

RENKLENDİRİCİ KATKILARIN POLİMER BETONUN MEKANİK ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ

Cengiz ÖZEL*, Bircan ÜNAL

Geliş Tarihi/ Received: 07.11.2017, Kabul tarihi/Accepted: 27.12.2017

Özet

Kendilerine özgü yapıları ile pek çok alanda kullanılan polimerler günümüzde gerek inşaat gerekse diğer sektörlerde yaygın olarak yer almaktadır. Son yıllarda önem kazanan polimer betonu dünyada da geniş bir kullanım sahası bulmuştur. Özellikle hasara uğrayan yapıların onarım ve güçlendirilmesinde tamir malzemesi olarak sıkça kullanılmaktadır. Polimer beton güçlendirme ve onarım yanı sıra renklendirici katkı olan pigment kullanılarak mimari yapı elemanı olarak da kullanılabilir. Renkli betonların yapıda taşıyıcı elemanlarda kullanılması halinde işlenebilme, dayanım ve dayanıklılık özellikleri daha fazla önem kazanmaktadır.

Bu çalışmada polimer betonlarda faz malzemesi olarak kullanılan pigment pasta polimer ve kumun beton özelliklerinde etkisinin daha iyi anlaşılmasını sağlamak ve araştırmak amaçlanmıştır. Temel olarak faz malzeme tipi ve miktarının fiziksel ve mekanik özellikler üzerinde etkisinin deneysel olarak belirlenmesi amaçlanmıştır. Polimer beton örnekleri üç farklı faz oranında ve iki farklı reçine tipi kullanılarak üretilmiştir. Pigment pasta kullanılarak üretilen örnekler, CEN kumu ve faz malzemesiz olarak üretilen polimer betonlardan daha düşük birim ağırlık ve mekanik özellikler göstermiştir. Standart CEN kumlu polimer betonda ise, faz malzeme miktarı ile birim hacim kütle ve basınç mukavemetinde artış, eğilme mukavemeti değerinde azalma elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Polimer beton, pigment pasta, mekanik özellikler

EFFECT OF COLORANTS ADDITIVES ON MECHANICAL PROPERTIES OF POLYMER CONCRETE

Abstract

Polymers, used in many fields with their own special structure, are taken place widespread in construction as well as in other sectors today. Polymer concrete, gained importance in recent years, has also found a wide usage area in the world. It is frequently used especially in the damaged buildings to strength and to repair as a fixing material. Polymer concrete can be used as reinforcing and repairing as well as architectural building element using coloring additives pigment. If colored concrete is used in the construction elements in the building, its workability, strength and durability properties gain more importance.

This study aims at achieving a better understanding of pigment paste and sand (standard CEN sand "SCS") used as phase material polymer concrete and exploring its potential properties. The main objective is to assess the impact of parameters such as amount and type of phase material on mechanical and physical properties as experimental. The polymer concrete samples were produced using three different phase ratios and two different resin types. The samples produced using the pigment paste showed lower unit weight and mechanical properties than the polymer concrete produced without SCS and phase material. At the polymer concretes with SCS, it is obtained that the amount of phase material was increased at unit weight and compressive strength, while the bending strength values were reduced.

Key Words: Polymer concretes, pigment paste, mechanical properties

* Süleyman Demirel Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü Isparta
E-posta: cengizozel@sdu.edu.tr

1. Giriş

Plastik endüstrisi özellikle son yirmi yıl içinde büyük bir hızla gelişmiş ve olgunluğa erişmiştir. Plastik artık insan hayatının vazgeçilemez bir parçası haline gelmiş, otomotiv, havacılık, yapı, elektrik-elektronik sanayileri basta olmak üzere hemen hemen tüm sanayi dallarında çelik ve diğer metal malzemelerin yerini alır olmuştur (Akyüz, 2002).

Mühendislik malzemelerin sınıflandırılması farklı şekillerde yapılmasına karşılık, temel olarak doğada bulunma şekli olan 3 grup ile (polimerik, metalik ve seramik) bunlardan geliştirilen kompozitler olmak üzere 4 farklı grup altında mühendislik çalışmaları için sınıflandırılır. Kompozit malzemelerde, farklı matrisler kullanılmasına rağmen günümüzde üretilen kompozitlerin yaklaşık % 90'ı polimer matrisli malzemelerden oluşmaktadır (Bayrak, 2012).

Polimer malzemeler yüksek molekül ağırlıklı, uzun, zincirimsi bir yapı gösteren polimer moleküllerinden oluşur. Örneğin, bir polietilen zincir molekülü içinde, birbirine kuvvetli bağlarla bağlı binlerce küçük molekül bireyleri bulunur. Birbirine kuvvetle bu küçük molekül bireylerinden binlercesi polimer zincirini oluşturur (Savaşçı vd., 2002)

Kendilerine özgü yapıları ile pek çok alanda kullanılan polimerler, günümüzde gerek inşaat gerekse diğer sektörlerde yaygın olarak yer almaktadırlar. İnşaat mühendisliğinde polimerler, ana taşıyıcı malzemesi olarak kullanıldıkları gibi mevcut malzemelerin iyileştirilmesinde veya dayanımlarının artırılmasında da faaliyet göstermektedirler (Özden, 2010).

Polimerik malzemelerin bu kadar yaygın olmalarının sebepleri çok yönlü kullanıma yatkın, hafif, güvenli, dayanıklı ve düşük maliyetli olmalarıdır. Her alanda kullanılabilirler. Plastik malzemeler her türlü şekilde kolaylıkla üretilebildikleri için tasarımında sınır yoktur ve bu sebeple binlerce farklı uygulamada kullanılabilirler. İstenilen mekanik uygulamaya göre, sert ya da esnek yapılabildikleri gibi, katı ve gözenekli yapıda da kolayca üretilebilirler (Ateş, 1994).

Polimer içeren betonlar üç grupta sınıflandırılabilir. Bunlar; Polimer Beton (PC= Polymer concrete), Lateks Modifiye Beton (LMC= Latex modified concrete) ve Polimer Emdirilmiş Beton (PIC= Polymer impregnate concrete). Lateks modifiye betonlara (LMC) aynı zamanda Polimer Portland Beton (PPCC=Polymer portland cement concrete) da denilmektedir (Bideci, 2011).

Polimer emdirilmiş beton (PIC); sertleştirilmiş çimento betonunu monomer emdirilmesi ve bunu takip eden polimerizasyon işlemi ile üretilir (Akman 1987; Ateş 1994).

Polimer ile modifiye edilmiş betonlar (LMC, PCC veya PPCC); genellikle sertleşmemiş taze çimento betonu harcına, polimer madde ilave edilmesi ve bu polimer maddenin de betonun prizi sırasında polimerleşmesiyle elde edilir. Diğer bir yöntem ise, çimento harcına monomer ilave edilmesidir (Akman 1987; Ateş 1994).

Polimer beton (PC), faz malzeme ile bağlayıcı olarak sadece polimerlerin kullanıldığı (monomer veya reçinenin karıştırılıp), daha sonra katalizör ve hızlandırıcı ilavesini takiben oda sıcaklığında polimerizasyon işleminin gerçekleşmesi sonucu, sertleşmesi ile elde edilir. Polimer beton, sentetik reçine olarak da adlandırılmaktadır (Topsakal, 2013)

Polimer betonların da su ve çimento yerine bağlayıcı olarak reçine ve işlenebilirlik sağlaması amacıyla kalsit, silis dumanı ve uçucu kül gibi mineral katkıları kullanılır. Polimer harç ve betonlarında bağlayıcı olarak polimer miktarı normalde ağırlığının % 9- % 25'i kadardır. Genellikle kuvvetli karıştırıcılar ile üretilen polimer betonları benzer yöntemlerle kalıplara konup şekillendirilir (Akkurt, 1991).

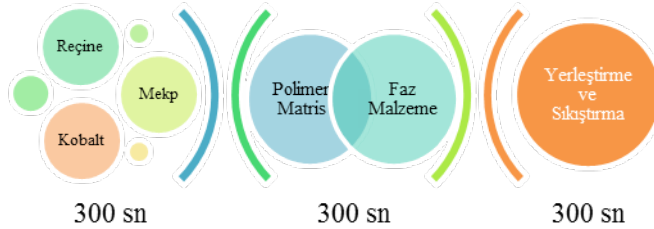
Pigmentler, küçük partikül büyüklüğüne sahip, organik veya inorganik yapıda olan kimyasallardır. Pigmentler boyaya; renk, örtme, koruyuculuk (antikorozyon) ve dayanıklılık (örneğin korozyona, alkalilere vb.) gibi özellikler verirler. Pigmentler, kimyasal tertip, fiziksel şekil ve optik özellikler bakımından büyük değişiklikler gösterirler (Megep, 2008).

Pigment pastalar özel olarak formüle edilmiş stirensiz polyester reçine ve yüksek kalite pigment tozları ile üretilir. Ana maddenin polyester olması nedeniyle, pigment pasta jelkotlar, epoksi ve polyester reçineleri ile mükemmel bir uyum gösterir. Bu gruptaki renkler; jelkot, döküm polyesteri ve mobilya cila polyesterlerini renklendirmek için kullanılır. İyi bir renklendirme gerçekleştirmek için, polyester pigment pastaların konsantrasyonu, polyester reçineleri için %1'den, jelkotlar için %5'den az olmamalıdır. %20'den fazla pigment konsantrasyonunu, reçinelerin ve jelkotların son performansını etkileyeceği için tavsiye edilmez (Erco, 2014).

Bu çalışmada, iki farklı reçine türünde renklendirici katkı olarak pigment pasta kullanılabilirliği, pigment pastanın polimer beton (PC) üzerindeki fiziksel ve mekanik özellikleri üzerindeki etkisi deneysel olarak araştırılmıştır.

2. Materyal ve Metot

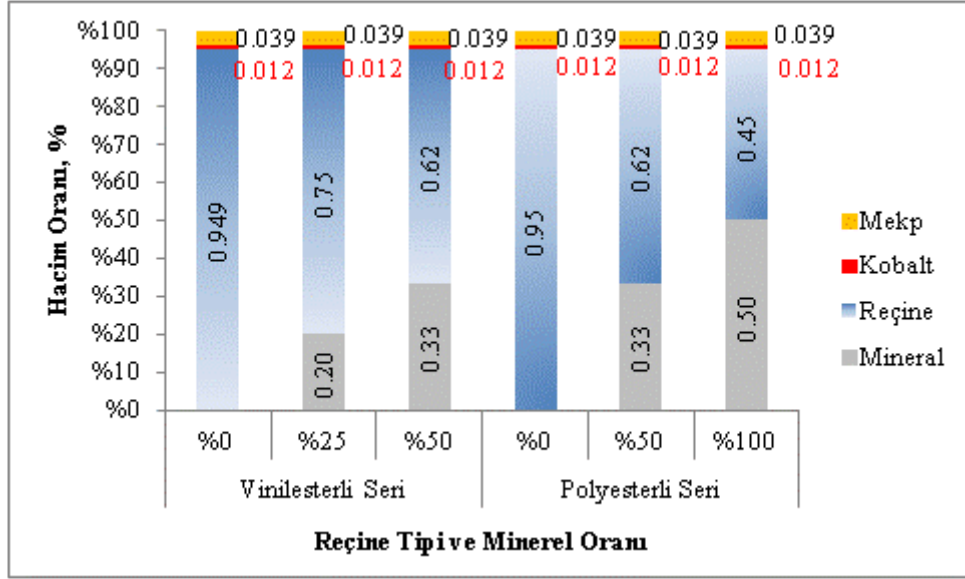
Deneyler için üretilen polimer beton örneklerinde matris (bağlayıcı) malzeme olarak iki farklı reçine türü Polyester (folik asit bazlı, tiksotropik dolgu tipi) ve Vinilester (Bisfenol A Epoksi) reçine kullanılmıştır. Yine polimerin reaksiyonu tamamlaması için sertleştirici olarak MEKP (metil, etil, keton ve peroksit) ve hızlandırıcı olarak organik peroksit (Kobalt) kullanılmıştır. Reçine, Kobalt ve Mekep kullanım oranları Şekil 1'de verilen karışım sürecine uygun olacak şekilde belirlenmiştir.



Şekil 1. Karıştırma süreci ve metodu

Bu çalışmada, reçine olarak polyester ve vinilester, matris malzeme (mineral) olarak ise TS EN 196-1 (2009) standardına uygun standart CEN kumu ile pigment pasta (kırmızı, siyah, beyaz) (Çizelge.1) kullanılmıştır. Farklı bağlayıcı ve faz malzemelerle numuneler üretilerek faz malzemelerin optimum kullanım oranı belirlenmiştir. Belirlenen faz malzemeler ve

optimum pigment kullanım oranları ile üretilen numuneler (%5, %10, %15) üzerinde, fiziksel, mekanik özellikleri arasındaki ilişkileri araştırılmıştır.

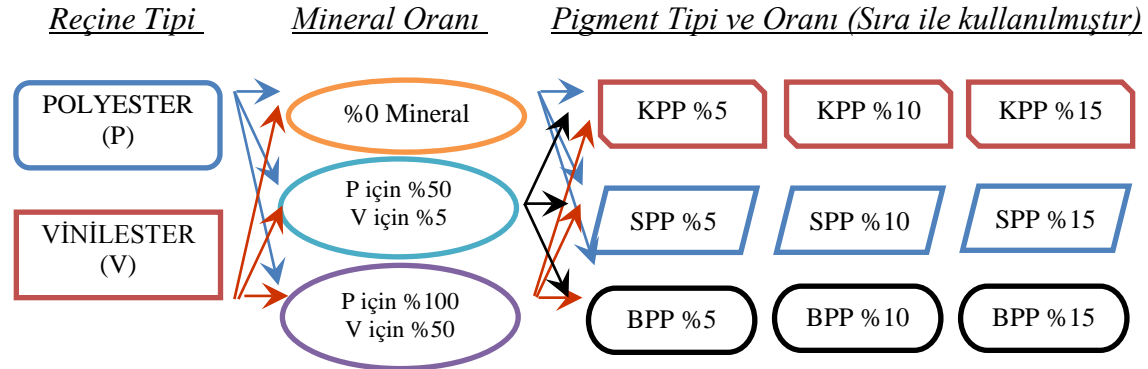


Şekil 2. Polimer beton bileşenlerinin hacim oranları

Çizelge.1 Pigment pasta özellikleri (Poliya, 2015)

	Kırmızı (KPP)	Beyaz (BPP)	Siyah (SPP)
Yoğunluk	1.5 g/cm ³	0.1 g/cm ³	1.9 g/cm ³
Isı direnci	120°C	200°C	250°C
Görünüm	SIVI	SIVI	SIVI

Deneylerde kullanılan malzeme ve takip edilen metodoloji Şekil 3’de verilmiştir. Üretilen numuneler üzerinde birim hacim kütle (TS EN 1015, 2001), ultrases geçiş hızı (ASTM C 597, 1997), eğilme (TS EN 12390-5, 2010) ve basınç mukavemeti (TS EN 12390-3, 2010), akma ve çekme mukavemeti için Japon İnşaat Mühendisleri Birliği (JSCE) tarafından örnek geometrisi kullanılarak (Özkan, 2017) analizler yapılmıştır.

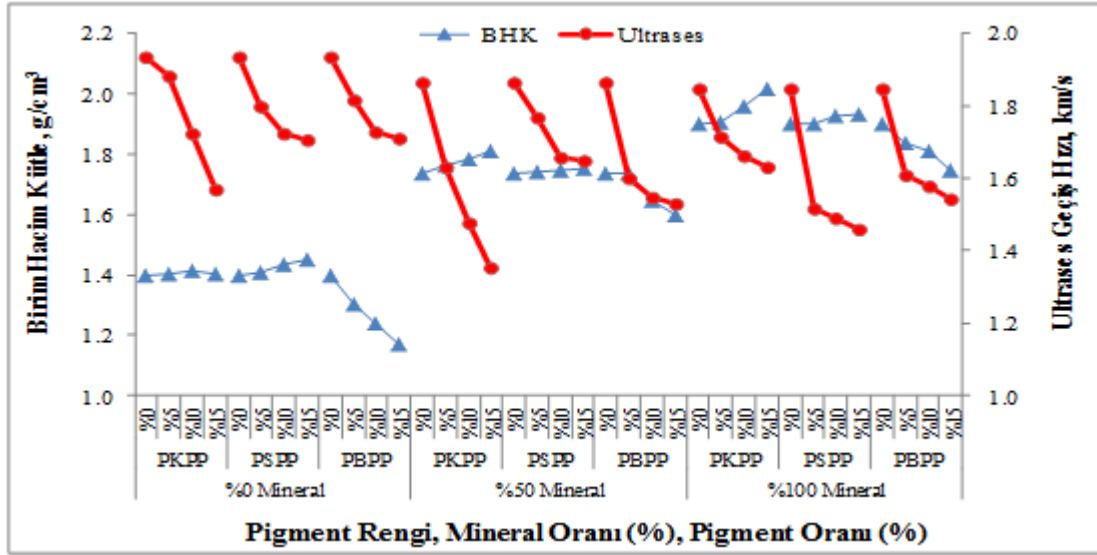


Şekil 3. Deneylerde kullanılan malzemeler ve oranları

3. Araştırma Bulguları

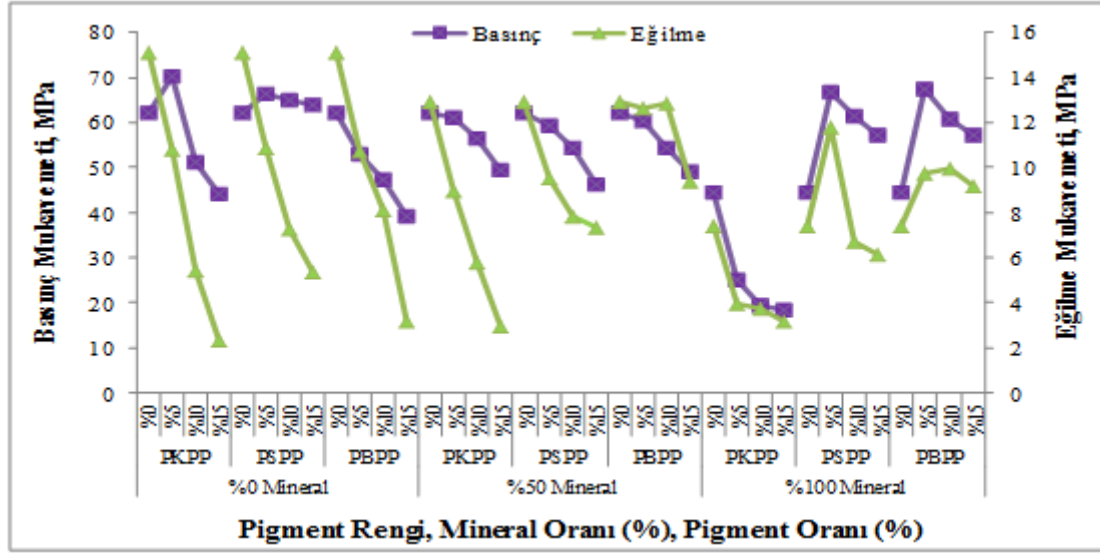
Üretilen polyester reçineli polimer betonlara ait sertleşmiş özellikleri Şekil 4 ve 5’de verilmiştir. Deneysel çalışmalar sonucunda elde edilen bilgilere göre;

- Üretilen polimer betonların sertleşmiş Birim Hacim Kütle (BHK) değerlerinde (Şekil 4) pigment oranına bağlı olarak artış elde edilmişken (%0.5-6.1), beyaz renkli pigment serisinde yoğunluğun düşük olması nedeniyle BHK değerlerinde azalma elde edilmiştir (%0.1-16.0).
- Şekil 4’te verilen pigment pasta katkılı polimer betonların ultrases geçiş hızı değerlerinde ise pigment oranı arttıkça azalma elde edilmiştir (%2.6-27.4). Mineral oranı artışı ile de ultrases değerlerinde azalma (%3.6-4.6) elde edilmiştir (Kırmızı pigmentli serilerde, %2.6-27.4; siyah pigmentli serilerde %5.4-20.8; beyaz pigmentli serilerde %6.2-18.1).



Şekil 4. Polyester reçineli polimer betonda pigmentin birim hacim kütle ve ultrases geçiş hızına etkisi

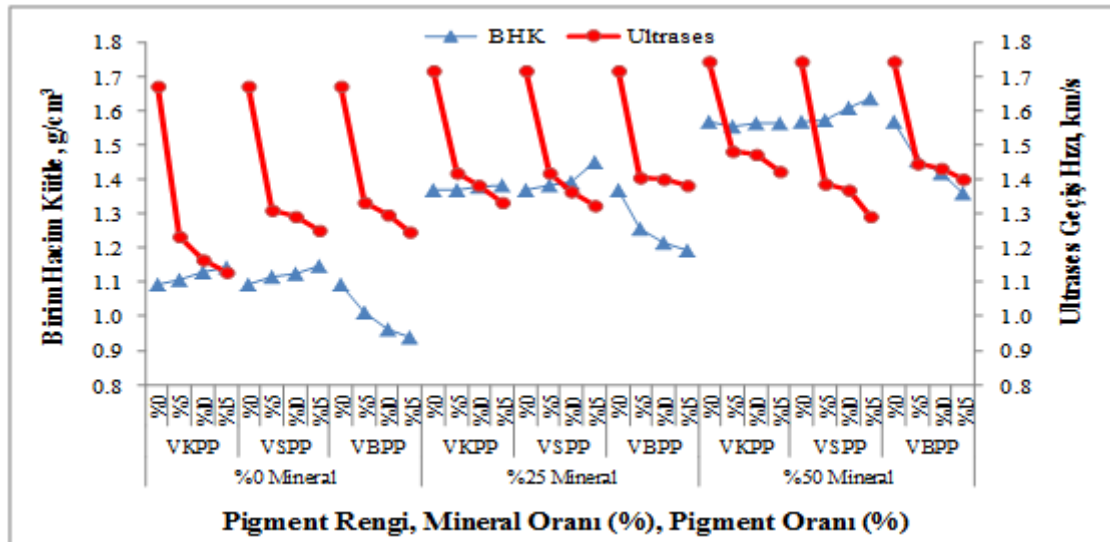
- Eğilme mukavemetinde (Şekil 5) mineralsiz ve mineral ikame oranı %50 olan serilerde pigment oranına bağlı olarak düşüş elde edilmiştir (%0 mineralli seride %84.5-28.0 oranında, %50 mineralli seride %76.7-0.1 oranında düşüş elde edilmiştir). Mineral ikame oranı %100 olan siyah (%59.6 oranında) ve beyaz (%31.6 oranında) pigmentli serilerin %5 oranlarında artış elde edilmişken, beyaz (%34.9 oranında) pigmentli serilerin %10 oranında da artış elde edilmiştir.
- Basınç mukavemeti değerlerinde (Şekil 5) mineralsiz serilerde %5 kırmızı pigment pasta oranında artış, %10-15 kırmızı pigment pasta oranında düşüş elde edilmişken; %5-10-15 siyah pigment oranında artış; beyaz pigment pastalı seride pigment oranına bağlı düşüş elde edilmiştir. %50 mineralli serilerde basınç mukavemeti değerlerinde pigment pasta oranına bağlı düşüş elde edilmiştir (%1.7-25.3). %100 mineralli serilerde ise basınç mukavemeti değerleri kırmızı renkli seride kırmızı pigment pasta oranına bağlı düşüş (%58.5-43.8); siyah ve beyaz renkli serilerde pigment oranına bağlı artış elde edilmiştir (%51.7-28.5).



Şekil 5. Polyester reçineli polimer betonda pigmentin eğilme mukavemeti ve basınç mukavemetine etkisi

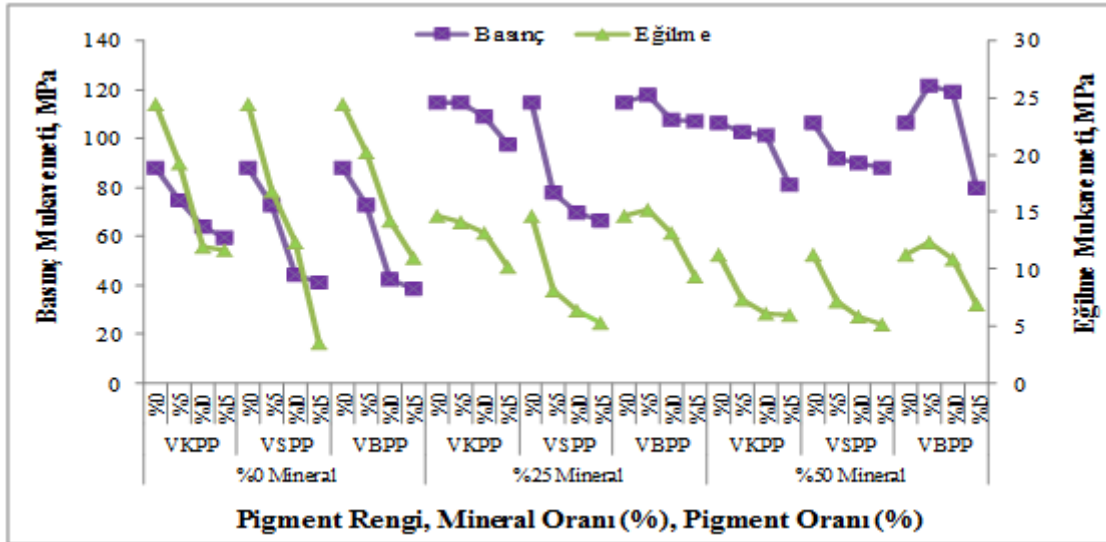
Üretilen vinilester reçineli polimer betonlara ait sertleşmiş özellikleri Şekil 6 ve 7'de verilmiştir. Deneysel çalışmalar sonucunda elde edilen bilgilere göre;

- Üretilen vinilester reçineli polimer betonların sertleşmiş BHK değerlerinde (Şekil 6) pigment oranına bağlı olarak artış elde edilmişken (%0.2-6.0), beyaz renkli pigment serisinde yoğunluğun düşük olması nedeniyle BHK değerlerinde azalma elde edilmiştir (%7.0-14.0).
- Ultrases geçiş hızı değerlerinde pigment oranına bağlı azalma elde edilmiştir (%15.0-32.5). Vinilesterli ve pigmentsiz serilerde mineral oranı arttıkça ultrases geçiş hızı değerlerinde artış elde edilmiştir (%2.99-4.19).



Şekil 6. Vinilester reçineli polimer betonda pigmentin birim hacim kütle ve ultrases geçiş hızına etkisi

- Eğilme mukavemeti değerlerinde (Şekil 7) mineralli-mineralsız serilerde (%25 ve %50 mineralli seride beyaz pigmentin %5 oranı hariç) pigment oranına bağlı azalma elde edilmiştir (%3.5-85.5). Eğilme mukavemeti değerlerinde %25 ve %50 mineralli seride beyaz renkli pigmentin %5 oranında artış elde edilmiştir (%3.1-9.1).
- Pigment renginin etkisi ile eğilme mukavemetinde en yüksek eğilme mukavemeti kaybı siyah pigmentin %15 oranında elde edilmişken, en düşük eğilme mukavemeti kaybı kırmızı pigmentin %5 oranında elde edilmiştir.
- Basınç mukavemeti değerleri (Şekil 7) beyaz renkli pigmentin %25 mineralli seride %5 oranında, %50 mineralli seride %5-10 oranında artış elde edilmişken; diğer tüm serilerde azalma elde edilmiştir. Üretilen polimer betonlarda kırmızı pigmentli serilerin basınç mukavemetinde %0.1-32.8 oranında; siyah pigmentli serilerde %14.53 oranında azalma elde edilmişken, %25 ve %50 mineralli beyaz pigmentli serilerin %5 oranlarında %2.8-14.3 oranında artış ve %50 mineralli beyaz pigmentli serilerin %10 oranında %11.6 oranında da artış elde edilmiştir.

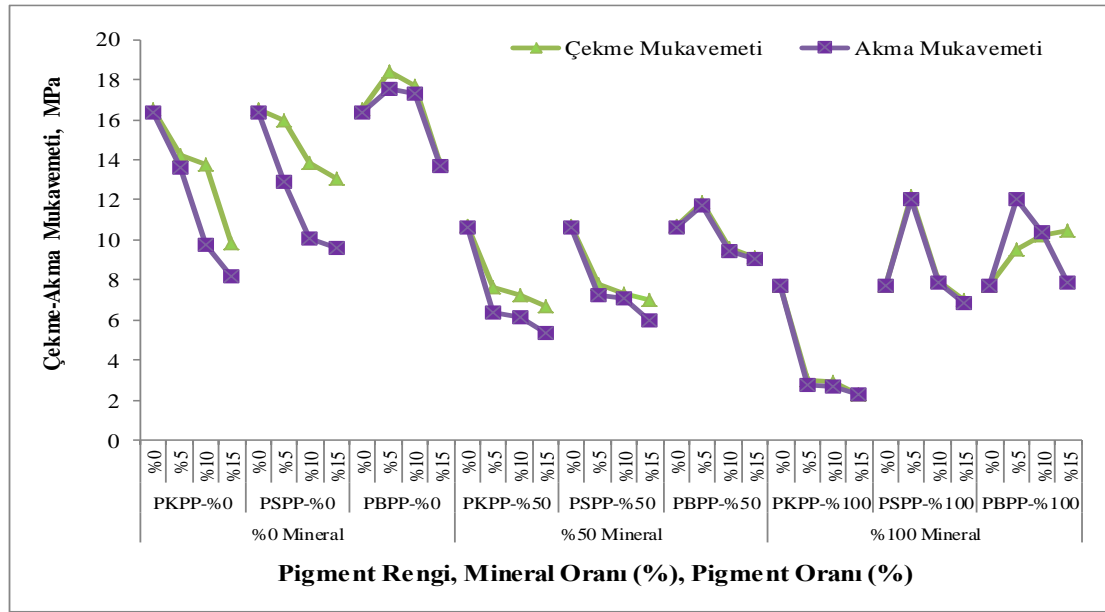


Şekil 7. Vinilester reçineli polimer betonda pigmentin eğilme mukavemeti ve basınç mukavemetine etkisi

- ✓ **Polyesterli seri için akma-çekme mukavemeti;** Şekil 8'de elde edilen deneysel sonuçlara göre aşağıdaki veriler elde edilmiştir. Kırmızı pigmentli serilerde çekme mukavemeti (%13.7-70.8), akma mukavemeti (%16.6-70.8) değerlerinde kırmızı pigment oranına bağlı olarak azalma elde edilmiştir.
- ✓ Siyah pigmentli serilerde çekme mukavemeti ve akma mukavemeti değerlerinde mineral oranı %0 ve mineral oranı %50 olan serilerde pigment oranına bağlı azalma elde edilmiştir. Mineral oranı %100 olan serilerde %5-10 pigment oranlarında artış, %15 pigment oranlarında azalma elde edilmiştir.
- ✓ %5 siyah pigmentli serilerin çekme mukavemetinde %2.4-57.0; akma mukavemetinde %2.7-56.6; artan pigment oranı ile siyah pigmentli serilerin çekme mukavemetinde %3.3-34.9; akma mukavemetinde %10.9-44.3 oranında azalma elde edilmiştir.
- ✓ Beyaz pigmentli serilerde çekme mukavemeti ve akma mukavemeti değerlerinde mineralsız serilerde %5-10 pigment oranında artış, %15 pigment oranında azalma elde edilmiştir. Mineral oranı %50 olan serilerde %5 pigment oranında artış, %10-15 pigment

oranında azalma elde edilmişken; artan mineral oranı ile (%100 mineralli) pigment oranına bağlı artış elde edilmiştir.

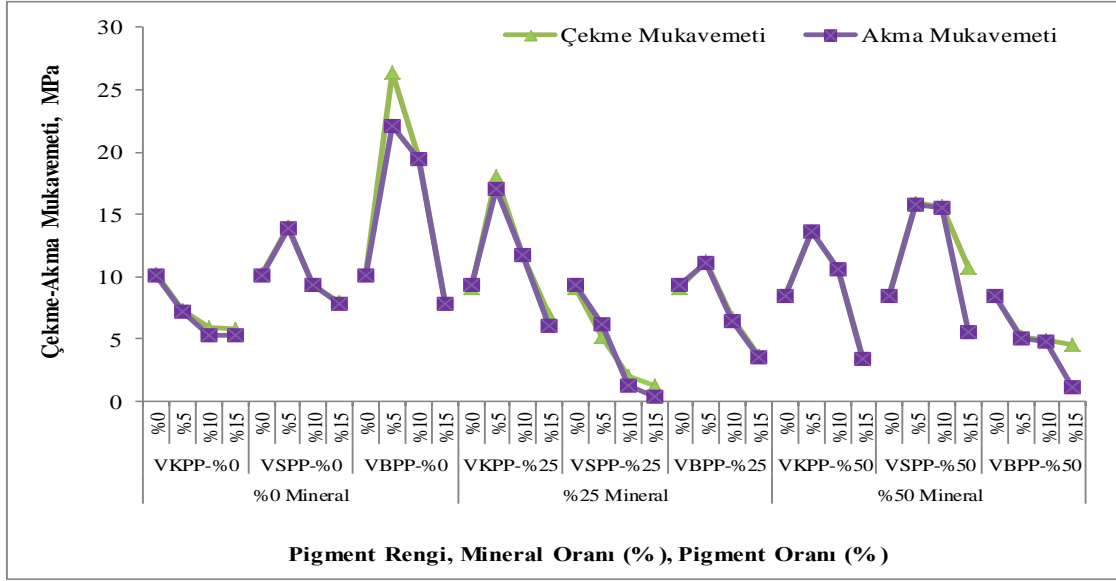
- ✓ %5 beyaz pigmentli serilerin çekme mukavemetinde %10.4-22.7; akma mukavemetinde %7.2-56.5; beyaz pigment oranının %10'a artması ile çekme mukavemetinde %0 mineralli ve %100 mineralli serilerde %7.3-14.2 oranında artış, %50 mineralli serilerde %10.7 oranında azalma; akma mukavemetinde %0 mineralli ve %100 mineralli serilerde %7.3-32.4 artış, %50 mineralli serilerde %11.2 oranında azalma elde edilmiştir.
- ✓ Çekme mukavemeti değerlerinde kırmızı pigmentli serilerde pigment oranına bağlı azalma (%13.7-70.8) elde edilmişken, siyah pigmentli serilerde %100 mineralli %5-10 pigment oranında artış, beyaz pigmentli serilerde %0 mineralli %5-10 pigment oranında; %50 mineralli %5 pigment oranında; %100 mineralli %5-10-15 pigment oranında artış elde edilmiştir.



Şekil 8. Polyester reçineli inorganik pigmentin akma-çekme mukavemetine etkisi

- ✓ **Vinilesterli seri için akma-çekme mukavemeti;** Üretilen polimer betonların çekme mukavemeti, akma mukavemeti değerleri pigment oranı ve rengine göre değişkenlik göstermiştir (Şekil 9).
- ✓ Çekme mukavemeti değerlerinde %0 mineralli serilerde siyah pigmentin %5 oranında ve beyaz pigmentin %5-10 oranında artış elde edilmişken, geriye kalan tüm mineralsiz serilerde pigment oranına bağlı azalma elde edilmiştir (%8.4-43.2).
- ✓ Benzer şekilde akma mukavemeti değerlerinde de %0 mineralli serilerde siyah pigmentin %5 oranında ve beyaz pigmentin %5-10 oranında artış elde edilmişken, geriye kalan tüm mineralsiz serilerde pigment oranına bağlı azalma elde edilmiştir (8.5-48.3).
- ✓ %25 mineralli serilerde çekme mukavemeti değerlerinde kırmızı pigmentin %5-10 oranı ve beyaz pigmentin %5 oranı dışındaki serilerde azalma elde edilmiştir (%24.5-85.8). Çekme mukavemeti değerlerinde %50 mineralli serilerde kırmızı ve siyah pigmentin %5-10 oranı dışında azalma elde edilmiştir (%26.1-46.5).
- ✓ Akma mukavemeti değerlerinde de çekme mukavemetinde olduğu gibi %25 mineralli serilerde kırmızı pigmentin %5-10 oranı ve beyaz pigmentin %5 oranı dışındaki serilerde azalma elde edilmiştir (%30.6-95.6); %50 mineralli serilerde kırmızı ve siyah pigmentin %5-10 oranı dışında azalma elde edilmiştir (%34.5-85.7).

- ✓ Pigment renklerine göre %0 mineralli serilerde en düşük çekme mukavemeti değerleri siyah pigment kullanılmasıyla elde edilmişken, %25 ve %50 mineralli serilerde kırmızı pigment kullanılmasıyla elde edilmiştir.
- ✓ Akma mukavemeti değerlerinde pigment renklerine göre %0 ve %50 mineralli seride en düşük değer beyaz pigment kullanılmasıyla elde edilmişken, %25 mineralli serilerde siyah pigment kullanılmasıyla elde edilmiştir.



Şekil 9. Vinilester reçineli inorganik pigmentin akma-çekme mukavemetine etkisi

4. Sonuçlar ve Öneriler

- Her iki reçine türünde kırmızı ve siyah pigment pasta oranı arttıkça BHK değerlerinde artış tespit edilmiştir. Her iki reçine türünde beyaz pigment pastanın özgül ağırlığının düşük olması nedeniyle BHK değerlerinde azalma tespit edilmiştir.
- Her iki reçine türünde de ultrases geçiş hızı değerlerinde pigment oranına bağlı azalma elde edilmiştir.
- Polyester reçineli %0-50 mineralli serilerde ve vinilester reçineli serilerde genellikle pigment pasta oranı arttıkça eğilme mukavemeti değerlerinde azalma, polyester reçineli %100 mineralli serilerde eğilme mukavemeti değerlerinde artış tespit edilmiştir.
- Polyester reçineli serilerde basınç mukavemeti değerlerinde pigment oranı arttıkça mineralsiz serilerde kırmızı ve beyazda azalma siyahta artış; %50 mineralli serilerde kırmızı, siyah ve beyazda azalma; %100 mineralli serilerde kırmızıda azalma, siyah ve beyazda artış tespit edilmiştir. Vinilester reçineli tüm serilerde azalma tespit edilmiştir.
- Her iki reçine türünde de akma ve çekme mukavemeti değerlerinde pigment oranının artışıyla azalma tespit edilmiştir.

5. Teşekkür

4146-YL1-14 Numaralı Proje ile çalışmamızı maddi olarak destekleyen Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi Başkanlığına teşekkür ederiz

6. Kaynaklar

- Akkurt S., 1991. Plastik Malzeme Bilgisi. Birsen Yayınevi, İstanbul.
- Akman, M.S., 1987. Yapı Malzemesi. İTÜ Yayınevi, İstanbul
- Akyüz, Ö.F., 2002. Plastikler ve Plastik Enjeksiyon Teknolojisine Giriş, Pagev Yayınları 2.Basım, İstanbul.
- 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 Yapı Malzemesi Olarak Kullanılabilirliğinin Araştırılması. Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Balıkesir.
- Bayrak, S., 2012. Maleik Anhidrit-Akrilik Asit Kopolimeri ile Seramik Kompozitin Hazırlanması ve Karakterizasyonu. Hitit Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Çorum.
- Erco, 2014. Erişim Tarihi: 18.04.2014 <http://www.ercoboya.com>
- Mesleki Eğitim ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi (MEGEP), 2008. Kimya Teknolojisi. Erişim Tarihi: 27.01.2014. hbogm.meb.gov.tr/modulerprogramlar/kkursprogramlari/kimya/moduller/Pigmentler.pdf
- Özden, Ç.A., 2010. Polimer Betonların Donma-Çözülme Etkisine Dayanıklılığı. Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Tekirdağ
- Özkan, Ş., 2017. Bazalt Lifli Çimento Esaslı Kompozitlerin Yapısal Olarak Kullanılabilirliğinin İncelenmesi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Isparta
- Savaşçı, Ö.T., Uyanık, N., Akovalı, G., 2002. Ana Hatları ile Plastikler ve Plastik Teknolojisi. Pagev Yayınları, İstanbul
- TS EN 196-1, 2009. Çimento deney metotları- Bölüm 1: Dayanım tayini. Türk Standartları Enstitüsü. Ankara.
- TS EN 1015-10 (2001). Kâğır Harcı-Deney Metotları- Bölüm 10: Sertleşmiş Harcın Boşluklu Kuru Birim Hacim Kütlelerinin 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
- TS EN 12390-5, 2010. Beton- Sertleşmiş Beton Deneyleri- Bölüm 5: Deney Numunelerinin Eğilme Dayanımının Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Topsakal, A., 2013. Polimer Betonun Durabilite Özellikleri, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi,125 s, Isparta.