

DEPREM SONRASI BETONARME ELEMANLARIN POLİMER BETON İLE ONARIM VE GÜÇLENDİRİLMESİ

Oktar SOYKAN¹, Cenk ÖCAL², Cengiz ÖZEL³, Arzu EREN⁴, Osman ÇELİK⁵

¹ Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, TBMYO, İnşaat Bölümü, İnşaat Teknolojileri Programı, Burdur, osoykan@mehmetakif.edu.tr

² Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Burdur, cenkocal@mehmetakif.edu.tr

³ Süleyman Demirel Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Isparta, cengizozel@sdu.edu.tr

⁴ Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Malzeme Teknolojileri Mühendisliği Anabilim Dalı, Burdur, arzueren28@gmail.com

⁵ Burdur İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü, osmancelik78@gmail.com

ÖZET

Betonarme yapıların onarım ve güçlendirilmesinde birçok yöntem denenmiştir. Bu yöntemlerden birisi de polimer kullanımıdır. Bu çalışmada; deprem sonrası yapıların taşıyıcı elamanlarında oluşacak hasarların hızlı bir şekilde giderilmesinde polimer beton kullanımı ile ilgili araştırmalar incelenmiştir. Literatüre göre betonarme yapı elemanlarda polimer kullanılarak onarım ve güçlendirmenin yapıldığı tespit edilmiştir. Yapılan çalışmaların tümü betonarme yapı elemanlarının onarım ve güçlendirilmesinde olumlu sonuç vermiştir (Basınç ve eğilme dayanımlarının arttırıldığı tespit edilmiştir).

Yapılan araştırmalar sonucunda onarım ve güçlendirmenin yerinde ve hızlı bir şekilde yapılmasının büyük önem arz ettiği tespit edilmiştir. Bu çalışmada deprem sonrasında yapıların taşıyıcı elamanlarında oluşan hasarların çok kısa bir sürede ve yerinde onarımı ve güçlendirilmesi için polimer beton kullanımının uygun olabileceği düşünülmüştür.

Anahtar kelimeler: Polimer, Polimer beton, Onarım, Güçlendirme, Betonarme

REPAIR AND STRENGTHENING OF REINFORCED CONCRETE ELEMENTS WITH POLYMER CONCRETE AFTER EARTHQUAKE

ABSTRACT

Many methods have been used for the repair and strengthening of reinforced concrete structures. One of these methods is use of polymers. In this study, investigations are examined about quick usage of polymer concrete at damaged bearing elements of structures after earthquake. Studies on literature about usage of polymer concrete showed that repair and strengthening of reinforced concrete structural members and whole structures with polymer concrete is useful (it understood that there is a noticeable increase at the pressure and bending strength capacities of elements and structures).

According to the literature, rapid repair and reinforcement of structures is an important phenomenon. In this study, quick repair and strengthening of damages occurred at the bearing elements of structures after earthquake with polymer concrete usage is good enough to apply.

Keywords: Polymer, Polymer concrete, Repair, Strengthening, Reinforced concrete

International Burdur Earthquake & Environment Symposium (IBEES2015)

Uluslararası Burdur Deprem ve Çevre Sempozyumu

7-9 May 2015, Mehmet Akif Ersoy University, Burdur-Türkiye

<http://ees2015.mehmetakif.edu.tr> – <http://ees2015.maku.edu.tr>

1. GİRİŞ

Betonarme yapı elemanlarının doğal afetler sonrası gelen yükler doğrultusunda deforme olmaları ve bu nedenle de onarım ve güçlendirmeye ihtiyaçları oluşmaktadır. Bu ihtiyaçları karşılamak için günümüze kadar birçok araştırma yapılmıştır. Yapılan araştırmalarda temel hedef hasar görmüş betonarme yapı elemanlarının işlevini devam ettirebilmesidir. Yapılan son araştırmalardan sonra ülkemizde meydana gelen depremlerden sonra onarım ve güçlendirme gerektiren yapı sayısı hızla artmıştır.

Betonarme yapıların onarım ve güçlendirilmesi yönteminin seçiminde göz önünde tutulması gereken en önemli faktörlerden birisi de uygulanacak yöntemin yapının işleyişine olan etkisidir. Deprem gibi doğal afetlerden sonra, hastane gibi bazı yapıların çok hızlı bir şekilde onarım ve güçlendirilmesi gerekmekte, bu işlemler sırasında hastanelerin faaliyetlerine devam edebilmesi beklenmektedir. Aynı durum işleyişi durdurmanın maliyetinin çok yüksek olduğu fabrika binaları, köprü ve viyadükler için de geçerlidir (Çetinkaya vd., 2004).

Betonarme yapı elemanların onarım ve güçlendirmesi için birçok yöntem denenmiştir. Yapılan araştırmalara göre optimum onarım ve güçlendirmenin ne kadar önemli olduğuna vurgu yapılmıştır (Altun vd. 2002, Karagüler 2003, Özturan 2003, Anonim, 2004, Kamanlı, 2011).

Polimer katkılı malzemeler yıllardır yapıların güçlendirilmesinde başarıyla kullanılmıştır. Geleneksel taşıyıcı malzemeler (beton, betonarme ve çelik) üzerinde yüksek mukavemet, ağırlık oranı gibi, korozyon direnci ve kolay montaj gibi çeşitli avantajları nedeniyle kullanılmıştır (Bakis vd., 2002, Domenico, 2014) .

Yapılarda kullanılan yöntemler incelendiğinde; öngerme verme yöntemi uygulama için özel aparat üretimine ihtiyaç duyar ve bazı taşıyıcı eleman cinsleri için uygulama güçlüğü vardır. Ayrıca dikdörtgen kesitli kolon uygulamasında geometriden kaynaklanan problemler uygulamanın etkisini azaltır. Çelik plakalarla mantolama yöntemi, başlangıç maliyetinin yanında çeliğin ağırlığı nedeniyle uygulama zorluğu ve uygulamadan sonra yüksek bakım maliyeti ile karşı karşıyadır. Sismik izolasyon yöntemi pahalı bir yöntem olmasının yanında yapıda uygulama sırasında yapı aktif işlevine devam etmektedir. Betonarme mantolama yöntemi ise bazı yapıların (köprü vb) güçlendirilmesinde çok fazla tercih edilmemektedir. Bu teknikler arasında CFRP kompozitlerle güçlendirme, tekniğin uygulama kolaylığı, malzemenin korozyona karşı dayanıklılığı, düşük ağırlığı, kimyasal etkilere dayanıklılığı, korozyona karşı dayanıklılığı ve düşük bakım maliyeti nedeni ile son yıllarda betonarme taşıyıcı elemanların güçlendirilmesinde kullanılmıştır (Tanarşlan ve Altın, 2010).

2. POLİMER BETONLAR VE YAPISI

2.1 Polimer Beton

Kompozit malzeme olan betonun çeşitli bağlayıcıları bulunmaktadır. Bu bağlayıcılarına göre farklı beton türleri oluşabilmektedir. Asfalt ve benzeri malzemelerin bağlayıcı olarak kullanılmasıyla; asfalt betonu ve polimer betonu elde edilmektedir. Polimer beton, sürekli polimer matris içinde filler ve agregadan oluşan dağınık faza sahip bir kompozit malzemedir (Ohama, 1997).

Betonun dayanıklılık özelliklerini geliştirmek için polimer kullanımı tüm dünyada giderek ilgi uyandırmaktadır. Betonda polimer kullanımı üç farklı şekilde olmaktadır. Bunlar; polimer katkılı betonlar, sadece bağlayıcı fazın polimer olduğu betonlar ve polimer emdirilmiş betonlar (Chandra, 1994).

Polimer katkılı betonların performansı birçok etkene bağlıdır; polimerin türü, mineral tipi, kür koşulu, kimyasal tipi etkisi gibi etkenler elde edilecek numune özelliklerini büyük ölçüde değiştirir (Feldman, 1989; Parcek vd., 1993).

Polimerlerin beton teknolojisine girmesi 1950'li yıllarda olmuştur. 1965'den sonra polimerin betonda kullanımı artmış ve bugünde sürekli gelişmektedir.

2.2 Polimer Betonun Yapısı

Polimer betonlar faz ve matristen oluşmaktadır. Polimer betonda matrisin üç temel fonksiyonu vardır. Bunlar, faz malzemeleri bir arada tutmak, yükü faz malzemelere dağıtmak ve faz malzemeleri çevresel etkilerden korumaktır. İdeal bir matris malzemesi başlangıçta düşük viskoziteli bir yapıda iken daha sonra faz malzemeleri sağlam ve uygun şekilde çevreleyebilecek katı forma kolaylıkla geçebilmelidir. Polimer betonların üretiminde kullanılan matris malzeme tipleri epoksi, polyester, vinilester ve fenolik reçinelerdir. Yüksek mukavemet göstermeyen durumlarda en çok kullanılan matris malzeme polyester reçinedir. Gelişmiş kompozitlerin üretiminde ise genellikle epoksi reçinesi kullanılmaktadır. Matris iyileştirme çalışmaları özellikle yüksek sıcaklıkta kullanıma uygun ve düşük nem duyarlılığına sahip yapıların üretilmesi doğrultusundadır (Bağcı, 2010).

Polimer betonlar, ilk defa Çekoslovak Bilimler Akademisinde 1959 yılında keşfedilmiştir. O yıllarda teorik olarak birçok çalışma yapılmış fakat pratik ve deneysel çalışma yapılmamıştır. İlk olarak ABD’de kullanılmaya başlayan polyester ve epoksi günümüze kadar gelişimine devam etmiştir. Bağlayıcı olarak poliyester-styrene, poliüretan, uran, epoksi ve metil metakrilat polimerleri kullanılmıştır. Polimer bağlayıcısını az kullanıp, agregalar arasındaki boşluğun aza indirebilmek için granülometrik bileşimi iyi ayarlanmalıdır (Dikeou ve Fowler, 1981).

Polimer betonların özelliklerinden biriside yapışma özelliğidir. Bu özellik sayesinde bakım yapıp tamir edilebilirlerdir. Su ile üretimi olmamasından malzemenin rötre çatlakları sorunu minimum olmaktadır ve standart (dış yüzey boşluksuz) üretim sayesinde malzemenin su emmesi minimum değerlerdedir. Polimer betonlar bu özellikleri sayesinde dona ve kimyasal etkilere karşı dayanıklıdır. Dona ve kimyasal etkilere maruz kalacak yapılarda rahatlıkla kullanılmaktadır. Ağırlıklarının az olmasından dolayı ise ölü yükleri azaltacağından hafif yapı kullanımı gerektiren durumlarda kullanım kolaylığı sağlayacaktır (Sağlıyan, 1999).

Polimer betonların yapısında en çok kullanılan matris malzemeler Epoksi reçineli matrisler, Polyester reçineli matrisler, Vinilester reçineli matrisler, Fenolik reçineli matrisler ve Silikon reçineli matrislerdir.

Polimer betonların üstün yanları malzeme kombinasyonunun sonsuz sayıda olmasıdır. Kompozitlerin bu avantajları onlara malzeme özelliklerini istenildiği gibi değiştirme imkânı tanımaktadır. Polimer betonların bazı özellikleri Tablo 1’de verilmiştir (Soykan, 2012).

Tablo 1. Polimer betonların özellikleri (Soykan, 2012)

Özellikler	Polimer Beton
Basınç Mukavemeti	40-140 Mpa
Eğilme Mukavemeti	8-35 Mpa
Elastisite Modülü	700-35000 Mpa
Isıl Genleşme Katsayısı	$5-10 \times 10^{-6}/c$
Su Emme	< % 1
Dona Dayanıklılık	İyi
Asite dayanıklılık	Çok İyi

3. POLİMERİN ONARIM VE GÜÇLENDİRMEDE KULLANIMI

Betonarme yapı elemanlarının onarım ve güçlendirmesinde yapılan bazı araştırmalar aşağıda incelenmiştir.

Firno ve Correia (2014) yaptıkları araştırmada; betonarme yapı elemanlarının yangına karşı dayanımını artırmak için betonarme yapı elemanları polimer kullanımıyla güçlendirmişlerdir. Polimer den üretilen şeritleri kirişlerin alt kısmına (bağ açma bölgesine) mekanik olarak ankrajlama yöntemini kullanmışlardır. Yapılan bu çalışma sonrasında betonarme yapı elemanı olan kirişin hem dayanımı artırmışlar hem de yangın sonrası diğer yapılan polimer uygulamalara göre 1,2 ve 1,5 kata kadar ısıl dayanımı arttırdığını tespit etmişlerdir.

Köse ve Özgen (2003) Yapılan araştırmada; birleşim elemanı olarak, ülkemizde temin kolaylığı nedeniyle çelik lamalar seçilmiş ve bunların etkinliği araştırılmışlardır. Benzer uygulamalar elyaf türü malzemeler içeren elemanlarla da yapılmaktadır. İki farklı deney örneğinden elde edilen sonuçların karşılaştırma modeli ile mukayese edilmesi sonucunda, epoksi reçinesi ile yapıştırılmış. Lamalarla güçlendirme köşesi modellerinin, yük altında yüksek oranda kompozit davranış gösterdiği tespit etmişlerdir. Göçme mekanizması yüksek oranda paspayı bölgesinin mukavemetine ve donatı çeliği ile var olan aderans seviyesine bağlı olduğunu, yapışan yüzeylerde temizlik yapılması ve pürüzlerin aderansa etkisini tespit etmek için betonarme elemanların yüzeyleri, iki kademeli olarak pürüzlendirilmiş, pürüzlendirilmemiş ve temizlenmemiş durumlarda, epoksi reçinesi ile yapıştırılan 50x50 çelik lamalar ile çekme koparma deneyi yapmışlardır. Yüzey hazırlığının (yüzeyi toz, nem ve zayıf parçalardan arındırma işlemi) aderans değerine etkisi, tüm yapıştırma işlemlerinde olduğu gibi, yararlı olduğu tespit etmişlerdir. Çelik lama yüzey özelliklerinin etkisi ise, yüzeyine epoksi boyası ile astar uygulanan çelik lamalarda kopma şekillerinin tümü pas payı kısmının kopması şeklinde oluşmuştur, deneylerde kullanılan beton kalitesi BS25 olarak tespit edildiğinden, yapışkan bağın paspayı bölgesinden daha yüksek taşıma gücüne sahip olması aderans seviyesinin yeterli olduğuna işaret etmektedir, pürüzlendirmenin aderansa etkisi; bu tür yapıştırma şeklinde mekanik yapışma teorisinin geçerli olmadığını tespit etmişlerdir. Bunun nedeni olarak epoksi reçinesinin pürüzlü yüzeyin her noktasını tam olarak ıslatamaması olduğunu tespit etmişlerdir. Dolayısı ile bu yöntem, işlem kriterlerine bağlı kalındığında, betonarme taşıyıcı sistem güçlendirme ve birleştirme uygulamaları için basit malzeme, işlem ve ekipmanlar ile uygulanabilen yeterli, etkili ve ekonomik bir seçenek olarak belirlemişlerdir.

Çetinkaya vd. (2004) yaptıkları araştırmada; Betonarme kirişlerin lifli polimer FRP malzemeler kullanılarak onarım ve güçlendirilme kullanılabilirliğini araştırmışlardır. Dört adet betonarme kirişin FRP malzemelerle onarım veya güçlendirilmesini yapmış, Her deney kirişi için yük deplasman eğrisi elde edilerek elemanların statik yük altında O/G'den önceki ve sonraki davranışı karşılaştırmışlardır. FRP malzemelerle yapılan O/G'nin betonarme kirişlerin taşıma gücünü çok büyük ölçüde arttırdığını tespit etmişlerdir.

Topçu ve Gürer (2005) yaptıkları araştırmada; kirişlerin epoksi enjeksiyonu ile onarılmasının yararlarını incelemişlerdir. Bu amaçla 16 farklı tipte kiriş hazırlanmış, kirişler laboratuvar koşullarında 28 gün kür edildikten sonra çekme bölgesinde 2 mm'lik çatlak oluncaya kadar orta noktalarından yüklenecek kırılmışlardır. Bu çatlaklı kirişlerden bir tanesi daha sonra epoksi enjeksiyonu ile onarılıp tekrar kırılarak taşıyabileceği yeni yükleri belirlenmişlerdir. Böylece uygulanan epoksi enjeksiyonu sonucunda elde edilen dayanım ve şekil değiştirmeler karşılaştırılmış ve epoksinin çatlakları onarımda kullanılabilir olduğu sonucuna varmışlardır.

Gökdemir vd. (2013) yaptıkları araştırmada; gerçek boyutlu bir çerçevenin bir dış birleşim bölgesini yansıtan T biçimli 2/3 ölçekli deney elemanları üzerinde testler yapmışlardır. Gerekli miktarda CFRP rulolar birleşim bölgesine yerleştirilir ve uçları uygun şekilde ankrajlanırsa performansın arttığı, Deney elemanlarında, birleşim bölgesine güçlendirme amaçlı çapraz CFRP rulosu olarak, her bir yönde yönetmelik gereği olan donatının 2 katına eşdeğer CFRP rulosu kullanılmış olduğunda başarılı bir davranış ve dayanım elde edildiğini ve Çapraz CFRP ruloların bindirmeli olarak birleşim bölgesinden geçirilmesiyle oldukça başarılı sonuçlar elde etmişlerdir.

Tokgöz ve Dündar (2014) yaptıkları araştırmada; betonarme kirişlerin eğilme etkisi sebebiyle çekme gerilmelerinin meydana gelen alt yüzeylerde ve kesme gerilmelerinin meydana geldiği L/4 mesafedeki yan yüzeylerde CFRP tekstilleri ile güçlendirmeyi amaçlamışlardır. Deneysel çalışmada, 9 adet betonarme kiriş deney elemanı üretilmiş, Güçlendirilen betonarme kirişlerin yük-deplasman davranışı, sünekliği ve enerji tüketim kapasiteleri araştırılmıştır. Kesme yönünden yetersiz olarak üretilen 3'er adet kiriş kesme bölgelerine

90° ve 45°lik açılarla CFRP tekstilleri yapıştırılmıştır. Güçlendirme sonrasında kirişlerde %60 kesme kapasitesinin arttığını tespit etmişlerdir.

Şakar ve Alku (2010) yaptıkları araştırmada; Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP) levhalarla güçlendirilmiş T-kesitli betonarme kirişlerin kesme dayanımlarını artırmaya yönelik deneysel bir çalışma yapmışlardır. Deneysel sonuçlar kirişlerin dayanım ve davranışlarında referans elemana göre oldukça büyük iyileşmelerin olduğunu tespit etmişlerdir. En fazla dayanım artışı çift kat tek doğrultulu levhaların birbirine dik yapıştırıldığı elemanda kaydedilmiş, Geliştirilen ankraj detayı başarılı olmuştur. Hem tabla ve gövdenin birbirinden ayrılmasını engellemiş hem de LP levhanın beton yüzeyinden ayrılmasına engel olmuştur. Tüm güçlendirilmiş elemanların dayanımlarında artışlar tespit etmişlerdir.

4. SONUÇLAR

Polimer betonun hasar görmüş betonarme yapı elemanlarında hangi ölçüde kullanılabilceği, hasarın geometrik şekline ve polimer beton ile beton matris arasındaki kenetlenme dağılımına bağlıdır. Bu nedenle her türlü çatlak ve hasarlı betona uygun kıvamda polimer beton üretilmeli ve kullanılmalıdır. Yapılan araştırmalar beton üzerindeki; eğilme dayanımında, basınç gerilmeleri altında ve enerji yutma kapasitelerinde en büyük iyileştirmeyi epoksi katkılı polimer betonların sağladığı saptanmıştır.

Polimer betonların performansını etkileyen en önemli faktörler; matris malzemenin cinsi, faz malzeme kullanım oranı (hacimce), kimyasalların çeşidi ve miktarı, faz malzemenin polimer beton içerisindeki yönelimi, polimer betonun matris mukavemeti, polimer betondaki maksimum agrega boyutu, polimer betonun mekanik özelliklerinin belirlendiği örneğin hacmi, polimer betonun mekanik özelliklerinin belirlendiği örneğin geometrisi, polimer betonun hazırlanma metodu olarak sıralanabilir.

Betonun çok düşük çekme dayanımına sahip olması nedeniyle beton elemanlarının tasarımında statik çekme gerilmelerinden kaçınılır. Ancak dinamik yükleme durumlarında çekme gerilmelerinden kaçınılamaz. Çekme gerilmeleri ise bir çatlaktan pek çok çatlağın yayılmasına neden olarak betonda göçmeye neden olur. Bu dağılı çatlaklar ise boyut etkisini doğurur. Çatak oluşumu ve gelişimine karşı betonun direncini ve sünekliğini artırmak için betonun polimer beton ile güçlendirilmesi etkili bir yoldur. Polimer betonun hasara uğramış betonda kullanılmasının başlıca dört yararı vardır. Bunlar;

- Yüksek taşıma kapasitesine sahip sünek betonun hasar öncesinde sahip olduğu sünekliği ve mukavemeti koruması,
- Donatı korozyonunun oluşmadığı düzgün beton yüzeyinin elde edilmesi için çatlak ve hasarların giderilmesi,
- Yerinde ve hızlı uygulamaya sahip olması,
- Dayanıklılık.

Depreme dayanıklı yapıların inşasında, kolon-kiriş birleşim bölgesinde, endüstri yapılarında, şev stabilizesinin sağlanmasında, beton-betonarme borular ve altyapı malzemeleri, fabrika depo ve hangar döşemelerinde, havaalanı kaplamalarında, liman kaplamalarında, yol döşemelerinde deprem ve doğa olaylarında meydana gelebilecek hasarların giderilmesinde polimer beton kullanımının optimum çözüm olabileceği tespit edilmiştir. Daha önce denenmiş olan polyester esaslı kompozit (polimer beton) uygulamalarında (Soykan 2012) polimer beton numunelerin priz sürelerinin 5-10 dakika arasında tamamladığı ve yüksek mukavemetlere ulaştığı tespit edilmiştir. Bu özelliğin deprem sonrasında çalışması hayati önem taşıyan yapıların () uğradığı hasarın kısa bir süre içinde giderilmesi ve bu onarım güçlendirmenin de mevcut yapı elemanlarıyla bir matris malzemenin faz malzemeyle olan bağı gibi daimi olması hasara uğramış olan yapı elemanlarının optimum seviyede onarılması ve güçlendirilmesi demektir.

KAYNAKLAR

- Altun, F., Kara, H.B., Haktanır, T., 2002. Düşey Yükler Altında Hasar Görmüş Betonarme Bir Yapıda Güçlendirme Projesi Örneği. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 18 (1-2), 63-76, Kayseri.
- Anonim, 2004. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Deprem Şurası, *Yapıların İncelenmesi ve Yapı Denetimi Komisyonu Raporu 1*.Ankara. Erişim tarihi: 09.06.2013
www.deprem.gov.tr/.../mevcut_yapilar_komisyonu_raporu.
- Bağcı, M., 2010. Cam Elyaf Takviyeli Kompozit Malzemelerin Erozyon Aşınma Davranışının İncelenmesi. *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü*, Doktora Tezi, 178s. Konya.
- Bakis, CE, Bank, LC, Brown, VL, Cosenza, E, Davalos, JF, Lesko, JJ. 2002. Fibre Reinforced Polymer Composites for Construction - State-of-the-Art Review. *Journal of Composites for Construction*.6. 73-87.
- Chandra, S., Ohama, Y., 1994. Polimer in Concrete. CRC Pres, Boca Ration
- Çetinkaya, N. Kaplan, H., Şenel, Ş.M., 2004. Betonarme Kirişlerin Lifli Polimer (Frp) Malzemeler Kullanılarak Onarım Ve Güçlendirilmesi, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, Denizli 10, 3, 291-298.
- De Domenico, D, Fuschi, P, Pardo, S, Pisano, AA. 2014. Strengthening of steel-reinforced concrete structural elements by externally bonded FRP sheets and evaluation of their load carrying capacity. *Composite Structures*. 118. 377-84.
- Dikeou, J., T., and Fowler, D., W., 1981. Polymer Concrete Uses, Materials and Properties ACI, Detroit.
- Feldman, D., 1989. Polymeric Building Materials. Elsevier Science Publishers.
- Firmo, J.P., Correia, J.R., 2014. Fire behaviour of thermally insulated RC beams strengthened with EBR-CFRPstrips: experimental study, *Composite Structures*.
- Gökdemir, H., Tankut, T., ve Aydın, R., 2013. Kiriş-Kolon Birleşim Bölgesinin CFPR Rulolarla Depreme Karşı Güçlendirilmesi. *Bilim ve Teknoloji Dergisi - A - Uygulamalı Bilimler ve Mühendislik* 14 (2) 153-164.
- H, M., Tanarlan, S. Altin. 2010. Behavior of RC T-Section Beams Strengthened with CFRP Strips, Subjected to Cyclic Load, *Materials And Structures*, 43: 529–542
- Kamanlı, M., Korkmaz, H.H., Balık, F.S., Bahadır, F., 2011. Sünek Olmayan B/A Çerçevelerin, Çelik Çaprazlarla, B/A Dolgu Duvarlarla Ve Çelik Levhalar İle Güçlendirilmesi, *Türkiye Deprem Mühendisliği Ve Sismoloji Konferansı*, ODTÜ, Ankara
- Karagüler, M.E., 2003. Onarım Harçlarında Performans Kriterleri Ve Durabilite Sorunu. *TMH - Türkiye Mühendislik Haberleri*. 426 - /4 151.
- Köse, M., Özgen, K., 2003. Betonarme Elamanlarının Çelik Lamalar Güçlendirilmesi. *İTÜ Dergisi/a*. 2,1, 41-50. İstanbul.
- Ohama, Y., 1997. Recent Progress in Concrete-Polymer Composites. *Advanced Cement Based Materials*, 5 (2), 31–40.
- Özturan, T., 2003. Betonarme Yapıların Restorasyonu Ve Onarım Ve Güçlendirme Malzemeleri, *TMH Türkiye Mühendislik Haberleri*, 426 ,4.
- Parccck, S., N., Ohama, Y., and Demura, K., 1993. Adhesion of Bonded Mortar to Polymer-Cement Paste Coated Mortar Substrates. *Interface in Cementitious*.
- Sağlıyan, S., 1999. Polimer Bağlayıcı Prepekt Agregalı Betonların Mekanik ve Ekonomik Yönden İncelenmesi. *Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Yüksek Lisans Tezi, 115s. Elazığ.
- Soykan, O., 2012. Polyester Esaslı Taneli Kompozitlerin (Mermerit) Bazı Fiziksel ve Mekanik Özelliklerine Bileşenlerinin Etkisi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, 83s. Isparta.
- Şakar, G., Alku, Ö.Z., 2010. Etriyesiz betonarme kirişlerin CFRP levhalarla kesmeye karşı güçlendirilmesi. *itüdergisi/d*. Mühendislik Cilt:9, Sayı:6, 3-12
- Tokgöz, H., DüNDAR, B., 2014. Kesme Yönünden Yetersiz Dikdörtgen Kesitli Betonarme Kirişlerin Cfrp İle Güçlendirilerek Kesme Kapasitelerinin Arttırılması. *İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi*, Cilt 3, Sayı 2, 87-97.
- Topçu, İ. B., Güner, C., 2005. Hasarlı Betonarme Kirişlerin Epoksi İle Onarılması, *Deprem sempozyumu*, Kocaeli.