Betonarme Kirişlerde Cam Elyaf Takviyeli Plastik Donatıların Kullanımının Araştırılması

[1]Yunus EKİZ, [2]Mehmet SARIBIYIK ve [2]Ferhat AYDIN

1Sakarya Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Yapı Eğitimi Bölümü, Kampüs, ADAPAZARI

2Sakarya Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Kampüs, ADAPAZARI

Özet

Betonarme yapı elemanlarında çelik donatının korozyona uğraması sonucunda dayanımını kaybetmesi inşaat sektöründe alternatif donatı malzemesi arayışlarını gündeme getirmiştir. Son yıllarda pultruzyon metodu ile üretilen Cam Elyaf Takviyeli Plastik (CTP) malzemeler bu soruna çözüm olabilecek potansiyele sahiptir. CTP malzemelerin yüksek çekme dayanımın yanısıra korozyon direnci nedeniyle betonarme yapılarda çelik donatı yerine alternatif olarak kullanılması yönünde umut verici çözümlerden biri olmaktadır. Bununla birlikte CTP malzemelerin yüzey özeliklerinden kaynaklanan, donatı olarak kullanılmasında beton ile arasında sıyrılma sorunu ortaya çıkmaktadır.

Bu çalışmada; farklı yüzey özelliklerine sahip, pultruzyon metodu ile üretilen CTP çubuklar kullanılarak üretilen betonarme kirişlerin eğilme davranışları incelenmiştir. Aynı çaplara sahip düz, nervürlü ve kumlu yüzeye sahip CTP donatı çubuklarıyla üretilen kirişler yine aynı çaptaki çelik donatılarla imal edilmiş kirişler ile karşılaştırılmıştır. Bu amaçla hazırlanan kirişler dört noktalı eğilme testine tabi tutulmuş ve grafiksel olarak karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelime: Çelik donatı, CTP donatı, Yüzey özellikleri, Aderans, Eğilme dayanımı

Abstract

As a result of the loss of strength of reinforced concrete structural elements due to corrosion of steel reinforcement in the construction industry continues to search for alternative reinforcement material. Produced by the method of pultruded glass fiber reinforced plastic (GRP) material is produced in recent years of new technological materials. Pultruded GFRP materials produced by the method due to the corrosion resistance of reinforced concrete structures to be used as an alternative to steel reinforcement is one of the promising solutions. However, the use of GFRP as reinforcement material due to surface roughness of concrete and the question arises of detachment.

In this study, different surface features, Pultrusion GFRP rods produced by the method using the flexural behavior of reinforced concrete elements produced were investigated. Having the same diameter FRP rods lean and sanded smooth and ribbed concrete beams with the same characteristics as the test samples were subjected to bending placed in the steel reinforcement and the results obtained were compared with the same diameter.

Keywords: Steel reinforcement, GFRP reinforcement, Surface properties, Bonding, Bending strength

*Yunus EKİZ Adres: Teknik Eğitim Fakültesi, Sakarya Üniversitesi, Yapı Eğitimi, 54187, Sakarya TÜRKİYE.
E-mail address: yekiz@sakarya.edu.tr, Phone: +902642957406

1. Giriş

Yapı malzemelerindeki problemlere karşı çözüm arayışları insanların talepleri, malzemelerde yaşanan problemlere paralel olarak her geçen gün artmaktadır. Belirtilen malzeme problemlerini azaltmak ve yeni talepleri karşılamak amacıyla yeni malzeme türleri ve uygulamalar üzerindeki arayış sürmektedir [1]. Mevcut çözümlerden birisi farklı kombinasyonlarda üretilen kompozit malzemeleri kullanmak ve geliştirmek maksadıyla ortaya çıkmıştır. Kompozit malzeme, binlerce yıldır insanların farkında olarak ya da olmayarak, sorunların çözümü için kullandıkları, iki veya daha fazla sayıdaki farklı özelliklere sahip malzemelerin mikro veya makro seviyede birleştirilmesiyle elde edilen yeni bir üründür [2].

İlk modern sentetik plastiklerin 1900'lü yılların başlarında geliştirilmesinin ardından, 1930'lu yıllarda plastik malzemelerin özellikleri diğer malzeme çeşitleri ile boy ölçüşür düzeye gelmiştir. Birçok üstün özelliklerinin yanında sertlik ve dayanıklılık özelliklerinin düşük olması plastik malzemelerin güçlendirilmesi için çalışmalar yapılmasına neden olmuştur. Bu eksikliğin giderilmesi amacıyla 1950'lerde polimer esaslı kompozit malzemeler geliştirilmiş ve değişik türde matris ve takviye elemanı kullanılarak farklı yapıda kompozitler üretilmiştir. En çok kullanılan kompozit malzeme kombinasyonları; cam elyaf takviyeli plastik, karbon elyaf takviyeli epoksi ve aramid elyaf takviyeli epoksi bileşenleridir [3].

Pultruzyon metodu ile üretilen CTP malzemenin üstün mekanik dayanımının yanısıra, hafifliği, korozyon dayanımı, düşük yoğunluk ve dayanım/yoğunluk oranının yüksekliği, düşük ısı iletkenliğine sahip olması, uzun yıllar bakım ve boya gibi ek bir hizmete ihtiyaç duymaması, üretimin düşük iş gücü ile yapılabilir olması, kolay kesilebilir ve işlenebilir olması gibi özelliklerinden dolayı CTP profilleri inşaat sektöründe birçok malzemenin alternatifi olma yönünde hızla ilerlemektedir [4]. Bununla birlikte korozyon direnci ve çekme dayanımı gibi mekanik özelliklerinden dolayı CTP malzemelerin betonarme çelik donatıya alternatif olarak kullanılması çalışmaları devam etmekte olup konu ile ilgili çok sayıda çalışma mevcuttur [5-8].

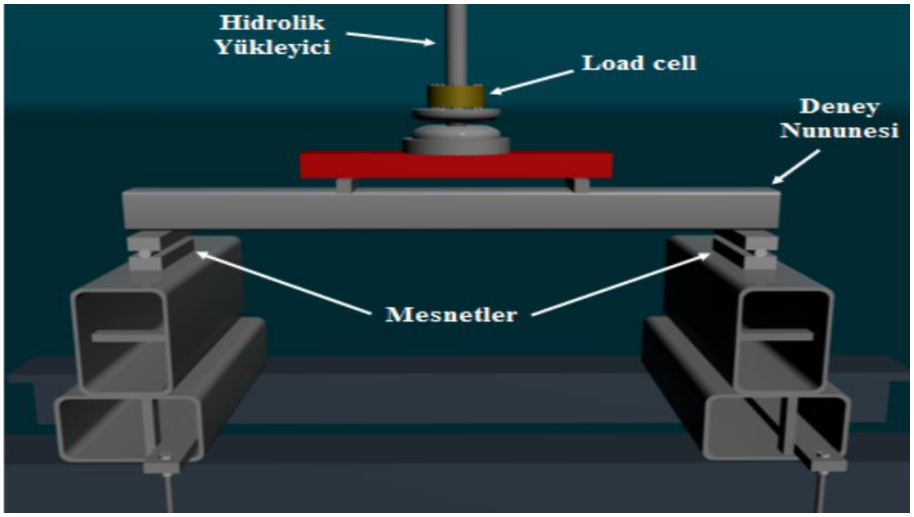
Betonarme kirişlerde CTP'lerin kullanımı ile ilgili Mohamed S. Issa ve arkadaşları [9] CTP donatılarla ile yapılmış kirişlerde eğilme davranışı ve sünekliğe liflerin etkisini incelmemişlerdir. Yedi farklı kiriş ile yapılan deneylerde donatı bulunmayan yalın betonu, propilen lifli, CTP ve çelik donatılı kiriş numuneleri yapılarak eğilmeleri ve süneklikleri kıyaslanmıştır. Yapılan deney sonuçlarına göre donatı kullanımı betonarmenin sünekliği arttırmaktadır. Sünekliği en fazla artıran çelik donatı olmuştur. CTP donatı kullanılan kirişlerde makul bir eğilme dayanımı gösterdiğini söylemişlerdir. Huanzi Wang ve arkadaşları [10] fiber takviyeli plastik donatıların kullanılarak üretilen kirişlerin eğilmelerini incelemişlerdir. Çalışmada CTP ve KTP kullanılarak üretilen kirişler donatısız beton numuneleri ile kıyaslanmıştır. Yapılan deneylerin sonucunda fiber takviyeli plastik donatılarda yalın kirişlere göre daha küçük çatlak meydana geldiği ve sünekliğin yaklaşık %30 oranında artığını belirtmişlerdir.

Bu çalışmada; farklı yüzey özelliklerine sahip CTP çubukların betonarme içerisinde eğilme elemanı olarak davranışları incelenmiştir. Eşit çaplara sahip düz, nervürlü ve yüzeyine kum kaplanmış CTP çubuklar ile çelik donatılar aynı özellikteki kiriş numuneler içerisinde kullanılmıştır. Deneysel çalışmalar sonucunda elde edilen veriler analiz edilerek yorumlanmıştır.

2. Materyal Metod

Çalışmalarda pultruzyon metoduyla üretilen CTP donatılar kullanılmıştır. Bütün CTP kalıplama metotlarında olduğu gibi pultruzyonda da temel yapı, lifli bir takviye malzemesi ile taşıyıcı matriks olarak reçine üzerine kurulmuştur. Bunlarla birlikte dolgu, katalizör, iç kalıp ayırıcı ve renklendirici malzemelerden de yararlanılmaktadır. Bu yöntemlerle üretilen malzemeler, yapıda taşıyıcı olarak kullanılan elemanların karşılaması gereken çekme, basma veya kesme kuvvetlerine karşı gereken mukavemeti gösterememektedirler. Bu sorunu çözebilmek için yeni bir kompozit üretim yöntemi olan pultruzyon metodu geliştirilmiştir. Pultruzyon yöntemi, malzemenin kalıp boyunca çekilerek üretilmesi yöntemidir [11].

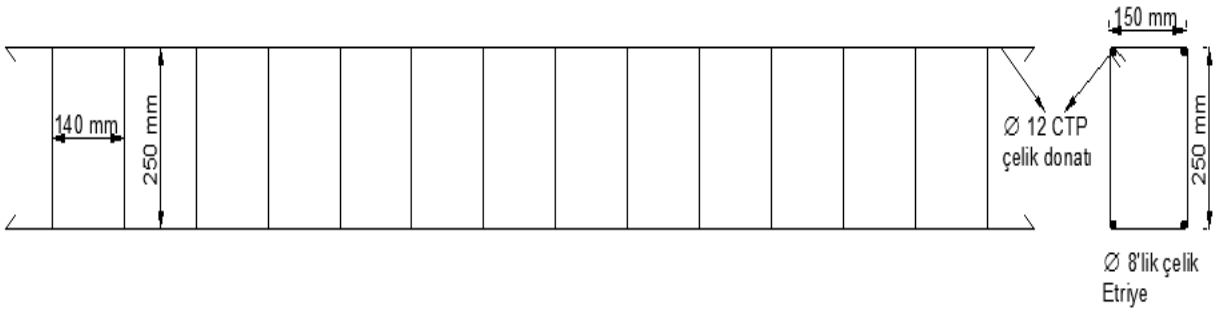
Kiriş testlerinde düz yüzeyli, nervürlü ve yüzeyi kum kaplı olmak üzere üç farklı CTP donatı kullanılmıştır. Yüzeyi nervürlü biçime getirilmiş CTP malzemeler düz CTP donatılar üzerine CTP iplikler sarılarak girintili bir yüzey meydana getirilmiştir. Yüzeyi kum kaplanmış CTP malzemeleri ise düz CTP donatıların yüzeyleri zımparalanarak parlak yüzey temizlenmiş ve temiz yüzeye kum kaplama yapılmıştır. Tüm kirişlerde kullanılan etriyeler ve çelik donatılı kirişlerdeki boyuna donatılar S420 çeliğidir. Eğilme testlerinde kullanılan test düzeneği Şekil 1'de görülmektedir.



Şekil 2. Eğilme deney düzeneği [12]

2.1. Eğilme Deneyi

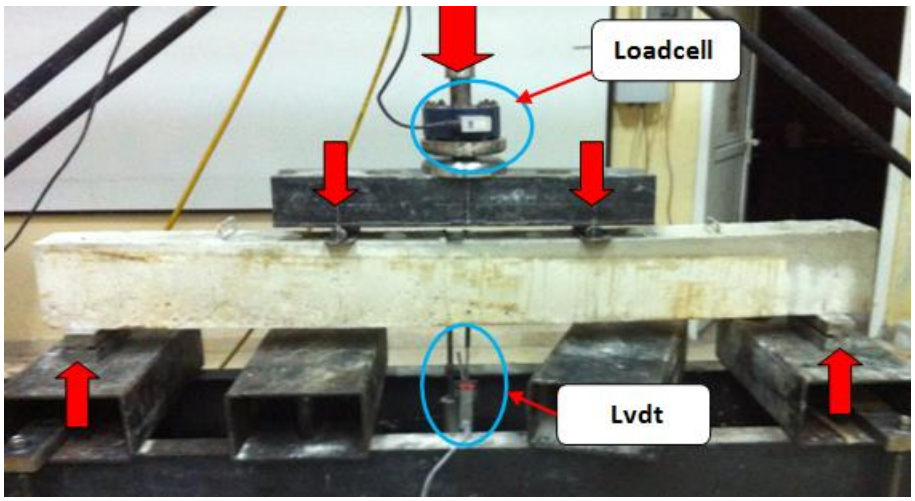
Eğilme deneyi için 2000 mm uzunluğunda kiriş numuneleri oluşturulmuştur. Kiriş numunelerinde esas demirler için farklı yüzey özelliklerine sahip Ø12 CTP ve çelik donatılar, etriye demirleri için ise Ø8 çelik donatı kullanılmıştır (Şekil 2).



Şekil 2. Kiriş numune donatıları

Hazırlanan donatılar 2000 mm uzunluktaki kiriş kalıplarına yerleştirilmiştir. Yerleştirilen donatılar C25 beton sınıfı hazır beton kullanılarak Şekil 2.'deki betonarme kiriş numuneleri hazırlanmıştır. Hazırlanan kiriş numuneleri 28 gün boyunca kür'e tabii tutulmuştur.

Kürünü tamamlayan kiriş numuneleri eğilme deneyine tabii tutulmuşlardır. Eğilme deneyleri için Hi−Tech Magnus marka 20 ton kapasiteli eğilme çerçevesi kullanılarak gerekli testler yapılmıştır. Eğilme düzeneğinde 20 ton kapasiteli Load cell, 150 mm'ye kadar ölçüm yapabilen 0.01 mm hassasiyetli Potansiyometrik cetvel, yine 20 tona kadar yükleme yapabilen hidrolik yükleyici, özel üretilen mesnetler ile 12 kanallı data logger ve masa üstü bilgisayar kullanılmıştır. Uzunlukları 2000 mm mesnet açıklığı 1800 mm olan kirişler eğilme deneyine tabii tutulmuştur. Şekil 3'te kirişlerin dört noktalı eğilme deneyi görülmektedir.



Şekil 3. Kiriş Testleri

Çelik ve yüzey özellikleri farklı CTP esas donatılar ile yapılan eğilme deneylerinden elde edilen numunelerin Eğilme yükü ve dayanımları Tablo 1, Tablo 2, Tablo 3 ve Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 1. Düz CTP donatılı kirişlerin eğilme sonuçları

Numune	Maksimum Yük (kN)	N/mm^2
1	18.37	3.52
2	18.94	3.63
3	21.40	4.10
Ortalama	**19.58**	**3.76**

Tablo 2. Nervürlü CTP donatılı kirişlerin eğilme sonuçları

Numune	Maksimum Yük (kN)	N/mm^2
1	75.02	14.40
2	75.30	14.45
3	78.04	14.98
Ortalama	**76.12**	**14.62**

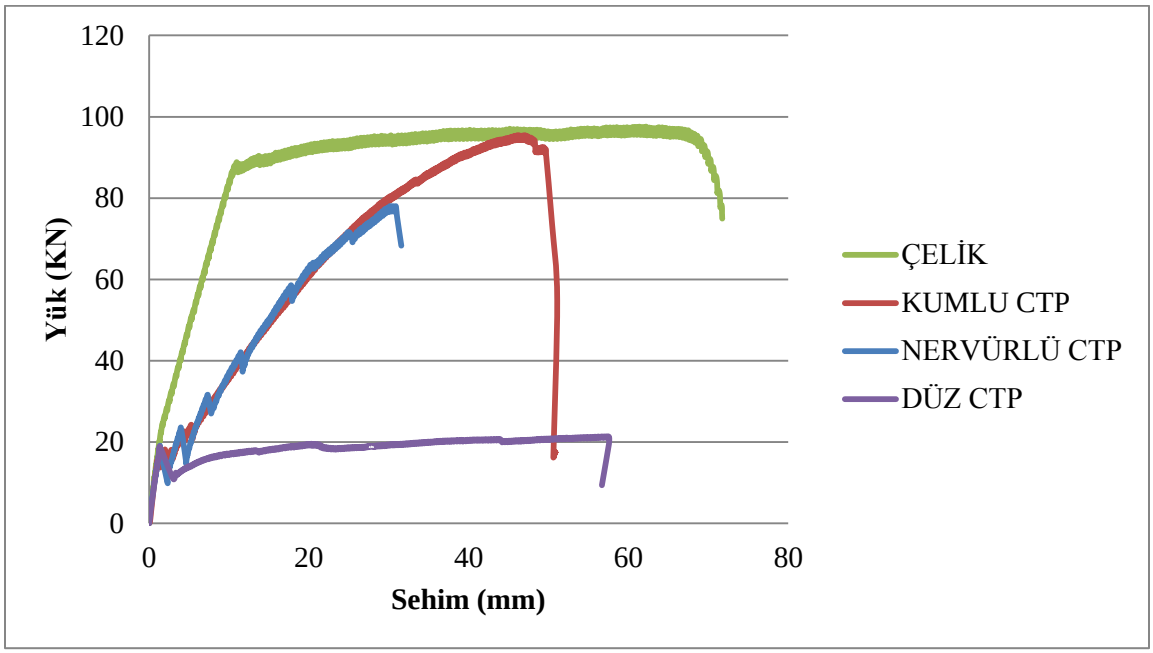
Tablo 3. Kumlu CTP donatılı kirişlerin eğilme sonuçları

Numune	Maksimum Yük (kN)	N/mm^2
1	84.61	16.24
2	88.23	16.94
3	95.45	18.32
Ortalama	**89.43**	**17.17**

Tablo 4. Çelik donatılı kirişlerin eğilme sonuçları

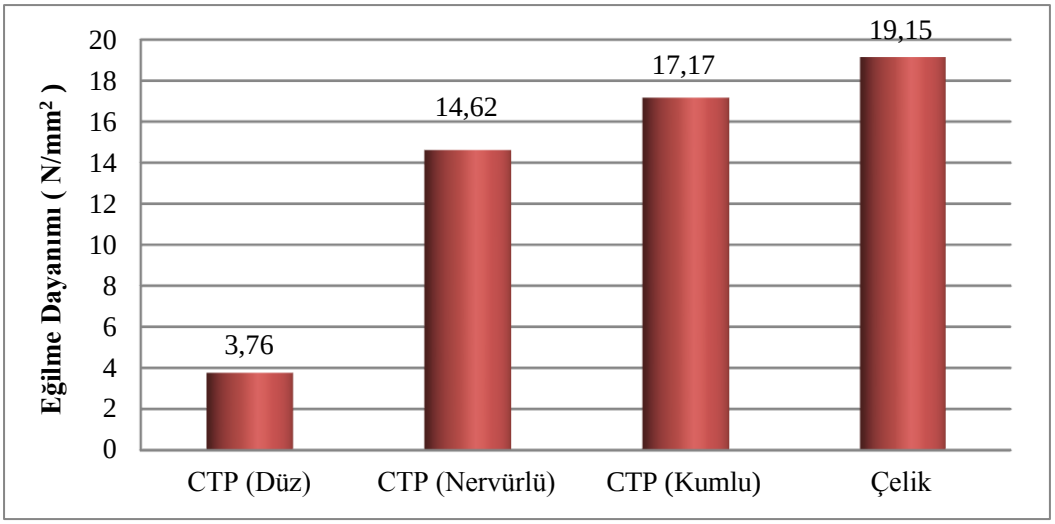
Numune	Maksimum Yük (kN)	N/mm^2
1	99.15	19.038
2	99.82	19.16
3	100.27	19.25
Ortalama	**99.75**	**19.15**

Farklı yüzey özellikli CTP esas donatılar ve çelik donatılar kullanılarak yapılan eğilme deneylerinin yük–sehim grafikleri Şekil 4'te verilmiştir. Çelik donatı ile üretilen kiriş numuneleri en yüksek eğilme dayanımı göstermiştir. Yüzeyi kumlu CTP donatılar çelik donatı ile yaklaşık aynı değerde eğilme davranış göstermiş fakat gevrek kırılma meydana gelmiştir. Yüzeyi nervürlü CTP donatılar nervürlü kısımlarda kesit kayıpları olduğu için eğilme dayanımında yüzeyi kumlu CTP donatılı kirişlerde düşük dayanım göstermiş ve beton ile tam bir aderans sağlayamamıştır. Beton ile nervürlü CTP arasında sıyrılmalar meydana gelmiştir. Yüzeyi düz CTP donatılar beton ile aderans sağlayamadığı için sıyrılma gerçekleşmiş ve beton içerisinde kopma gerçekleştirememiştir.



Şekil 4. Farklı donatı türlü kiriş numuneleri Yük – Sehim grafikleri

Deney sonucunda elde dilen maksimum eğilme yükleriyle hesaplanan eğilme dayanımlarının ortalamaları alınarak Şekil 5'te karşılaştırılmalı verilmiştir.



Şekil 5. Farklı donatılı kirişlerin eğilme dayanımları

Çelik ve farklı yüzeylere sahip CTP esas donatılı kirişler karşılaştırıldığında çelik 19.15 N/mm^2 eğilme dayanımı ile en yüksek eğilme dayanımını göstermiştir. Çelik donatılı kirişe en yakın değeri 17.17 N/mm^2 eğilme dayanımı ile yüzeyi kumlu CTP donatılı kirişler göstermiştir. Yüzeyi nervürlü CTP donatı 14.62 N/mm^2 eğilme dayanımı göstermiştir. En düşük eğilme dayanımını 3.76 N/mm^2 eğilme dayanımı ile yüzeyi düz CTP donatılı yani referans numuneler göstermiştir.

Düz CTP donatılı referans kiriş numunelerin eğilme dayanımına göre nervürlü üretilen CTP donatılı kirişlerin eğilme dayanımı %388 oranında artmıştır. Yine Düz CTP donatılı referans kiriş numunelerin eğilme dayanımına göre Kumlu CTP donatılı kirişlerin eğilme dayanımı %456 oranında artmıştır. Kumlu CTP donatılı kirişlerin eğilme dayanımı Nervürlü CTP donatılı kirişlerin eğilme dayanımına göre %17,5 oranında artış göstermiştir. Çelik donatılı kirişlerin eğilme dayanımı Kumlu CTP donatılı kirişlere göre %11,5 oranında fazla eğilme dayanımına sahip olduğu tespit edilmiştir. Böylece düşük eğilme dayanımına sahip CTP donatılı kirişler CTP donatısının geliştirtmesiyle çelik donatılı kirişlerin dayanımına yakın düzeyde dayanıma ulaşmıştır.

3. Sonuç ve Öneriler

Çelik donatılı ve farklı yüzey özelliklerine sahip CTP donatılar ile yapılan betonarme kirişlerin eğilme davranışlarının incelendiği bu çalışma neticesinde elde edilen sonuçlar aşağıdaki şekilde özetlenmiştir:

- Düz CTP donatılı kirişlerle yapılan eğilme deneylerinde yüzeylerin pürüzsüz olmasından kaynaklanan sıyrılmalar olmuştur. Kumlama ve yüzeyi nervürlü CTP donatılı kirişlerde sıyrılma direncinin arttığı belirlenmiştir.
- CTP donatılar içerisinde en iyi dayanımı yüzeyi kumlu CTP donatılar vermiştir. Düz CTP donatılı referans kiriş numunelerin eğilme dayanımına göre Kumlu CTP donatılı kirişlerin eğilme dayanımı %456 oranında artmıştır.
- Kumlu CTP donatılı kirişlerin eğilme dayanımı Nervürlü CTP donatılı kirişlerin eğilme dayanımına göre %17,5 oranında artış göstermiştir.
- Düz CTP donatılı referans kiriş numunelerin eğilme dayanımına göre nervürlü üretilen CTP donatılı kirişlerin eğilme dayanımı %388 oranında artmıştır.
- Çelik donatılı kirişlerin eğilme dayanımı Kumlu CTP donatılı kirişlere göre %11,5 oranında fazla eğilme dayanımına sahip olduğu tespit edilmiştir.
- Düşük eğilme dayanımına sahip CTP donatılı kirişler CTP donatısının önce nervürlü daha sonra kumlu üretilmesiyle geliştirilmiş ve çelik donatılı kirişlerin dayanımına yakın eğilme dayanıma ulaşmıştır. CTP donatıları daha geliştirilebileceği düşünülmektedir.
- Belirtilen mekanik dayanım sonuçlarının yanısıra CTP donatıların korozyon direnci, hafifliği ve dayanıklılık gibi avantajları sunduğu unutulmamalıdır.

Kaynaklar

[1] Ferhat Aydın. GFRP-Beton-Çelik Lifli Hibrit Kirişlerin Eğilme Davranışlarının İncelenmesi. International Construction Congress. 11-13 October 2012. Isparta. Turkey.
[2] Şahin, Y., 2000. Kompozit Malzemelere Giriş. Ankara. Gazi Yayın Evi.
[3] Clarke, J. L., 1996, Structural Lightweight Aggregate Concrete. Chapman ve Hall.
[4] www.strongwell.com. (2013).

[5] Kalpana, V.G. and Subramanian, K. Behavior of concrete beams reinforced with GFRP bars, Engineering Structures, Journal of Reinforced Plastics and Composites, 2011; 1915–1922.
[6] Ascione, L. Mancusi, L. Spadea, S. Flexural behaviour of concrete beams reinforced with GFRP bars, Engineering Structures, An International Journal for Experimental Mechanics, 2010; 460–469.
[7] Choi, Y.C. Choi, H.K. Choi, C.S. Experimental study on behavior of flexural member with lab-spliced GFRP bar, 9th International Conference on Fracture and Damage Mechanics, 2009; 781-784.
[8] Alsayed, S.H. Flexural behaviour of concrete beams reinforced with GFRP bars, Cement and Concrete Composites, 1998; 1-11
[9] Issa, M. S. Metwally, I. M. Elzeıny, S. M. Influence of fibers on flexural behavior and ductility of concrete beams reinforced with GFRP rebars, Engineering Structures, 2011; 1754–1763.
[10] Wang, H. Belarbi, A. Ductility characteristics of fiber-reinforced-concrete beams reinforced with FRP rebars, Construction and Building Materials, 2011; 2391–2401.
[11] Sarbıyık, M., 2007. Hafif Yapı Tasarımında Pultruzyon Metodu İle Üretilen Cam Elyaf Takviyeli Plastiklerin Kullanılması. Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der; 199-205.
[12] Aydın, F. Cam Lifi Takviyeli Plastik (GFRP) Kompozit ve Beton İle Üretilen Hibrit Yapı Elemanlarının Mekanik Performansının Araştırılması, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, 2011, Sakarya.