ÇELİK LİF TAKVİYELİ, POLİPROPİLEN LİFLİ GERİ DÖNÜŞÜM AGREGALİ BETON

Prof. Dr. İlker Bekir TOPÇU[1], Hasan BAYLAVLI

[1]Eskisehir Osmangazi Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği, Eskişehir-TÜRKİYE
ilkerbt@ogu.edu.tr

[2]Hitit Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Çorum- TÜRKİYE
hasanbaylavli@hitit.edu.tr

Özet: Günümüzde çelik ve polipropilen lifler betonda yaygın olarak kullanılmaktadır. Atık betonların değerlendirilmesi çevre açısından önemlidir. Bu çalışmada lif katkılı betonların geri dönüşümde nasıl değerlendirilebileceği araştırılmıştır. Bu yüzden bu çalışmada, geri dönüşüm agregalarından beton üretilmiştir. Betonda kullanılan agregaların tamamı geri dönüşüm agregasıdır. Öncelikle kaynak betonları üretilmiştir. Kaynak betonları da polipropilen lif katkılıdır. Kaynak betonlarında sekiz (8) çeşit polipropilen lif kullanılmıştır. Polipropilen lifler kaynak beton karışımına üç (3) farklı oranda ilave edilmiştir. Kaynak betonlar 120 gün sonunda çeneli kırıcıda kırılarak, 0-4mm, 4-15mm ve 15-22,4 mm boyutlarında geri dönüşüm agregaları elde edilmiştir. Ayrıca çelik lifler geri dönüşüm agregalı beton içerisine 10 ve 20 kg/m^3 olacak şekilde ilave edilmiştir. Çelik lif ilavesi taze betonun işlenebilirliğini düşürmüştür. Geri dönüşüm agregalı betonların, basınç, eğilme ve yarmada çekme dayanımları incelenmiştir. Geri dönüşüm agregalı betona çelik lif ilavesi betonun basınç dayanımı düşürmüştür. Eğilme ve yarmada çekme dayanımlarını arttırmıştır.

Anahtar Kelimeler: Çelik lif, Geri Dönüşüm, Çökme, Basınç Dayanımı, Eğilme Dayanımı.

Giriş

Çok eski zamanlarda lifler kırılgan malzemeleri kuvvetlendirmek için kullanılmıştır. Beton içerisinde kullanılan birçok lif çeşidi bulunmaktadır. Bunlar; çelik, cam, polipropilen ve karbon liflerdir. Liflerin beton üzerindeki etkileri, lifin tipine, cinsine, şekline, boyutlarına ve betonu oluşturan diğer malzemelerin özeliklerine göre değişmektedir (Daniel J.I., 1998, Daniel J.I., Roller J.J. and Anderson E.D., 1998, Ozel C., 2007, Ünal B., Köksal F. ve Eyyubov C., 2003, Ünal O., Uygunoğlu T. ve Elmacı Ö., 2005, Topçu İ.B. ve Canbaz M., 2006). Ağırlıkça 3.5 kg/m^3 lif takviyeli betonların, yollar için, özellikle tünellerin içerisinde, verimli, güvenli ve düşük maliyetli bir çözüm olduğu belirtilmiştir (Nobili A., Lanzoni L. and Tarantino A.M., 2013). Dönüşümlü petlerden elde edilen liflerin hacimce %1 oranında katkısı betonun eğilme dayanımını artırmıştır (Fraternali F., Ciancia V., Chechile R., Rizzano G., Feo L. and Incarnato L., 2011). Hacimce %0.1 ve %0.5 polipropilen lif katkısı, betonun basınç ve eğilme dayanımı düşürmüştür (Manolis G.D., Gareis P.J., Tsonos A.D. and Neal J.A., 1997). Metakaolin ve pomza içeren 12 mm uzunluğundaki polipropilen lif takviyesi, eğilme dayanımındaki sehim miktarını arttırmıştır (Rashiddadash P., Ramezanianpour A.A. and Mahdikhani M., 2014). Farklı boyutlardaki hacimce %0.25, %0.50 ve %0.75 polipropilen lif oranın beton yoğunluğunu %10-30 azaltmış, basınç dayanımını %14 arttırmıştır (Yap S.P., Alengaram U.J. and Jumaat M.Z., 2013). Hacimce %0.5 oranında polipropilen lif katkısının basınç dayanımını yaklaşık %37.5 düşürmüş, eğilme dayanımını ise %30 arttırmıştır (Wang H. and Belarbi A., 2013). Lif katkısının özellikle düşük dayanımlı betonda yüksek birim deformasyon sağladığını ve lifin köprü etkisi yaptığını fakat yüksek dayanımlı betonda liflerin köprü etkisini azalttığını belirtmişlerdir. Lif katkısının betonun sünekliliğini arttırdığı sonucuna varmışlardır (Cifuentes H., García F., Maeso O. and Medina F., 2013). Hacimce %1 ve %1.5 oranında karbon lif katkısının, yalın beton basınç dayanımı 52.8 MPa iken karbon lifli betonun basınç dayanımı değerleri 51.2-53 MPa arasında değişmiştir. Basınç dayanımında çok büyük bir değişiklik olmadığı sonucuna varmışlardır (Tabatabaei S., Volz J.S., Keener D.I. and Gliha B.P., 2014).

Karışımda çimento miktarının %6'sı kadar polipropilen lif kullanımının 15 cm küp basınç dayanımı, 7 günde %22.72, 28 günde %20.83 arttırmıştır. Parçalanma ve kırılmayı engellediğini, çatlaktan sonra yük taşımaya devam ettiğini belirtmişlerdir (Akkaş A., Alparslan L., Arabacı S. ve Başyiğit C., 2010). Hacimce; %0.25, %0.50 ve %0.75 polipropilen lif katkılı, %20 uçucu küllü karışımın 7 günlük basınç dayanımı düşmüştür. 28 ve 90 günlük basınç dayanımı değişmemiştir. Hacimce %0.50 ve %0.75 lifli karışımın basınç dayanımı düşmüştür. Lif katkısı ile numunelerin parçalanmasını engellemiştir. Eğilmedeki sehim değerini artırmıştır. Lif miktarı arttıkça birim kısalma azalmıştır (Üte A.A., 2008). Ağırlıkça 3, 6, 9 kg/m^3 monafilament, 0.6 kg/m^3 elyaf lif ve 3, 6, 9 kg/m^3 monafilament ile 0.6 kg/m^3 elyaf lif takviyeli betonun yarmada-çekme dayanımı %8.88 ile

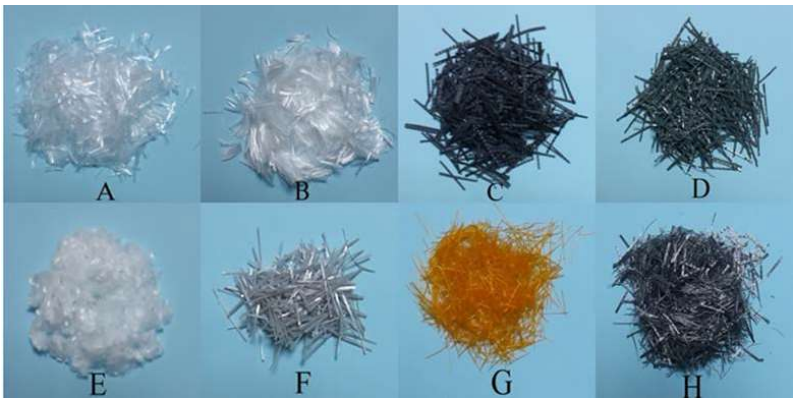
 Copyright © International Science and Technology Conference (ISTEC)

%13.35,artmıştır (Hsie M., Tua C. and Song P.S., 2008). Ağırlıkça 7 kg/m^3 lif katkısının yarmada-çekme ve eğilme dayanımını arttırmıştır. Çatlama sonrası bir miktar daha moment taşıma kapasitesine sahip olduğu belirtilmiştir (Yap, C.H. Bu, U.J. Alengaram, Mo K.H. and Jumaat M.Z., 2014).

Hacimce %2, %4 ve %6 cam lif katkısı betonun yarmada-çekme dayanımını %52-%73 arttırmıştır (Kurt G., 2006). Hacimce %0.25 polivinil lif katkısının betonun yarmada-çekme dayanımını %30 arttırmıştır (Noushini A., Samali B., and Vessalas K., 2013). Endüstriyel atıklar ve hacimce %0.2 polipropilen lif katkısı, betonun yarmada-çekme dayanımını %10 düşürmüştür (Özcan A., 2006). Ağırlıkça 900 g/m^3 polipropilen lif katkısı, betonun yarmada-çekme dayanımını %1.75 arttırmıştır (Arslan M., Subaşı S., Durmuş G., Can Ö. ve Yıldız K., 2007). Yapılan çalışmalar incelendiğinde; çelik ve polipropilen liflerin betonun basınç dayanımını olumsuz etkilediği görülmüştür. Bunun yanında yarmada-çekme ve eğilme dayanımlarını arttırdığı görülmüştür. Bu çalışmada; çelik liflerin, polipropilen lif katkılı geri döünüşüm agregalı betona etkisi incelenmiştir.

Malzemeler ve Yöntem

Deneysel çalışmada öncelikle lif katkılı ve lif katkısız kaynak betonlar üretilmiştir. Lif katkılı beton karışımlarında sekiz çeşit polipropilen lif kullanılmıştır (Şekil 1). Polipropilen liflerin teknik özelikleri Tablo 1'de verilmiştir. Kaynak beton karışımına her lif çeşidinden üç farklı oranda katılmıştır. Lif oranları 600-1200 ve 1800 g/m^3'tür. K: Polipropilen lif katkısız kaynak betonları, A,B,C,D,E,F,G,H ise polipropilen lifleri ifade etmektedir. Örneğin A6; A lifinden 600 g/m^3 katkılı, B12; B lifinden 1200 g/m^3 katkılı, C18; C lifinden 1800 g/m^3 katkılı olduğunu göstermektedir. Kaynak beton üretiminde, 0-4mm, 4-15mm ve 15-22,4mm boyutlarında kırmataş agrega kullanılmıştır. Tüm karışımlardaki çimento tipi CEM I 42.5 R'dir. Kaynak beton karışımnımdaki su-çimento oranı sabit tutulmuştur. Taze betonun akışkanlığını korumak için hiperakışkanlaştırıcı katkı kullanılmıştır. Karışımlardaki lif oranı arttıkça akışkanlaştırıcı katkı oranı da arttırılmştır. Akışkanlaştrıcı katkı oranı, taze betonun çökmesinin belli bir değerin altına inmemesi ve segregasyon yapmaması için deneme karışımları ile belirlenmiştir. Lif katkılı ve katkısız olmak üzere 25 seri kaynak beton üretilmiştir. Kaynak beton numune boyutları 150 mm çapında ve 300 mm yüksekliğindedir. Kaynak beton karışım oranları Tablo 2'de verilmiştir.



Şekil 1. Polipropilen Lifler

Tablo 1. Polipropilen Liflerin Teknik Özelikleri

Lif	Çekme Dayanımı (MPa)	Birim Ağırlık (g/cm^3)	Ergime Noktası (°C)	Elastisite Modülü (MPa)	Su Emme (%)
A	450-600	0.91	160-590	3500	0.01/0.02
B	400-500	0.91	160-590	3500	0.01/0.02
C	400-800	1.36	253	11300	0.04
D	400-800	1.36	253	11300	0.04
E	600-700	0.91	150-160	3500	0.01/0.02
F	620	0.90	160-590	9500	-
G	400-800	1.36	250	11237	0.4
H	600	0.90	230	3800	0.01/0.02
Fiber	Uzunluk (mm)	Genişlik (mm)	Kalınlık (mm)	Narinlik	Şekli

 Copyright © International Science and Technology Conference (ISTEC)

A	12	0.48	0.30	25	Dairesel
B	19	0.48	0.30	37.5	Dairesel
C	30	1.20	0.30	100	Yivli
D	30	1.20	0.45	25	Kancalı
E	30	0.48	0.30	62.5	Dairesel
F	40	0.433	0.433	0.92	Düz
G	18	0.3	0.50	36	Dairesel
H	20	0.6/1.3	0.18/0.22	33/46	Düz

Tablo 2. Kaynak Beton Karışım Oranları

Karışıma Giren Malzemeler		CNL	Karışımlar ve Lifler, g/m^3		
			600	1200	1800
Kum (0-4 mm)	(kg/m^3)	1127	1127	1127	1127
Kırma Taş (7-15 mm)	(kg/m^3)	451	451	451	451
Kırma Taş (16-22,4 mm)	(kg/m^3)	301	301	301	301
Su	(kg/m^3)	156	156	156	156
Çimento	(kg/m^3)	300	300	300	300
Polipropilen Lif	g/m³	-	600	1200	1800
Katkı	%	0,6	0,8	0,9	1,1
Su-çimento ratio	W/C	0.52	0,52	0,52	0,52
Birim Ağırlık	(kg/m^3)	2335	2335	2335	2335

Şekil 3. Polipropilen Lifli Geri Dönüşüm Agregaları

Geri Dönüşüm Agregalarının Yeniden Beton Karışımında Kullanımı

Polipropilen lif katkılı kaynak betonları çeneli kırıcıda kırılarak geri dönüşüm agregaları elde edilmiştir. Kaynak betondan elde edilen geri dönüşüm agregalarının yeniden betonda kullanılması için öncelikle deneme karışımları yapılmıştır. Laboratuvar tipi çeneli kırıcıda yeterli incelikte ince agrega elde edilememiştir. Yapılan deneme karışımlarında, geri dönüşümden elde edilen ince agreganın (0-4mm) tamamının ince agrega olarak betonda kullanımının, taze beton özeliklerini olumsuz etkilediği görülmüştür. İnce malzeme oranı az olduğundan üretilen betonda segregasyonun çok fazla olduğu gözlenmiştir. Bu yüzden ince agrega miktarını yarısı kadar doğal kırma taş kum kullanılmıştır. Geri dönüşüm agregalı betona iri agrega olarak, 4-15 mm ve 15-22.4 mm boyutlarında geri dönüşüm agregaları ilave edilmiştir. Kaynak beton karışımlarında her lif çeşidinden üç farklı oranda (600-1200 ve 1800 g/m^3) kullanıldığından, her lif çeşidinden üç farklı geri dönüşüm agregası elde edilmiştir. Yeni karışımlarda her lif çeşidinden elde edilen agregalar kendi içinde karıştırılarak kullanılmıştır. Örneğin, A lifli karışımdan elde edilen 600-1200 ve 1800 g/m^3 lif katkılı geri dönüşüm agregaları kendi içinde eşit ağırlıklarda karıştırılmıştır. R: Çelik lif katkısız geri dönüşüm agregalı betonu göstermektedir. RS10: 10 kg/ m^3 çelik lif ilaveli, polipropilen lifli geri dönüşüm agregalı betonu, RS20: 20 kg/ m^3 çelik lif ilaveli, polipropilen lifli geri dönüşüm agregalı betonu göstermektedir. Çelik lif ilaveli, polipropilen lifli geri dönüşüm agregalı betonun karışım oranları Tablo 3'te verilmiştir. Çelik lifler 60 mm uzunluğunda ve 0.89 mm çapındadır. Çelik liflerin her iki ucunda kancalar vardır.

Tablo 3. Çelik Lif Katkılı Geri Dönüşüm Agregalı Beton Karışım Oranları

Karışımlar	K	Çelik Lifli Karışımlar	
		10 kg/m³	20 kg/m³

 Copyright © International Science and Technology Conference (ISTEC)

Kum (0-4 mm)	(kg/m^3)	991	991	991
Kırma Taş (4-15 mm)	(kg/m^3)	354	354	354
Kırma Taş (15-22,4 mm)	(kg/m^3)	425	425	425
Su	(kg/m^3)	220	220	220
Çimento	(kg/m^3)	350	350	350
Akışkanlaştırıcı	%	1,0	1,0	1,0
S/Ç	W/C	0.63	0.63	0.63
Birim Ağırlık	(kg/m^3)	2340	2350	2360

Çökme Deneyi

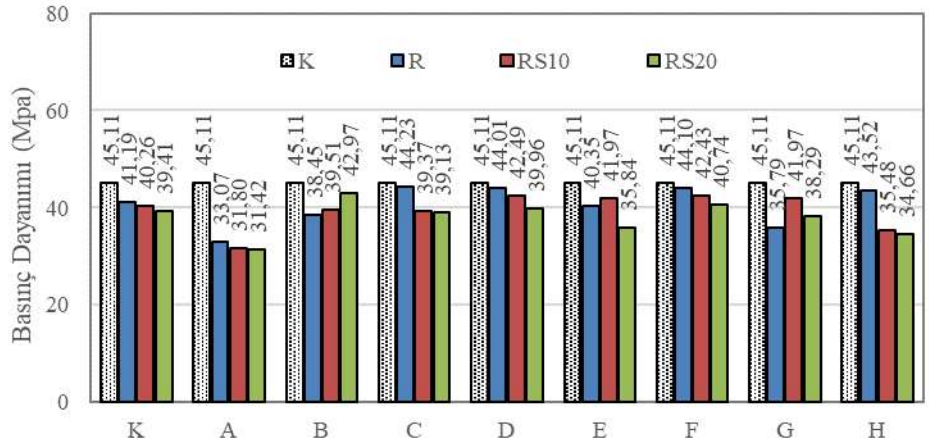
Taze betonun çökme değerleri incelendiğinde en düşük çökme değeri, 100 mm ile D, F ve H lifli polipropilen lifli geri dönüşüm agregalı betonlara 20 kg/m^3 çelik lif ilavesinde ölçülmüştür. Karışımların çökme değerleri 200 ile 100 mm arasında değişmektedir. En yüksek çökme değeri A, C ve D polipropilen lifli karışımlardan elde edilen geri dönüşüm agregalı betonlarda ölçülmüştür. Polipropilen lifli geri dönüşüm agregalı betona çelik lif ilavesi arttıkça taze betonun çökme değeri de düşmüştür. Çökme deney sonuçları Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. Çökme Deneyi Sonuçları

Lifler	Geri Dönüşüm Karışımları		
	R	RS10	RS20
K	***190 mm***	170 mm	120 mm
A	**200 mm**	170 mm	110 mm
B	180 mm	140 mm	110 mm
C	**200 mm**	190 mm	170 mm
D	**200 mm**	170 mm	***100 mm***
E	190 mm	150 mm	120 mm
F	190 mm	150 mm	***100 mm***
G	190 mm	140 mm	120 mm
H	180 mm	130 mm	***100 mm***

Basınç Dayanımı

Lif katkısız kaynak beton basınç dayanımı 45,11 MPa'dır. Geri dönüşüm agregalı betonların basınç dayanım değerleri düşmüştür. En düşük basınç dayanımı A polipropilen lifli geri dönüşüm agregalı ve 20 kg/m^3 çelik lif ilaveli beton (31,42 MPa) karışımındadır. En yüksek basınç dayanımı ise, C polipropilen lifli geri dönüşüm agregalı ve çelik lif ilavesiz beton (44,23 MPa) karışımındadır. Geri dönüşüm agregalı betonların basınç dayanımları çelik lif ilavesi ile birlikte genelde düşmüştür. Sadece B lifli karışımda çelik lif ilavesi arttıkça basınç dayanımı artmıştır. E ve G lifli karışımlarda 10 kg/m^3 çelik lif ilaveisnde basınç dayanımında biraz artış görülmesine rağmen, 20 kg/m^3 çelik lif ilavesinde tekrar düşmüştür (Şekil 2).

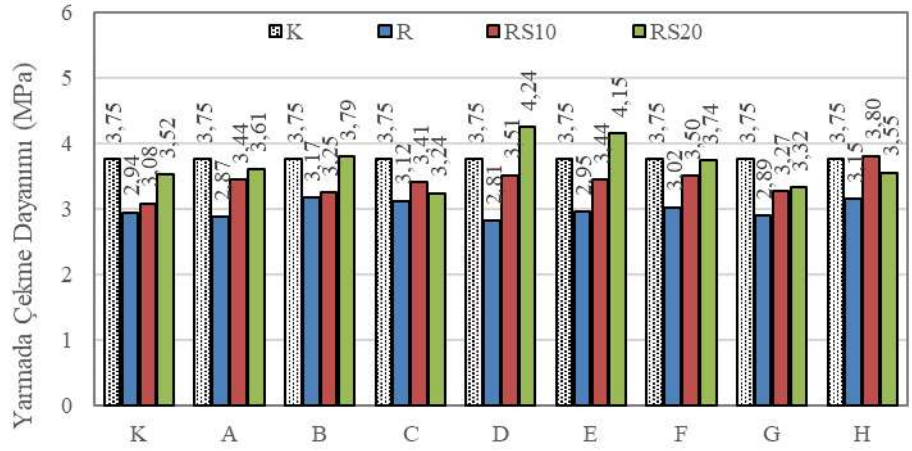


 Copyright © International Science and Technology Conference (ISTEC)

Şekil 2. Slindir Basınç Dayanımı

Yarmada Çekme Dayanımı

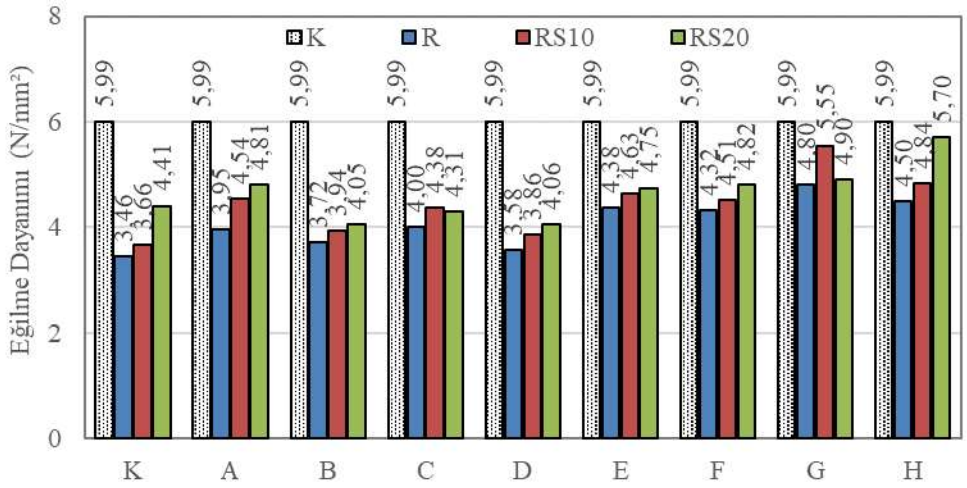
Polipropilen lif katkısız betonun yarmada çekme dayanımı 3,75 MPa'dır. Çelik lif ilaveli polipropilen lifli geri dönüşüm agregalı betonların yarmada çekme dayanımları 2,81 MPa ile 4,24 MPa arasında değişmektedir. Polipropilen lifli betonların geri dönüşüm agregalarından elde edilen betonların yarmada çekme dayanımları kaynak beton yarmada çekme dayanımlarına göre düşmüştür. Fakat karışımlara çelik lif ilavesi ile birlikte yarmada çekme dayanımları artmıştır. B (3,79 MPa), D (4,24 MPa) ve E (4,15 MPa) lifli geri dönüşüm agregalı karışımlara 20 kg/m^3 çelik lif ilavesi ile birlikte yarmada çekme dayanımı kaynak beton yarmada çekme dayanımından fazla ölçülmüştür (Şekil 3).



Şekil 3. Yarmada Çekme Dayanımı

Eğilme Dayanımı

Polipropilen lif katkısız betonun eğilme dayanımı 5,99 MPa'dır. Çelik lif ilaveli polipropilen lifli geri dönüşüm agregalı betonların eğilme dayanımları 3,46 MPa ile 5,99 MPa arasında değişmektedir. Polipropilen lifli betonların geri dönüşüm agregalarından elde edilen betonların eğilme dayanımları kaynak beton eğilme dayanımlarına göre düşmüştür. Fakat karışımlara çelik lif ilavesi ile birlikte eğilme dayanımları artmıştır. En yüksek eğilme dayanımı H (5,70 MPa) lifli geri dönüşüm agregalı karışımlara 20 kg/m^3 çelik lif ilaveli betonda ölçülmüştür (Şekil 4).



Şekil 4. Eğilme Dayanımı Deney Sonuçları

Sonuçlar

 Copyright © International Science and Technology Conference (ISTEC)

Polipropilen lifli betonlar geri dönüştürüldüğünde elde edilen agregalar yeniden beton karışımında kullanılabilmesi için ince agrega ilavesi gerekmektedir. Karışımlarda sadece geri dönüşüm agregası olarak iri agrega kullanılmıştır. Toplam agrega oranın %44'ü kadar geri dönüşüm agragası kullanılmıştır. Taze betonda segragasyon oluşmaması ve betonun işlenebilirliğinin olumsuz etkilenmemesi için karışımlara ince agrega ilavesinin gerekli olduğu sonucuna varılmıştır. Çelik lif ilavesi ile birlikte taze betonun çökme değerinin de düştüğü sonucuna varılmıştır.

Polipropilen liflerde olduğu gibi çelik lif ilavesi de betonun basınç dayanımını düşürmüştür. Karışıma geri dönüşüm agrega ilavesi betonun basınç dayanımı düşürmüştür. Ayrıca çelik lif ilave edilmesi de basınç dayanımının daha düşmesine neden olmuştur. Çelik lif ilaveli polipropilen lifli geri dönüşüm agregalı betonların basınç dayanımları kaynak beton basınç dayanımlarına göre %30'a kadar düşmüştür. Kaynak beton karışımındaki çimento miktarının 50 kg arttırılmasına rağmen gerçeleşen bu düşüş oldukça fazladır.

Çelik lif ilaveli polipropilen lifli geri dönüşüm agregalı betonların yarmada çekme dayanımları çelik lif ilavesi ile birlikte atrmıştır. B, D ve E lifli geri dönüşüm agregalı karışımların yarmada çekme dayanımları kaynak betona göre artmıştır. Yarmada çekme dayanımları D lifli karışımda kaynak betona göre yaklaşık %13 artmıştır. Yine D lifli karışımda çelik ilavesi olmadığında yarmada çekme dayanımının kaynak betona göre yaklaşık %25 düştüğü görülmüştür.

Çelik lif ilaveli polipropilen lifli geri dönüşüm agregalı betonların eğilme dayanımları çelik lif ilavesi ile birlikte atrmıştır. Geri dönüşüm agregalı betonalrın eğilme dayanımları çelik lif ilavesine rağmen kaynak beton eğilme dayanımı değerinin altında kalmıştır. En iyi eğilme dayanımı değeri H lifli karışımda olmasına rağmen kaynak beton eğilme dayanımından yaklaşık %5 düşmüştür. En düşük eğilme dayanımı ise kaynak betona göre %42 ile kontrol (K) karışımındadır. Çelik lif ilavesinin geri dönüşüm agregalı betonun yarmada çekme ve eğilme dayanımlarını iyileştirdiği fakat kaynak betonun değerlerinin altında kaldığı sonucuna varılmıştır.

Kaynaklar

Daniel J.I., (1998), 'Glass Fiber Reinforced Concrete. Fiber Reinforced Concrete', *Portland Cement Association*, (pp.11-20), Illinois.

Daniel J.I., Roller J.J, Anderson E.D., (1998), 'Polymeric Fiber Reinforced Concrete. Fiber Reinforced Concrete' *Portland Cement Association*, (pp.22-33), Illinois.

Ozel C., (2007), 'Katkılı Betonların Reolojik Özeliklerinin Taze Beton Deney Yöntemlerine Göre Belirlenmesi', Isparta, Türkiye.

Ünal B., Köksal F. ve Eyyubov C., (2003) 'Polipropilen ve Çelik Liflerin Yol Kaplama Betonlarının Mekanik ve Dürabilite Özeliklerine Etkisi', *Türkiye İnşaat Mühendisliği On Yedinci Teknik Kongre ve Sergisi, İstanbul.*

Ünal O., Uygunoğlu T. ve Elmacı Ö., (2005), 'Lif Katkılı Betonun Elastisite Modülü Üzerine Kür Ortamının Etkisi'. *6. Ulusal Beton Kongresi (Yüksek Performanslı Betonlar)*, (pp.15-17), İstanbul, Türkiye.

Topçu İ.B. ve Canbaz M., (2006), Effect of different fibers on the mechanical properties of Concrete Containing fly ash, *Construction and Building Materials*, (vol.21 (7), pp.1486-1491).

Nobili A., Lanzoni L. and Tarantino A.M., (2013), 'Experimental investigation and monitoring of a polypropylene-based fiber reinforced concrete road pavement,' *Construction and Building Materials*, (vol.47, pp.888-895).

Fraternali F., Ciancia V., Chechile R., Rizzano G., Feo L. and Incarnato L., (2011), 'Experimental study of the thermo-mechanical properties of recycled PET fiber-reinforced concrete', *Composite Structures*, (vol.93, pp.2368-2374).

Manolis G.D., Gareis P.J., Tsonos A.D. and Neal J.A., (1997), 'Dynamic properties of polypropylene fiber-reinforced concrete slabs', *Cement and Concrete Composites*, (vol.19, pp.341-349).

Rashiddadash P., Ramezanianpour A.A. and Mahdikhani M., (2014), 'Experimental investigation on flexural toughness of hybrid fiber reinforced concrete (HFRC) containing metakaolin and pumice', *Construction and Building Materials*, (vol.51, pp.313–320).

Yap S.P., Alengaram U.J. and Jumaat M.Z., (2013), 'Enhancement of mechanical properties in polypropylene– and nylon–fibre reinforced oil palm shell concrete', *Materials and Design*, (vol.49, pp.1034-1041).

Wang H. and Belarbi A., (2013), 'Flexural durability of FRP bars embedded in fiber-reinforced-concrete', *Construction and Building Materials*, (vol.44, pp.541-550).

Cifuentes H., García F., Maeso O. and Medina F., (2013), 'Influence of the properties of polypropylene fibres on the fracture behaviour of low-, normal- and high-strength FRC', *Construction and Building Materials*, (vol.45, pp.130-137).

Tabatabaei S., Volz J.S., Keener D.I. and Gliha B.P., (2014), 'Comparative impact behavior of four long carbon fiber reinforced concretes', *Materials and Design*, (vol.55, pp.212–223).

 Copyright © International Science and Technology Conference (ISTEC)

Akkaş A., Alparslan L., Arabacı S. ve Başyiğit C., (2010), 'Polipropilen lif katkılı yarı hafif betonların basınç dayanımı özellikleri', *Süleyman Demirel University International Technologic Science,* (vol.2, pp.9-14).

Üte A.A., (2008), 'Uçucu kül ve polipropilen lif kullanımının silindirle sıkıştırılmış betonun özelliklerine etkisi', *Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi,* (221s).

Hsie M., Tua C. and Song P.S., (2008), 'Mechanical properties of polypropylene hybrid fiber-reinforced concrete', *Materials Science and Engineering*, (vol.494, pp.153-157).

Yap, C.H. Bu, U.J. Alengaram, Mo K.H. and Jumaat M.Z., (2014), 'Flexural toughness characteristics of steel–polypropylene hybrid fibre-reinforced oil palm shell concrete', *Materials and Design*, (vol.57, pp.662-659).

Kurt G., (2006), "Lif İçeriğini ve Su/Çimento Oranının Fibrobetonun Mekanik Davranışına Etkileri", *Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı*, İstanbul, Türkiye.

Noushini A., Samali B., and Vessalas K., (2013), 'Effect of polyvinyl alcohol (PVA) fibre on dynamic and material properties of fibre reinforced concrete', *Construction and Building Materials*, (vol.49, pp.374-383).

Özcan A., (2006), 'Endüstriyel atıklar ve polipropilen lif içeren saha betonlarının özelliklerinin araştırılması', *Yüksek Lisans Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi,* (83s).

Arslan M., Subaşı S., Durmuş G., Can Ö. ve Yıldız K., (2007), 'Beton yol kaplamalarında alternatif beton ve yapım yöntemi araştırmaları', *Gazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi*, (145s), Ankara, Türkiye.

 Copyright © International Science and Technology Conference (ISTEC)