analizi için uygun bir model önerilmiştir. Buna göre öngerilmeli kirişlerde önçekme donatı demeti olarak CFRP etkili bir şekilde kullanılabilir [22].

2. ÇALIŞMANIN ÖNEMİ (RESEARCH SIGNIFICANCE)

Bu çalışmada, betonarme kesitlerin CFRP ile sargılanması analitik ve deneysel olarak incelenmiş, analitik çalışmada Deprem Yönetmeliği esaslarına göre hesaplanan sargılı beton basınç dayanımının deneysel çalışmada bulunan sonuçlara uygunluğu gösterilmiştir. Hasar görmüş çok katlı mevcut betonarme bir binanın taşıyıcı elemanlarının güçlendirilmesinde kullanılan düşünülen CFRP malzemesi, söz konusu binanın güçlendirilmesinde kullanılmadan önce, Deprem Yönetmeliği esaslarına göre değerlendirilmiştir. Ayrıca, aynı malzeme beton dayanımı daha düşük başka bir binadan alınan karot numunelerin sargılanmasında kullanılarak bu malzemenin eksenel yük altındaki davranışının deneysel olarak araştırılması amaçlanmıştır. Bu deneysel çalışma ile Dicle Üniversitesi laboratuvarlarında daha ileri düzeydeki deneysel çalışmalara öncülük görevi üstlenilmiştir.

3. ANALİTİK ÇALIŞMA (ANALYTICAL STUDY)

Kolonlar Deprem Yönetmeliğinde yer alan esaslara uygun olarak FRP ile sargılanarak, kesme kuvveti dayanımları, eksenel basınç dayanımları ve süneklikleri artırılabilir (Şekil 1).



Şekil 1. Kolon ve kirişlerin FRP ile sargılanması
(Figure 1. Wrapping with CFRP of columns and beams)

Deprem yönetmeliğine göre, FRP sargılama ile kolonların sünekliğinin ve aksenal basınç dayanımının artırılabilmesi için, kolon kesitinin uzun boyutunun kısa boyutuna oranı ikiden fazla olmamalıdır. Kolonların en kesitleri dikdörtgenden elipse dönüştürülerek FRP'nin etkinliği artırılabilir. Elips kesitlerde uzun boyutun kısa boyuta oranı en fazla üç olabilir. Kesit boyut oranı ikiden büyük olan veya boyuna donatıları düz yüzeyli olan kolonlar için sargı etkisi yetersiz olacağından bindirme bölgelerinin güçlendirmesi FRP sargısı ile yapılamaz [23]

Kolonlarda FRP ile sargılanmış betonun basınç dayanımı, f_{cc} , Denklem (3.1-3.4) ile ve sargılanmış beton basınç dayanımına karşı gelen birim kısalma, ε_{cc} , Denklem (3.5) ile hesaplanmaktadır.

$$f_{cc} = f_{cm} (1 + 2.4(f_1 / f_{cm})) \geq 1.2 f_{cm} \quad (3.1)$$

$$f_1 = \frac{1}{2} k_A \rho_f \varepsilon_f E_f \quad (3.2)$$

$$k_A = \begin{cases} 1 & \text{Dairesel Kesit} \\ \left(\frac{b}{h}\right) & \text{Elips Kesit} \\ 1 - \frac{(b-2r_c)^2 + (h-2r_c)^2}{3bh} & \text{Dikdörtgen Kesit} \end{cases} \quad (3.3)$$

$$\rho_f = \begin{cases} 4nt_f / R & \text{Dairesel Kesit} \\ (2nt_f(b+h)) / (bh) & \text{Dikdörtgen Kesit} \end{cases} \quad (3.4)$$

$$\varepsilon_{cc} = 0.002 (1 + 15(f_1 / f_{cm})^{0.75}) \quad (3.5)$$

Burada,

f_{cc} : FRP ile sargılanmış betonun basınç dayanımı

f_{cm} : Mevcut betonun basınç dayanımı

f_1 : FRP'nin sağladığı yanal basınç dayanımı

k_A : Şekil etkinlik katsayısı

ρ_f : FRP hacimsel oranı

ε_f : FRP etkin birim uzama limiti

E_f : FRP elastisite modülü

r_c : Köşelerde yapılan yuvarlatma yarıçapı

b : Kolonun kısa kenarı

h : Kolonun uzun kenarı

R : Kolonun çapı

n : FRP tabaka sayısı

t_f : Bir tabaka FRP için etkili kalınlık

ε_{cc} :Sargılanmış beton basınç dayanımına karşı gelen birim

kısalmadır.

Analitik çalışmada, konut olarak kullanılan 9 katlı betonarme karkas bir binanın taşıyıcı elemanlarında hasarların oluşmasından dolayı, binanın güçlendirilmesi deprem yönetmeliği kapsamında değerlendirilmiştir. Tahribatlı (karot numune alınarak) ve tahribatsız (beton test çekici ile) yöntemlerle beton dayanımı 12MPa olarak ölçülen söz konusu mevcut binanın güçlendirilmesi amacıyla CFRP kullanılmıştır. Kullanılan CFRP'nin mekanik ve geometrik özellikleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. CFRP malzemenin geometrik ve mekanik özellikleri
(Table 1. Geometric and mechanic characteristics of CFRP)

Lif türü	Yüksek dayanımlı karbon
Tabaka örgü şekli	Tek yönlü
Elastisite modülü (N/mm ²)	240000
Çekme dayanımı (N/mm ²)	3800
Tasarım kesim kalınlığı (mm)	0.117
Toplam ağırlık (gr/m ²)	230
Kopmada uzama (%)	1.55
Genişlik (mm)	300 / 600

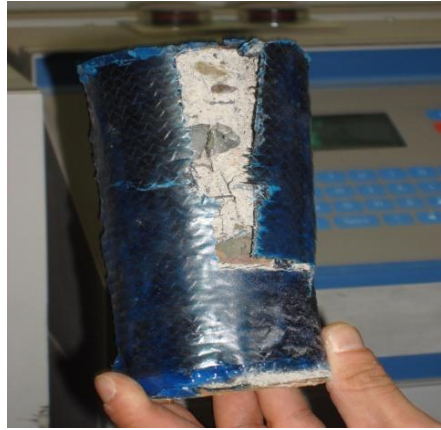
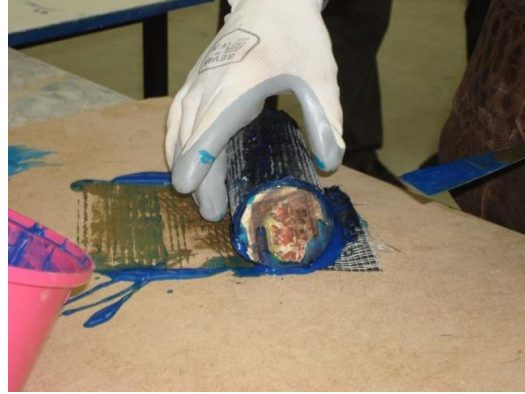
Göz önüne alınan binanın kolonları CFRP ile sargılanarak, kolonların sünekliğinin ve aksenal basınç dayanımının artırılması amaçlanmıştır. Bu amaçla 30x70cm boyutlu kolonların, kullanılan CFRP malzeme özellikleri dikkate alınarak sargılanmış kolonun aksenal basınç dayanımı, mevcut beton basınç dayanımının yönetmeliğin öngördüğü %20 artırılmış değerinden büyük olma koşuluna göre hesaplanmıştır. Deprem Yönetmeliğine göre, doğrusal elastik hesap yöntemleri kullanılarak, CFRP kumaş ile 3 kat sargılanmış beton basınç dayanımına karşı gelen birim kısalma, $\varepsilon_{cc}=0.018$ bulunduğundan kolonlar sargılanmış olarak kabul edilmiştir. Bu kapsamda şekil etkinlik katsayısı, $K_A=0.313$, CFRP hacimsel oranı, $\rho_f=0.034$, CFRP'nin sağladığı yanal basınç dayanımı, $f_1=5.11MPa$ ve CFRP ile sargılanmış betonun basınç dayanımı $f_{cc}=24.3MPa$ olarak bulunmuştur. Kolonların sargılanmamış beton dayanımının 12MPa olarak belirlenmiş ve sargılandıktan sonra 24.3MPa olarak hesaplanmış olması, CFRP ile sargılamanın beton basınç dayanımını yaklaşık olarak 2 katına çıkarabildiğini göstermektedir. Hasarlı mevcut binanın CFRP ile güçlendirilmiş durumunun performansa dayalı analizinde Can Güvenliği performans seviyesini sağladığı görülmüştür. Hesaplamalarda STA4cad yapı analiz programı kullanılmıştır.

4. DENEYSSEL ÇALIŞMA (EXPERIMENTAL STUDY)

Deneyisel çalışma kapsamında, CFRP kumaş ile sargılanmış beton kesitlerin eksenel yük altındaki davranışının incelenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, analitik çalışmada incelenen binadan ayrı olarak beton dayanımı daha düşük olan betonarme bir binadan dört adet karot numune alınarak Dicle Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Yapı Malzemesi Laboratuvarında eksenel yük altında kırılmıştır (Şekil 2). Daha sonra bu numuneler CFRP kumaş ile sarılarak tekrar basınç deneyine tabi tutulmuştur. Ancak kırılan dört adet numuneden biri (3 nolu numune) yükleme deneyi sonunda aşırı biçimde dağıldığı ve dolayısıyla sargılama olanağı kalmadığından dolayı sargılanmamıştır (Şekil 3). CFRP malzemenin geometrik ve mekanik özellikleri Tablo 1'de verilmiştir. Deneyde kullanılan karot numunelerin çapları 62mm ve boyları, sırasıyla, 156, 191, 110 ve 186mm olarak ölçülmüştür. Bu numunelere ait sargılanmamış durum için basınç deney sonuçları Tablo 2'de verilmiştir. Kırılmış olan üç adet numune epoksi esaslı reçine kullanılarak onarılmış ve yanal yüzeylerine epoksi sürülerek CFRP kumaş ile enine doğrultuda sarılmıştır. CFRP kumaş ile onarılmış ve güçlendirilmiş karot numuneler aynı yükleme şartlarında tekrar basınç deneyine tabi tutulmuştur. Sargılanmış numunelerden, 1 nolu numuneye 5, 2 nolu numuneye 3 ve 4 nolu numuneye 4 defa, her yüklemede kırılma durumuna ulaşınca kadar, yükleme yapılmıştır (Şekil 3). CFRP kumaş ile sarılmış numunelerin basınç deney sonuçları Tablo 3'de verilmiştir. Sargılanmamış numunelerin kırılma yükleri, bu numunelerin CFRP kumaş ile sargılandıktan sonra ilk yüklemedeki kırılma yükleri arasındaki oran 1.89 ile 5.29 dolaylarında seyretmiştir (Şekil 4).



Şekil 2. Karot numuneler ve eksenel yük altında kırılan bir numune
(Figure 2. Core samples and a sample fractured under axial load)



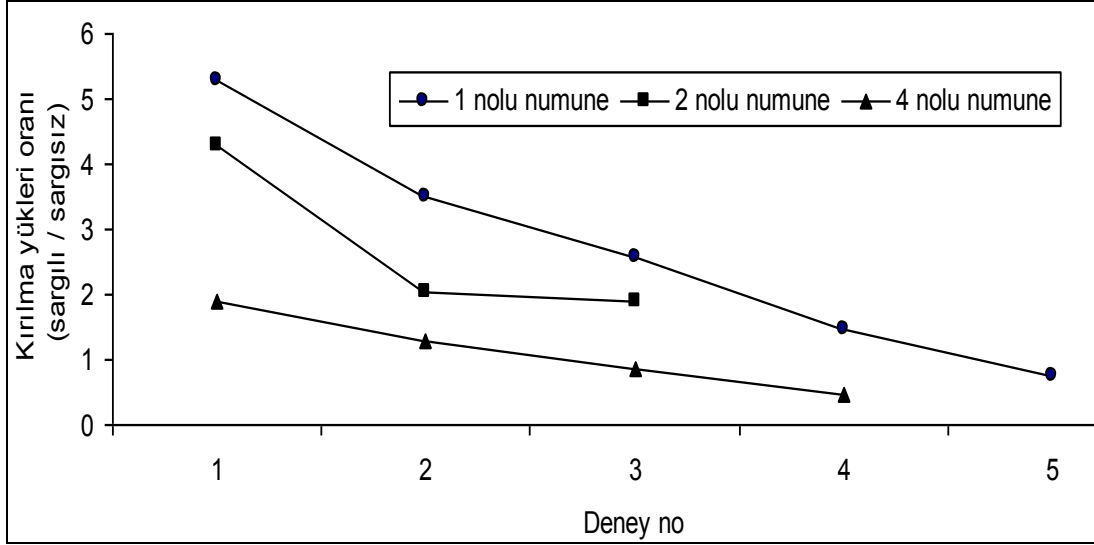
Şekil 3. Numunenin CFRP kumaş ile sarılması ve deney sonrası görünümü
(Figure 3. Wrapping with CFRP of a sample and its view after experiment)

Tablo 2. Sarılmamış karot numunelerin deney sonuçları
(Table 2. Experimental results of core samples)

Numune no	Çap (mm)	Boy (mm)	Yükleme hızı (kN/sn)	Kırılma yükü (kN)	Gerilme (MPa)
1	62	156	0,3	16,3	5,4
2	62	191	0,3	23,6	7,82
3	62	110	0,3	11,8	3,92
4	62	186	0,3	23,6	7,82

Tablo 3. CFRP ile sarılmış karot numunelerin deney sonuçları
(Table 3. Experimental results of core samples wrapping with CFRP)

Numune no	Yükleme hızı (kN/sn)	Deney no	Kırılma yükü (kN)	Gerilme (MPa)
1	0,3	1	86,3	28,57
	0,3	2	57,0	18,88
	0,3	3	41,9	13,88
	0,3	4	23,9	7,93
	0,3	5	12,4	4,11
2	0,3	1	101,2	33,53
	0,3	2	48,0	15,91
	0,3	3	44,4	14,70
4	0,3	1	44,7	14,79
	0,3	2	30,2	10,01
	0,3	3	20,0	6,60
	0,3	4	10,6	3,52



Şekil 4. Karot numunelerin sargılamadan önceki ve CFRP ile sargılanmış duruma ait kırılma yükleri oranları

(Figure 4. Comparison of failure load of samples wrapping with CFRP and core samples)

5. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Bu çalışmanın analitik kısmında, Deprem Yönetmeliğindeki esaslara uygun bir şekilde kolonların tek yönlü CFRP ile sargılanması ile basınç dayanımlarının yaklaşık olarak 2 katına çıkarılmasının mümkün olduğu tespit edilmiştir. Deneysel çalışmada ise düşük beton dayanımına sahip kolonların CFRP ile sargılandıktan sonra eksenel yük altındaki basınç dayanımlarının sargılanmamış dayanımlarına göre 4 katına kadar çıkabildiği gözlemlenmiştir. Böylece, analitik çalışmada teorik olarak elde edilen CFRP'li beton dayanım değeri deney sonuçlarıyla uyum sağlamaktadır. Bu durum, uygulamanın iyi bir şekilde yapılması şartıyla, CFRP ile sargılamanın düşük dayanımlı betonların bile eksenel yük taşıma gücü kapasitesini oldukça olumlu yönde etkilediğini göstermektedir. Analitik çalışmada hesaplanan sargılanmış beton basınç dayanım değeri ile bu dayanıma karşı gelen birim kısalma değerinin Deprem Yönetmeliğinde verilen şartları sağlamasından dolayı, CFRP'nin kolonlarda sünekliği artırdığı, dolayısıyla binanın deprem dayanımına katkı sağladığı ortaya çıkmaktadır.

TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGEMENT)

Yazarlar, karot numunelerin alınmasında ve CFRP kumaş ile sargılanmasındaki desteklerinden dolayı, Kibele Yapı firmasına teşekkür ederler.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Teng, S.G, Chan, J.F, Smith, S.T., and Lam, L., (2001). Strengthened RC Structures. Wiley, 266p.
2. Özcan, Z., (2005). Betonarme Kirişlerin Kompozit Malzemeler ile Güçlendirilmesi. Deprem Sempozyumu, Kocaeli.
3. İlki, A. ve Kumbasar, N., (2002). Karbon Lif Takviyeli Polimer Kompozit Malzeme ile Hasarlı Betonarme Elemanların Onarım ve Güçlendirilmesi. İMO Teknik Dergi, ss:2597-2616.
4. Mert, N. ve Elmas, M., (2007). Fiber Takviyeli Polimerle Güçlendirilen Betonarme Kirişlerin Doğrusal Olmayan Analizi. Uluslararası Deprem Sempozyumu, Kocaeli.

5. Yetgin, Ş. ve Çavdar, A., (2005). Polimer Lif Yastığı Yardımıyla Beton Kirişlerde Çekme Dayanımının Yükseltilmesine Yönelik Deneyler. Deprem Sempozyumu, Kocaeli.
6. Seleem, M.H., Sharaky, I.A., and Sallam, H.E.M., (2010). Flexural Behavior of Steel Beams Strengthened by Carbon Fiber Reinforced Polymer Plates - Three Dimensional Finite Element Simulation. Elsevier, Materials and Design, 31, pp:1317-1324.
7. Wegian, F.M. and Abdalla, H.A., (2005). Shear Capacity of Concrete Beams Reinforced with Fiber Reinforced Polymers. Elsevier, Composite Structures, 71, pp:130-138.
8. Ersoy, U., (2007). Betonarme Yapıların Onarımı ve Güçlendirilmesi Uygulama ve Araştırmalar. Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, İstanbul.
9. Triantafillou, T.C., (1998). Shear Strengthening Reinforced Concrete Beams Using Epoxy-Bonded FRP Composites. ACI, Structural Journal, 95(2), pp:107-115.
10. Al-Saidy, A.H., Klaiber, F.W., and Wipf, T.J., (2007). Strengthening of Steel-Concrete Composite Girders Using Carbon Fiber Reinforced Polymer Plates. Elsevier, Construction and Building Materials, 21, pp:295-302.
11. Chalioris E.C., (2008). Torsional Strengthening of Rectangular and Flanged Beams Using Carbon Fiber-Reinforced-Polymers - Experimental Study. Elsevier, Construction and Building Materials, 22, pp:21-29.
12. Reis, J.M.L. and Ferreira, A.J.M., (2004). A Contribution to the Study of the Fracture Energy of Polymer Concrete and Fiber Reinforced Polymer Concrete. Elsevier, Polymer Testing, 23, pp:437-440.
13. Lee, W.T., Chiou, Y.J., and Shih, M.H., (2010). Reinforced Concrete Beam-Column Joint Strengthened With Carbon Fiber Reinforced Polymer. Elsevier, Composite Structures, 92, pp:48-60.
14. Özcan, O., Binici, B., and Özcebe, G., (2008). Improving Seismic Performance of Deficient Reinforced Concrete Columns Using Carbon Fiber-Reinforced Polymers. Elsevier, Engineering Structures, 30, pp:1632-1646.
15. Özcan, O., Binici, B., and Özcebe, G., (2010). Seismic Strengthening Of Rectangular Reinforced Concrete Columns Using Fiber Reinforced Polymers. Elsevier, Engineering Structures, 32, pp:964-973.
16. Özkun, M.T., (2007). Taşıyıcı Olmayan Tuğla Duvarların Karbon Lifleri ile Güçlendirilmesi. Uluslararası Deprem Sempozyumu, Kocaeli.
17. Özcebe, G, Ersoy, U, Tankut, T, Erduran, E, Keskin, R.S.O., and Mertol, H.C., (2003). Strengthening of Brick-Infilled RC Frames with CFRP. SERU: Structural Engineering Research Unit, METU, Report No: 2003/1, 81p.
18. Karaşin, A. ve Öztürk, Ş., (2006). Bitlis El-Aman Hanı Sağlıklılaştırma Çalışması. II Van Gölü Havzası Sempozyumu, Bitlis.
19. Demirel, B. ve Gönen, T., (2008). Yüksek Sıcaklığın Karbon Lif Takviyeli Hafif Betonda Basınç Dayanımı ve Poroziteye Etkisi. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 14(2), ss:223-228.
20. Mousa, A.M. and Udin, N., (2009). Experimental and Analytical Study of Carbon Fiber-Reinforced Polymer (FRP)/Autoclaved Aerated Concrete (AAC) Sandwich Panels. Elsevier, Engineering Structures, 31, pp: 2337-2344.

21. Spainhour, L.K. and Wootton, I.A., (2008). Corrosion Process and Abatement in Reinforced Concrete Wrapped by Fiber Reinforced Polymer. Elsevier, Cement and Concrete Composites, 30, pp:535-543.
22. Zou, P.X.W. and Shang S., (2007). Time-Dependent Behaviour of Concrete Beams Pretensioned by Carbon Fiber-Reinforced Polymers (CFRP) Tendons. Elsevier, Construction and Building Materials, 21, pp:777-778.
23. Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, (2007). Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik. Ankara.