



Süreksiz Fazlı Lifli Polimer Betonların Bazı Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi

Alper TOPSAKAL, Cengiz ÖZEL*¹

¹Süleyman Demirel Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İnşaat Mühendisliği, 32200, Isparta

(Alınış Tarihi: 20.03.2015, Kabul Tarihi: 11.06.2015)

Anahtar Kelimeler

Polyester,
Lif Türü,
Polimer Beton,
Faz Malzeme Oranı.

Özet: Bu çalışmada lif dolgu malzemesi oranının, polimer betonun özellikleri üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Polimer beton üretiminde faz malzeme olarak polipropilen, cam, karbon ve çelik lif çeşitleri kullanılmıştır. Polyester reçine ve beş farklı oranda (% 0-3-6-9-12 oranlarında) faz malzemesi olarak kullanılarak polimer beton üretimleri gerçekleştirilmiştir. Üretilen numuneler üzerinde reaksiyon sıcaklığı, ultrases geçiş hızı, schmidt çekici ile yüzey sertliği, eğilme ve basınç deneyleri uygulanmıştır. Eğilme mukavemetlerinin artırılması ve reaksiyon sıcaklıklarından oluşan çatlakların önlenmesi için liflerin polimer betonda kullanılması önerilmiştir. Polimer betonda genel olarak lif ve reçine türüne göre kullanım oranı değişiklik gösterse de en fazla % 6 olması gerektiği sonucuna varılmıştır.

Investigation of Some Physical and Mechanical Properties of Discontinuous Fiber Polymer Concrete

Keywords

Polyester,
Fiber Type,
Polymer Concrete,
Phase Material Ratio.

Abstract: In this study, the effect of the ratio of mineral fillers on the properties of polymer concrete was investigated. The polypropylene, glass, carbon and steel were used as the phase material on production of polymer concrete. The polymer concretes was prepared using polyester types of resin and the phase materials at the six different rations (0%-3%-6%-9%-12%). The reaction temperature test, Schmidt surface hardness, ultrasonic pulse velocity, flexural and compressive strength tests were performed on the prepared mixtures and samples. It has been proposed that the fibers should be used for increasing the bending strength and prevent of occurring cracks due to the reaction temperature in the polymer concrete. It is concluded that it should be up to 6% although utilization rate changes according to types of fiber and resin in the polymer concrete.

1. Giriş

Beton; çimento, beton agrega, su ve katkı maddelerinin belirli bir oranda homojen olarak karıştırılmasıyla elde edilen, başlangıçta plastik kıvamda olup zamanla çimentonun hidratasyonu sebebiyle katılaşıp, istenilen şekli alarak sertleşen kompozit bir yapı malzemesidir (Özel, 2007). Betonun kullanım amacına göre, betonda kullanılan malzemeler çeşitlenmektedir. Bu çeşitliliğin amacı betonun istenilen özelliklere göre fiziksel ve mekanik özelliklerinin kullanım amacına istendik şekilde değiştirilmesini sağlamaktır. Bu amaca yönelik yeni tasarımlarla üretilen betonlar "özel amaçlı betonlar" olarak adlandırılmaktadır (Şimşek, 2007). Özel amaçlı beton sınıfına giren polimer betonlar, yüksek

mukavemet özelliği gösteren, su geçirimsizliğine sahip, kimyasal etkilere dayanıklı betonlardır (Bağcı, 2010).

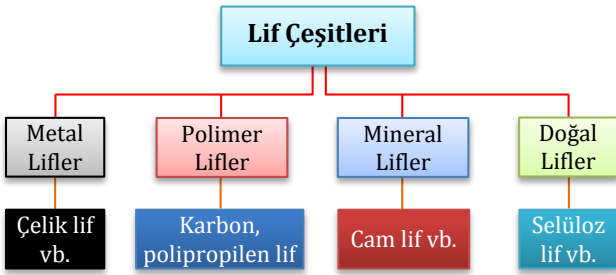
Betonun çeşitliliğini sağlayan durumlardan birisi de farklı matris malzeme ve faz malzemeler kullanılmasından kaynaklı farklılıklardır. Matris malzeme olarak; binalarda kullanılan betonlarda çimento, asfaltlarda bitüm, kimyasal geçirgenliğe karşı yüksek mukavemet göstermesi istenen yerlerde polimer reçine esaslı betonlar kullanılmaktadır (Czarnecki, vd., 2001; Mehdi, 2011). Polimer beton, faz malzeme ile monomer veya reçinenin karıştırılıp, daha sonra katalizör ve hızlandırıcı ilavesini takiben oda sıcaklığında polimerizasyon işleminin gerçekleşmesi sonucu sertleşmesi ile elde edilir (Czarnecki, 1985; Mehdi, 2011).

Yüksek mukavemetli betonlar üretmek için polimer reçine kullanımı ile ilgili farklı metodolojiler dünya ülkelerinin tümünde ilgi uyandırmaktadır. Betonda polimer reçine kullanımı üç farklı şekilde olmaktadır. Bunlar;

- ✓ Polimer katkı çimentodan oluşan betonlar,
- ✓ Matrisin polimer reçine olduğu betonlar,
- ✓ Polimer reçine emdirilmiş betonlardır (Czarnecki, 2007).

Polimer esaslı üretilen betonların performansı birden fazla etkene bağlıdır. Bunlar; polimerin türü, mineral tipi ve partikül boyutu, faz malzemenin matris malzeme ile karışım oranı, kür koşulu, kimyasal ortamların etkisi, reaksiyon sürecini sağlamak için kullanılan kimyasalların özellikleri vb. etkenlere bağlıdır. Bu nedenden dolayı, polimer beton dizaynı yapılmadan önce kullanılacağı yer ve karşılaşılabilecek sorunlar saptanmalı, karışım dizaynına karşılaşılabilecek sorunlar çerçevesinde yön verilmelidir (Feldman, 1989; Ateş, 1994).

Polimer betonda, kullanılan en önemli malzemelerden biriside liflerdir. Literatürde lif takviyeli polimer betonlar olarak ta adlandırılmaktadırlar. Lif, bir boyutu, diğer boyutuna göre çok büyük olan, doğal yollarla veya insan eliyle üretilebilen, dayanımları ve elastisite modülleri aynı malzemenin büyük hacimli formuna göre çok büyük olan yapı malzemeleri olarak tanımlanır (Ekincioglu, 2003). Liflerin ana fonksiyonu çatlakları azaltırken, aynı zamanda tokluğu artırmaktır (Yıldırım ve İkinci, 2006). Lifler üretildikleri malzemelerin farklı özelliklere sahip olmasından dolayı çeşitlilik açısından zengindir. Liflerin mineral kökenlerine göre sınıflandırılması Şekil 1’de şematize edilmiştir.



Şekil 1. Elde edildikleri malzemelere göre lif türleri (Şengül, 2005)

Bu çalışmada, farklı reçine türleri ve mineral kökenlerine göre çeşitli lifler kullanılarak, lif kullanım oranının polimer beton üzerindeki fiziksel ve mekanik özellikleri üzerindeki etkisi araştırılmıştır.

2. Materyal-Metot

Deneylerde polimer beton özelliklerine lif oranı ve çeşidinin etkisini belirlemek için Şekil 2’de gösterilen karbon “KF”, polipropilen “PPF”, cam “CF” ve çelik “ÇF” lifler kullanılmıştır.



Şekil 2. Çalışmada kullanılan lifler

➤ **Reçine;** polimer beton üretiminde reçine olarak, H.E.T. (folik) asit bazlı, tiksotropik, alev iletmeyen dolgu tipi polyester kullanılmıştır. Alev iletmeye karşı mukavemetli olduğundan dolayı; polimer beton, karavan, prefabrik konut ve büro mobilyası gibi her an alevlenme riski olan bütün alanlarda uygulanabilir. Kullanılan polyester reçinenin özellikleri Çizelge 1’de verilmiştir.

Çizelge 1. Alev iletmeyen dolgu tipi polyester reçine özellikleri (Poliya, 2012)

Renk	Açık Gri, Opak
Yoğunluk	1.353 gr/cm ³
Asit Değeri	11 mg KOH/gr
Viskozite1 Brookfield®	1450 cp
Jel Süresi	16'
Monomer Oranı	33%
Parlama Noktası	34 °C

Çizelge 2. Mekp ve kobaltın özellikleri (Poliya, 2012)

Özellik	Kobalt	Mekp
Yoğunluk 20 °C'de	0.92 gr/cm ³	1.17 gr/cm ³
Viskozite 20 °C'de	300 mPa.s	25 mPa.s
Görünüm	Mavi – menekşe renkli sıvı	Renssiz sıvı
Çözücü	stren, toluen, TXIB	DMP
Diğer Solventler	aromatik solventler	
pH	nötr	
Kobalt İçeriği	% 6 (isteğe göre % 1 - % 10)	
SADT Sıcaklığı	> 150 °C	≈ 60 °C
Alevlenme Noktası	62 °C	
Aktif Oksijen İçeriği		%9.8 - %10
Peroksit İçeriği		%34 - %36

➤ **Kobalt;** reçinelerin oda sıcaklığında kürlenmesi için % 1-10 oranında organik peroksitler ile karıştırılarak kullanılması gerekir. Kullanılan reçine türüne ve üretim tekniğine göre farklı konsantrasyonlarda tercih edilebilir. Kobaltın özellikleri Çizelge 2’de verilmiştir.

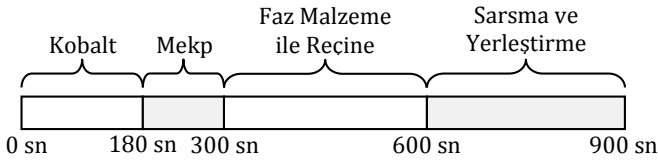
➤ **Mekp**; metil, etil, keton ve peroksit karışımı içeren bir üründür. Mekp reçinelerin sertleştirilmesi için kobalt hızlandırıcısı varlığında, oda sıcaklığında ve yüksek sıcaklıklarda uygulanabilmektedir. Mekp'in özellikleri Çizelge 2'de verilmiştir.

Numunelerin yüzeylerinin düzgün olması ve kalıp yüzeyinden kolaylıkla ayrılması için kalıp ayırıcı kullanılmıştır. Kalıp ayırıcının özellikleri, Çizelge 3'de verilmiştir.

Çizelge 3. Kalıp ayırıcı özellikleri (Poliya, 2012)

Test	Değer
Baz kalıp ayırıcılar	Doğal, sentetik ve mineral kalıp ayırıcıların karışımı
Solventler	Alifatik hidrokarbonlar
Görünüm	Pasta
Renk	Açık sarı, krem
Akışkanlık	45 °C'de sıvılaşır
Parlama noktası	37 °C

Karışım metodu, Şekil 3'de gösterilmiş olup karışım aşamaları her seri için standart olarak uygulanmıştır. 180 sn kobalt matris malzeme karışımı yapılmaya başlanmış olup, daha sonra sırasıyla, karışıma 120 sn içerisinde Mekp ilave edildikten sonra, 300 sn faz malzeme ilave edilerek karışıma devam edilmiştir. Karışım toplam 600 sn'de tamamlandıktan sonra, polimer beton serileri 300 sn boyunca sarsma tablasında kalıba yerleşmesi için sarsılarak, numune üretimi ve kalıplanması 900 sn'de tamamlanmıştır. Serleşme sürecinden sonra numuneler üzerinde yapılan deneyler ve takip edilen standartlar Çizelge 4'de verilmiştir.



Şekil 3. Numune karışım metodu

Çizelge 4. Çalışmada uygulanan deney yöntemleri ve takip edilen standartlar

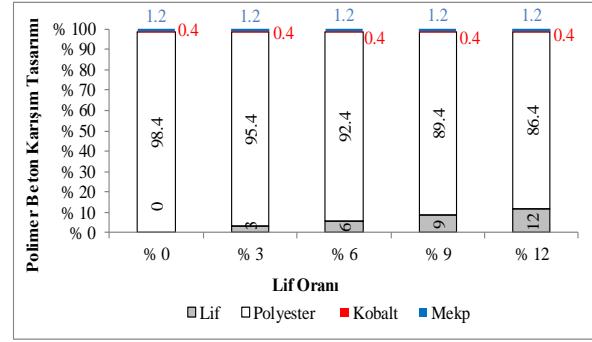
Deney yöntemi	Deney standartları
Reaksiyon sıcaklığı ölçümü	---
Ultrases geçiş hızı tayini	ASTM C 597 (1997)
Schmidt yüzey sertliği deneyi	TS EN 13791 (2010)
Eğilme dayanımı deneyi	TSE 12390-5 (2010)
Basınç dayanımı deneyi	TSE 12390-3 (2010)

3. Araştırma Bulguları

3.1. Polimer Beton Karışım Tasarımı

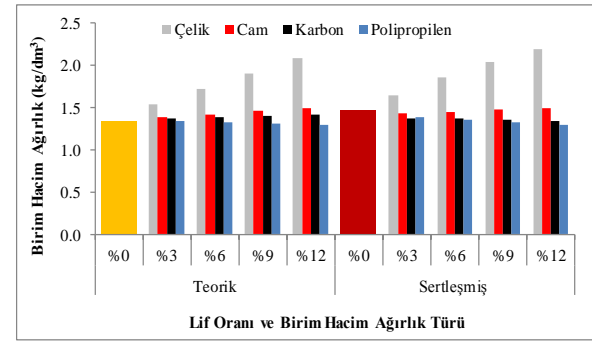
Lif kullanım oranının etkisinin belirlenmesi için % 0 - % 3 - % 6 - % 9 ve % 12 hacim oranlarında fiber, reçineli karışımlara sırasıyla ikame edilmiştir.

Hazırlanan polyester reçineli polimer beton karışım tasarımları Şekil 4'de verilmiştir.



Şekil 4. Polimer beton karışım tasarımı

Üretilen numunelerin sertleşmiş birim hacim değerleri Şekil 5'de verilmiştir. Liflerin özgül ağırlık değeri reçine türlerinin, özgül ağırlık değerinden daha yüksek olduğundan dolayı lif ikame oranı arttıkça Birim Hacim Ağırlık "BHA" değerleri artmıştır.

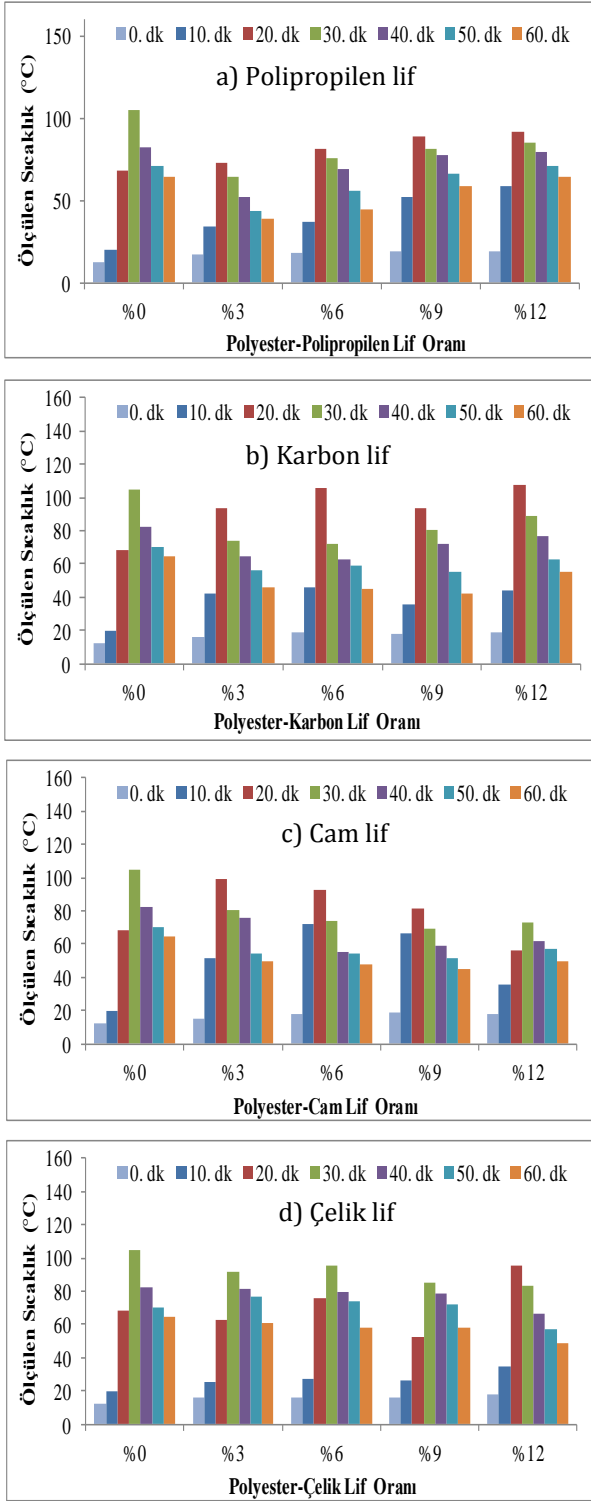


Şekil 5. Polimer betonların BHA değerleri

3.2. Polimer Beton Sıcaklık Analizleri

Hazırlanan karışımların kalıba yerleştirildiği an başlangıç (0. dk.) olmak üzere bir saat boyunca her 10 dk.'da bir sıcaklık ölçümleri alınmıştır. Şekil 6'da görüldüğü gibi en yüksek rekasyon sıcaklığı 30. dk'da ve lifsiz tüm seride (104.90 °C) elde edilmiştir. Lifli serilerde ise en yüksek sıcaklıklar polipropilen, karbon ve çelik lifli seride genel olarak 20. dk'da, çelik lifli serilerde ise 30. dk'da elde edilmiştir.

Polipropilen ve karbon lifli serilerde lif oranının artışıyla azda olsa reaksiyon sıcaklıkları artarken cam ve çelik lifli serilerde azalma elde edilmiştir. Polipropilen ve karbon lifli serilerde en yüksek sıcaklık %12 polipropilen lif içeren karışımdan (sırasıyla 91.30 °C ve 107.50 °C), cam lifli seride %3 cam lif içeren karışımdan (98.90°C), çelik lifli seride ise % 6 çelik lif içeren karışımdan (95.30 °C) elde edilmiştir.

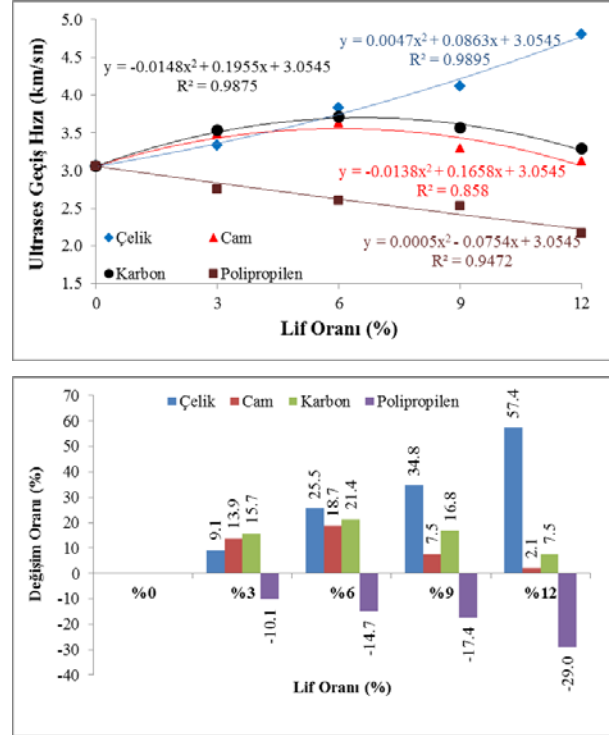


Şekil 6. Lif oranına bağlı reaksiyon sıcaklıkları değişimleri

3.3. Polimer Beton Ultrases Geçiş Hızı Analizleri

Polipropilen lifli seriler için ultrases geçiş hızı değerlerinin değişimi Şekil 7'de görüldüğü gibi, polipropilen lif oranına bağlı olarak azalmaktayken (%29.0) çelik lifli serilerde lif ikame oranına bağlı olarak (%57.4) artmaktadır. Karbon ve cam lifli serilerde ise benzer davranış elde edilmiş, ultrases geçiş hızı değerinin % 6 lif ikamesine kadar arttığı daha sonra ise ultrases geçiş hızı değerinin düşüş

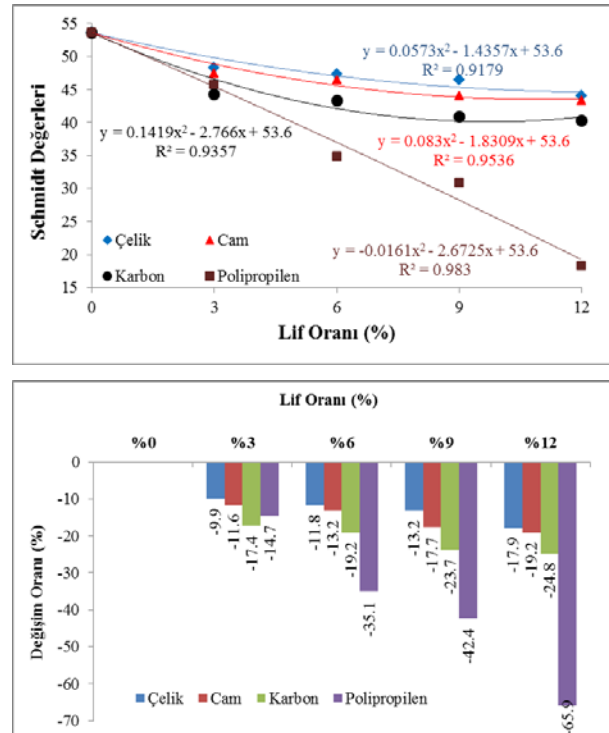
eğiliminde olduğu tespit edilmiştir. Karbon lifli serilerin ultrases geçiş hızı değerleri cam lifli serilere göre azda olsa yüksektir.



Şekil 7. Lif oranı ve çeşidine bağlı ultrases geçiş hızı değişimi

3.4. Polimer Beton Schmidt Yüzey Sertliği Analizleri

Üretilen tüm numunelerde schmidt yüzey sertliği değerleri lif oranına bağlı olarak azalmaktadır (Şekil 8).

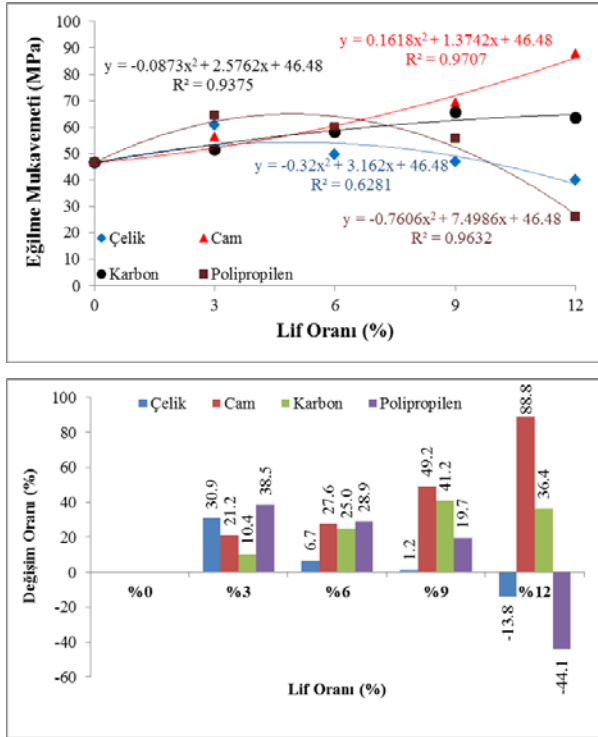


Şekil 8. Lif oranı ve çeşidine bağlı schmidt yüzey sertliği değişimi

En düşük schmidt yüzey sertliği değerleri polipropilenli serilerden (% 65.9) elde edilmişken, lifli seriler arasında en yüksek schmidt değerleri çelik lif içeren serilerden elde edilmiştir.

3.5. Polimer Beton Eğilme Dayanımı Analizleri

Lifli polimer betonların eğilme mukavemetleri cam lif içeren serilerde lif oranına bağlı olarak sürekli artarken (Şekil 9) polipropilen ve çelik lifli serilerde % 3 lif oranında artış, bu lif oranından sonra azalma elde edilmiştir. Karbon lifli serilerde de %9 lif oranına kadar eğilme mukavemetinde artış elde edilmişken bu değer üzerinde az da olsa azalma elde edilmiştir.

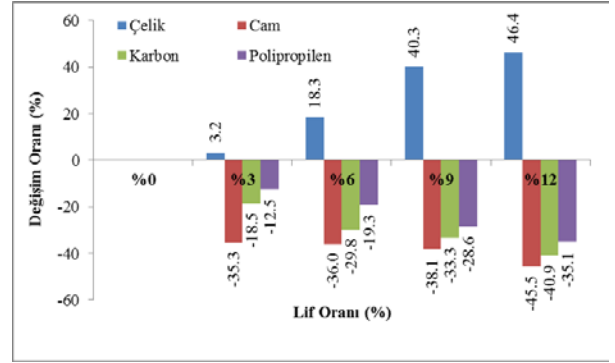
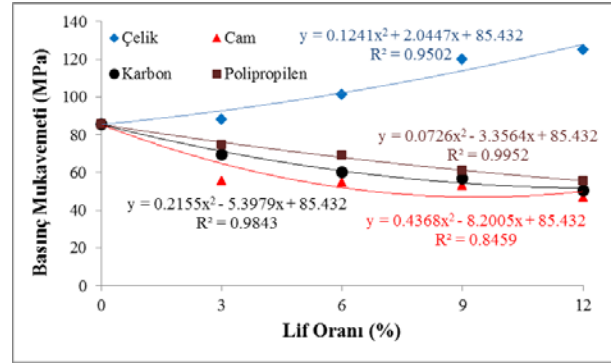


Şekil 9. Reçine türü ve polipropilen lif oranına bağlı eğilme dayanımı değişimi

3.6. Polimer Beton Basınç Dayanımı Analizleri

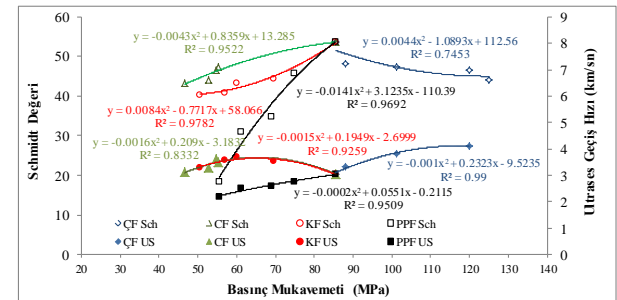
Lif oranı ve çeşidine göre basınç mukavemeti değişimi Şekil 10'da verilmiştir.

Çelik lif içeren seride lif oranına bağlı olarak basınç mukavemeti değerleri artarken (% 46.4 oranında), diğer serilerde azalma elde edilmiştir. Bu üç seride benzer davranış elde edilmiş olmasına rağmen en düşük basınç mukavemeti değerleri eğilme mukavemetinin aksine cam lif içeren seriden (% 45.5 azalma değişim oranıyla) elde edilmiştir.



Şekil 10. Lif oranına bağlı basınç dayanımı değişimi ve değişim oranı

Basınç dayanımı ile schmidt yüzey sertliği ve ultrases geçiş hızı sertliği değerleri arasındaki ilişkiler Şekil 11'de verilmiştir. Basınç dayanımı ile schmidt yüzey sertliği değerleri incelendiğinde en düşük çelik lif ikameli numunelerde, en yüksek belirleyicilik katsayısı ise cam lif ikameli numunelerde ($R^2=0.7453$ - $R^2=0.9782$) elde edilmiştir. Basınç dayanımı ile schmidt yüzey sertliği belirleyicilik katsayıları arasında $\text{ÇF} < \text{CF} < \text{KF} < \text{PPF}$ sıralama yapılabilir.



Şekil 11. Lifli seriler arasında basınç dayanımına bağlı schmidt yüzey sertliği ve ultrases geçiş hızı ilişkileri

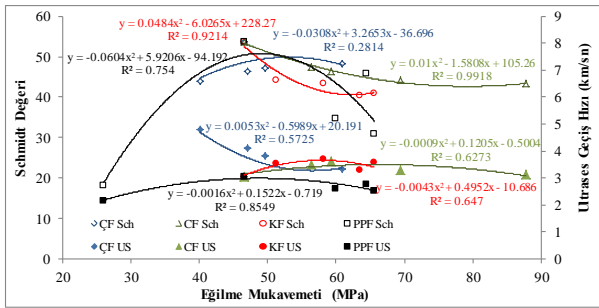
Basınç dayanımına bağlı ultrases geçiş hızı değerleri incelendiğinde en düşük belirleyicilik katsayısı çelik lif ikameli numunelerde, en yüksek belirleyicilik katsayısı ise polipropilen lif ikameli numunelerde ($R^2=0.5875$ - $R^2=0.9509$) elde edilmiştir. Basınç dayanımı ile ultrases geçiş hızı belirleyicilik katsayıları arasında $\text{ÇF} < \text{CF} < \text{KF} < \text{PPF}$ sıralama yapılabilir.

Basınç dayanımı ile schmidt yüzey sertliği ve ultrases geçiş hızı belirleyicilik katsayıları incelendiğinde, schmidt yüzey sertliği değerlerinde ve ultrases geçiş hızı değerlerinde en düşük belirleyicilik katsayıları çelik lifli numunelerden elde edilmiştir.

Polyester reçineli lifli seriler için eğilme dayanımına bağlı schmidt yüzey sertliği ve ultrases geçiş hızı sertliği değerleri arasındaki ilişkiler Şekil 12'de verilmiştir. Eğilme dayanımına bağlı schmidt yüzey sertliği değerleri incelendiğinde en düşük belirleyicilik katsayısı çelik lif ikameli numunelerde, en yüksek belirleyicilik katsayısı ise cam lif ikameli numunelerde ($R^2=0.2814-R^2=0.9918$) elde edilmiştir. Eğilme dayanımı ile schmidt yüzey sertliği belirleyicilik katsayıları arasında $\text{CF} < \text{PPF} < \text{KF} < \text{CF}$ ilişkisi vardır.

Eğilme dayanımına bağlı ultrases geçiş hızı değerleri incelendiğinde en düşük belirleyicilik katsayısı polipropilen lif ikameli numunelerde, en yüksek belirleyicilik katsayısı ise çelik lif ikameli numunelerde ($R^2=0.5687-R^2=0.8892$) elde edilmiştir.

Eğilme dayanımına bağlı olarak, schmidt yüzey sertliği ve ultrases geçiş hızı belirleyicilik katsayıları incelendiğinde, schmidt yüzey sertliği değerlerinde en düşük ilişkiler çelik lifli numunelerden elde edilirken, ultrases geçiş hızı değerlerinde en yüksek ilişkiler çelik lifli numunelerden elde edilmiştir. Eğilme dayanımı ile ultrases geçiş hızı belirleyicilik katsayıları arasında $\text{PPF} < \text{CF} < \text{KF} < \text{CF}$ ilişkisi vardır.



Şekil 12. Lifli seriler arasında eğilme dayanımına bağlı schmidt yüzey sertliği ve ultrases geçiş hızı ilişkileri

4. Tartışma ve Sonuç

Bu çalışmada polipropilen, karbon, cam ve çelik lif türleri kullanılmış olup lif tipi ve kullanım oranının polimer beton özellikleri üzerindeki etkisinin belirlenmesi amacıyla % 0-3-6-9-12 oranlarında lif ikame beton serileri üretilmiştir. Üretilen polimer beton serilerine reaksiyon sıcaklığı testi, ultrases geçiş hızı, schmidt yüzey sertliği, eğilme ve basınç dayanımı deneyleri yapılmıştır. Bu deneylere göre;

➤ Polipropilen lif hariç liflerin özgül ağırlık değeri reçine türlerinin, özgül ağırlık değerinden daha yüksek olduğundan dolayı lif ikame oranı arttıkça BHA değerleri artmıştır.

➤ Reaksiyon sıcaklıkları incelendiğinde kullanılan lif türlerinin ikame oranı arttıkça reaksiyon sıcaklığı artmaktadır. En yüksek reaksiyon sıcaklığına (yaklaşık 100 °C) 20-30 dakika arasında ulaşılmaktadır.

➤ En düşük ultrases geçiş hızı % 12 polipropilen lif ikamesinde 2.17 km/sn, en yüksek ultrases geçiş hızı değeri ise % 12 çelik lif ikamesinde 4.81 km/sn olarak tespit edilmiştir. Polipropilen lif li serilerde fiber oranı ile azalmasına karşılık çelik lifli seride artmaktadır. Diğer seriler için %6 oranı kritik noktayı oluşturmaktadır.

➤ Bütün lifli tiplerinde schmidt yüzey sertliği değerleri lif oranına bağlı olarak azalmaktadır En düşük schmidt yüzey sertliği polyester reçine türünde % 12 polipropilen lif ikamesinde 18.3, en yüksek schmidt yüzey sertliği değeri ise lif içermeyen seriden 51.3 olarak tespit edilmiştir.

➤ Eğilme mukavemeti lif tipi ve oranına göre değişkenlik göstermektedir. Lifli serilerde en düşük eğilme dayanımı değeri polyester reçine türüne % 12 polipropilen lif ikamesinde 26.0 MPa ve en yüksek eğilme dayanımı değeri % 12 cam lif ikameli numunelerde 87.8 MPa olarak tespit edilmiştir.

➤ Basınç mukavemeti değeri de eğilme mukavemetine benzer olarak lif tipi ve oranına göre değişkenlik göstermektedir. Çelik lifli polimer betonda lif oranı ile basınç mukavemeti değerleri artarken diğer tüm serilerde azalmıştır. Eğilme mukavemetinin aksine (en yüksek eğilme mukavemeti cam lif içeren seridedir) en düşük basınç dayanımı değeri % 12 cam lif ikame oranında 46.6 MPa ve en yüksek basınç dayanımı % 12 çelik lif ikame oranında 125.0 MPa olarak tespit edilmiştir.

➤ Çalışma sonunda polimer betonda lif kullanımı ile eğilme ve basınç mukavemetlerinin artırılacağı, reaksiyon sıcaklıkları ve sıcaklıklar kaynaklı çatlamların önlenileceği sonucuna varılmıştır. Bununla birlikte bu özellikler için tek bir lif tipi bulunmamaktadır. Lif kullanım oranı lif türü ve incelenen özelliklere göre kullanım oranı değişiklik gösterse de en uygun kullanım oranı % 6 olarak önerilmektedir.

5. Teşekkür

Bu çalışma 3346-YL1-12 numaralı proje ile Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi Başkanlığı tarafından desteklenmiştir.

6. Kaynaklar

ASTM C 597, 1997. Standart Test Method for Pulse Velocity Through Concrete. Annual Book of ASTM Standards, s4, USA.

Ateş, E., 1994. Epoksi Polimer Betonun Makine Malzemesi Olarak Kullanılabilirliğinin Araştırılması. Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 195s, Balıkesir.

Bağcı, M., 2010. Cam Elyaf Takviyeli Kompozit Malzemelerin Erozyon Aşınma Davranışının İncelenmesi. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 178s. Konya.

Czarnecki, L., 1985. The Status of Polymer Concrete. Concrete International Design and Construction, 7 (7), 47-53.

Czarnecki, L., Garbacz, A., Kurach, J., 2001. On the Characterization of Polymer Concrete Fracture Surface. Cement and Concrete, 23, 399-409.

Czarnecki, L., 2007. Concrete-Polymer Composites: Trends Shaping the Future. International Society Materials Engineering Resource, 15 (1), 1-5.

Erdoğan, T.Y., 2003. Beton. ODTÜ Geliştirme Vakfı Yayıncılık ve İletişim A.Ş. Yayını, 741s. Ankara.

Feldman, D., 1989. Polimeric Building Materials. Elsevier Science Publishers, 575p, London/New York.
Mehdi, A., 2011. Structural Reinforcement of Building Materials Using Polymer Concrete. American Journal of Scientific Research, 23, 135-143.

Özel, C., 2007. Katkılı Betonların Reolojik Özelliklerinin Taze Beton Deney Yöntemlerine Göre Belirlenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora tezi, 249s. Isparta.

Poliya, 2012. Poliya Teknik Bülten. Erişim Tarihi: 03.09.2012. http://www.poliya.com.tr/destek/online_dokumanlar/

Şengül, C., 2005. Kendiliğinden Yerleşen Çelik Lif Donatılı Betonların Mekanik Davranışına su/ince Malzeme Oranı ile Lif Dayanımının Etkisi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 80s, İstanbul.

Şimşek, O., 2007. Yapı Malzemeleri II. Seçkin Yayınevi, 210s, Ankara.

TS EN 13791, 2010. Basınç Dayanımın Yapılar ve Öndökümlü Beton Bileşenlerinde Yerinde Tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

TS EN 12390-5, 2010. Beton- Sertleşmiş Beton Deneyleri- Bölüm 5: Deney numunelerinin eğilme dayanımının tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

TS EN 12390-3, 2010. Beton-Sertleşmiş Beton Deneyleri-Bölüm 3: Deney Numunelerinin Basınç Dayanımını Tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara

Yıldırım, S.T., Ekinci, C.E., 2006. Çelik, Cam ve Polipropilen Lifli Betonlarda Donma-Çözünme Etkilerinin Araştırılması. Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 18 (3), 359-366.