



Makale / Research Paper

**Çimento Hamurunda Katkı Maddesi Olarak Çörekotu Posası
Biyoyağı Kullanımının Reolojik Özelliklere Etkisi**

Tayfun UYGUNOĞLU^{1a}, Sevcan BARLAS ÖZGÜVEN^{1b}, Nazan YILMAZ^{2c}, Oğuzhan ALAGÖZ^{2d},
Meltem DİLEK^{2e}

^{a,b}Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Böl., Afyonkarahisar, Türkiye
^{c,d,e}Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Kimya Mühendisliği Böl., Afyonkarahisar, Türkiye
uygunoglu@aku.edu.tr

Received/Geliş: 18.06.2021

Accepted/Kabul: 27.07.2021

Öz: Yaşadığımız çağda gittikçe azalan enerji kaynakları ile sürdürülebilir sanayileşme önünde oluşan engelleri kaldırmak ve ekolojik bozulmanın önüne geçerek küresel sorunlara çözüm üretme odaklı arayışlar hız kazanmıştır. Buna paralel olarak inşaat sektöründe ekolojik binaların yapımı için organik malzemelerin kullanımına ve yenilebilir enerji kaynaklarıyla sürdürülebilir yapı üretimine odaklanılmıştır. Ancak çoğunlukla yapı sistemlerini inşa etmek için beton kullanılmakta ve beton üretimi sırasında önemli derecede küresel enerji kaynakları tüketilmekte ve ekolojik dengeye zarar verilmektedir. Sürekli olarak artan beton tüketimini de dikkate aldığımız da ise artık beton üretimleri, sadece yüksek performanslı malzemeler üretmeyi değil sürdürülebilir ekolojik üretimleri de hedeflemelidir. Bu hedeflerden yola çıkarak beton üretiminde organik katkı maddesi kullanılarak karbon ayak izi azalımı ve yüksek enerji verimliliği sağlamaya yönelik araştırmaların yapılması önem kazanmıştır. Bu kapsamda yaptığımız çalışmada çimento hamuruna belirli oranlarda (%0-%0.5-%1-%1.5-%2-%2.5) organik çörekotu posası biyoyağı katkı maddesi katılarak taze haldeki harcın akışkanlığına etkisi ve hamurların viskozitelerindeki değişim incelenmiştir. Organik çörekotu posası biyoyağı katkısı olan ve olmayan çimento esaslı hamurların 75-200 dev/dk kayma hızı değerlerinde görünen viskozite değerleri ölçülmüştür. Düşük devir hızında katkı oranı arttıkça görünen viskozite değerlerinin arttığı, hızın artmasıyla birlikte tüm karışım oranlarında değerlerin azalarak 150 rpm hızından itibaren çok yakın değerler aldığı belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Beton, sürdürülebilirlik, organik katkı maddesi, çörekotu posası biyoyağı, reoloji, viskozite.

**Effect of Using Black Seed Pulp Bio oil as Admixture in Cement
Paste on Rheological Properties**

Abstract: In the age we live in, the search for solutions to global problems has gained momentum by removing the obstacles to sustainable industrialization with the decreasing energy resources and preventing ecological degradation. In parallel with this, the focus has been on the use of organic materials for the construction of ecological buildings in the construction sector and sustainable building production with renewable energy sources. However, concrete is mostly used to construct building systems and significant global energy resources are consumed during concrete production and the ecological balance is damaged. Considering the constantly increasing consumption of concrete, concrete production should now aim not only to produce high performance materials, but also to sustainable ecological production. Based on these goals, it has become important to conduct research on carbon footprint reduction and high energy efficiency by using organic additives in concrete production. In this study, organic black seed additives were added to the cement paste in certain proportions (0% -0.5% -1.5% -2.5%) and the effect of fresh mortar on the viscosity of the mortar was investigated. Viscosity values of cement based mortars with and without organic black seed pulp bio-oil additive at 75-200 rpm sliding speed values were measured. It was determined that the viscosity values increased as the additive ratio increased at low speed, and with the increase in speed, the values decreased in all mixing ratios and reached very close values from 150 rpm.

Keywords: Concrete, sustainability, organic additive, black seed pulp bio-oil, rheology, viscosity.

Bu makaleye atıf yapmak için

Uygunoğlu T., Özgüven B.S., Yılmaz N., Alagöz O., Dilek M., "Çimento Hamurunda Katkı Maddesi Olarak Çörekotu Posası Biyoyağı Kullanımının Reolojik Özelliklere Etkisi", El-Cezeri Fen ve Mühendislik Dergisi 2021, 8 (3); 1521-1528.

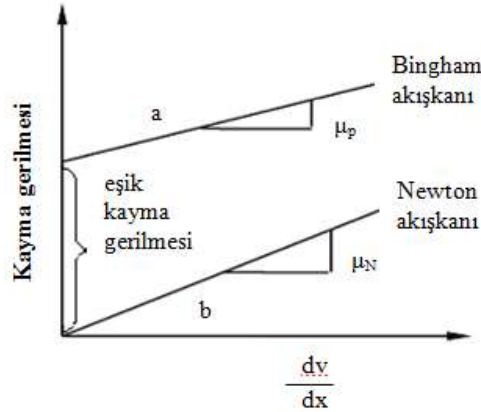
How to cite this article

Uygunoğlu T., Özgüven B.S., Yılmaz N., Alagöz O., Dilek M., "Effect of Using Black Seed Pulp Bio oil as Admixture in Cement Paste on Rheological Properties" El-Cezeri Journal of Science and Engineering, 2021, 8 (3); 1521-1528.

ORCID ID : ^a0000-0003-4382-8257, ^b0000-0002-1242-5642, ^c0000-0003-0161-1404, ^d0000-0002-1843-9068, ^e0000-0001-9398-8772

1. Giriş

Gelişen teknoloji ile birlikte yapı bileşenlerinin üretiminde farklı yapısal malzemelerin kullanımı da yer edinse de inşaat sektörünün en önemli malzemesi olarak beton yerini korumaktadır. Betonun yapı üretiminde çok fazla tercih edilir olması ve hammadde içeriğinde çimentonun ana bileşen olarak yer alması nedeniyle küresel enerji kaynaklarının tükenmesine ve ekolojik dengenin bozulmasına yol açmaktadır. Ancak ilerleyen teknoloji yenilebilir enerji kaynakları ve alternatif katkı maddeleri kullanımı ile sürdürülebilir beton üretiminin yapılabilmesine ve betonun sürdürülebilirliğinin iyileştirilmesine olanak sağlamaktadır. Betonun önemli bileşenlerinden biri olan katkı maddeleri betonun taze halde iken işlenebilirliğini arttırmak ve priz süresini ayarlamak, sertleşmiş betonunda dayanım ve dayanıklılığını arttırmak için kullanılmaktadır [1-2]. Beton içerisinde organik katkı kullanımı çevreci bir yaklaşımla beton teknolojisini yönetmenin ve özelliklerini kontrol altına alabilmenin en etkili yollarından biridir. Bu sayede hem daha ekonomik ve çevreci hem de performansı yüksek betonlar üretilebilmektedir [3]. Organik veya endüstriyel birçok malzemede olduğu gibi taze çimento esaslı malzemelerde akma stresi olan akışkanlara benzer davranış gösterirler [4]. Akışkan durumdaki bir malzemenin tabakaları arasındaki göreceli hareketler sürtünme olayını meydana getirmekte ve akışkanın kendi bünyesindeki içsel sürtünme olayı viskozite olarak tanımlanmaktadır. Malzemelerdeki bu akışın başlaması için gereken minimum gerilme değerine de eşik kayma gerilmesi denilmektedir [5]. Akışkanların kayma gerilmeleri etkisinde genelde Newton modeline uygun davranış göstermeleri gerekirken bazen akışkanlar basit moleküllerden meydana gelmemiş olabilir. Newton kuralına uymayan akışkanların kayma gerilmesine karşı davranışları ise reoloji ile belirlenmektedir. Normal bir betonun reolojik davranışı Bingham modeline uygun davranış göstermektedir. Bingham modeline göre malzemenin akışa geçebilmesi için eşik gerilmesini aşması gerekmektedir [6]. Bingham modelindeki kayma gerilmesi-deformasyon doğrusunu gösteren 'a' doğrusunun eğimi plastik viskoziteyi vermektedir (Şekil.1). Yapı elemanı için gerekli beton karışım dizaynı yaparken akıcı ve şekil değiştirebilir bir beton için kayma eşiğini düşürerek Bingham modelinden Newton modeline doğru geçiş sağlanmaktadır. Ancak betona bu özellik kazandırılırken su miktarının artırılması beton dayanım ve dayanıklılığını olumsuz etkileyeceğinden dolayı katkı kullanımı uygun olmaktadır [7].



Şekil.1. Sıvıların reolojik davranışları [8]

Literatürde yapılan çalışmalar incelendiğinde inşaat sektöründe önemli yere sahip yüksek performanslı betonlar için katkı kullanımını içeren çok fazla çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalarda çimento esaslı harçlarda katkı türünün taze betonun reolojik özellikleri üzerinde büyük etkilere sahip olduğu gözlemlenmiştir. Laskar vd. yaptıkları çalışmada silis dumanı, uçucu kül, yüksek fırın cürufu veya kireç taşı kullanımının çimento esaslı malzemenin reolojik değerlerinin her ikame oranında tek mineral katkı değerleri arasında yer aldığını ispatlamışlardır. Bunun sonucunda çimento esaslı malzemelerde mineral katkı kullanımı ile birlikte reolojik özelliklerle dayanım/dayanıklılığın, CO₂ emisyonlarının iyileştiğini belirtmişlerdir [9]. Çimento esaslı harçların üretiminde hem çevreci hem ekonomik yaklaşımla yüksek performanslı beton üretimine imkan

sağlayan kimyasal katkıların kullanımını ile çimento esaslı malzemelerin akma gerilimi ve viskozitesi, önemli ölçüde azaltılabilmektedir. Papo vd. farklı kimyasal katkıları kullanarak çimento hamuruna etkilerini incelemişlerdir. Araştırma sonuçları incelendiğinde modifiye edilmiş poliakriliğin, melamin reçinesi, modifiye lignosülfonat bazlı üç tip süperakışkanlaştırıcı arasında çimento hamurunun reolojik özelliklerini iyileştirmede en etkili kimyasal katkı olduğunu ispatlamışlardır [10]. Viskozite düzenleyici katkıları özellikle su altı yapı onarımlarında, perde duvarlar ve derin temel duvarları için stabil bir beton gerekliliği ortaya çıktığında heterojen betonun ayrışma riskini azaltarak reolojisini geliştirmek için kullanılan yeni nesil katkılarıdır. Leemann vd. çimento esaslı harçlarda viskozite düzenleyici katkı kullanmışlar ve polisakkarit bazlı katkının akma gerilmesinde en yüksek artışa neden olurken, mikrosilikaya dayalı viskozite düzenleyici katkının eşdeğer plastik viskozitede en düşük seviyeye neden olduğunu göstermişlerdir [11].

Biyokütle kaynaklarından termokimyasal yöntemler ile biyoyağ elde edilmesine yönelik çok sayıda çalışma bulunmaktadır [12-14]. Bu çalışmada, biyokütle kaynağı olan organik çörekotu posasından piroliz yöntemi ile elde edilen biyoyağın farklı oranlarda çimento hamuru içerisinde kullanılması durumunda farklı karışım hız değerlerinde çimento hamurunun akışkanlığına ve görünen viskozitesine etkisi araştırılmıştır.

1. Deneysel Çalışmalar

2.1. Kullanılan Malzemeler

Deneysel çalışmaların yapıldığı çimento hamurunda bağlayıcı olarak CEM I 42.5R tipi Portland çimentosu, karışım suyu olarak Afyon Kocatepe Üniversitesi şebeke suyu ve Afyonkarahisar İlinde yağı alındıktan sonra atık olarak ayrılan çörekotu posasının pirolizi ile elde edilen biyoyağ katkı olarak çalışmada kullanılmıştır. Grafik gösterimlerde katkı içermeyen çimento esaslı karışım KTSZ, biyoyağ katkılı olan karışımlar ÇRK ile gösterilmiştir. Portland çimentosunun özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Portland çimentosu özellikleri

Kimyasal Analiz (%)	Portland Çimentosu
CaO	63.56
SiO ₂	19.3
Al ₂ O ₃	5.57
Fe ₂ O ₃	3.46
MgO	0.86
SO ₃	2.96
K ₂ O	0.8
Na ₂ O	0.13
Kızdırma kaybı	1.15
Özgül ağrılık	3.07
İncelik(Blaine) (cm ² /g)	3212

2.2. Karışımların Hazırlanması ve Deneyler

- Çörekotu Posasından Piroliz İşlemi İle Biyoyağ Eldesi

Çörekotu posasının piroliz işlemleri Afyon Kocatepe Üniversitesi Kimya Mühendisliği Bölümünde bulunan sabit yataklı hızlı piroliz reaktöründe gerçekleştirilmiştir. Piroliz işlemlerinde önceki çalışmalarımızda belirlenen deney prosedürü takip edilerek yapılmıştır [15-16]. Piroliz öncesi reaktöre bağlı ısı göstergesi ve sıcaklık skalası ile sürükleyici gaz tüpünün kontrolleri yapılarak,

analiz için hazır hale getirilmiştir. Sürükleyici gaz olarak azot gazı kullanılmıştır. 0,85 mm parçacık boyutundaki çörekotu posasından 20 gr tartılarak numune kabına koyularak reaktör içine yerleştirilmiştir. Kontrol panelinden 500 °C piroliz sıcaklığı, 25°C/dk ısıtma hızı ve 0,25 L/dk azot akış hızı ayarlanmıştır. Deney sırasında çıkan buharlar reaktörden sıvı toplama ünitesine gönderilmiş ve sıvılaştırılmıştır. Oda sıcaklığına gelmiş olan piroliz sıvısı % 99'lük diklorometanla yıkanarak 250 mL'lik bir ayırma hunisine alınmıştır. Ayırma hunisinde sulu faz ve organik faz ayrılmış ve daha yoğun olan organik faz ayırma hunisinin altından alınarak 500 mL'lik bir balona aktarılmıştır. Evaporatörde organik faz içerisindeki diklorometan uçurulduktan sonra çalışmada kullandığımız biyoyağ elde edilmiştir.

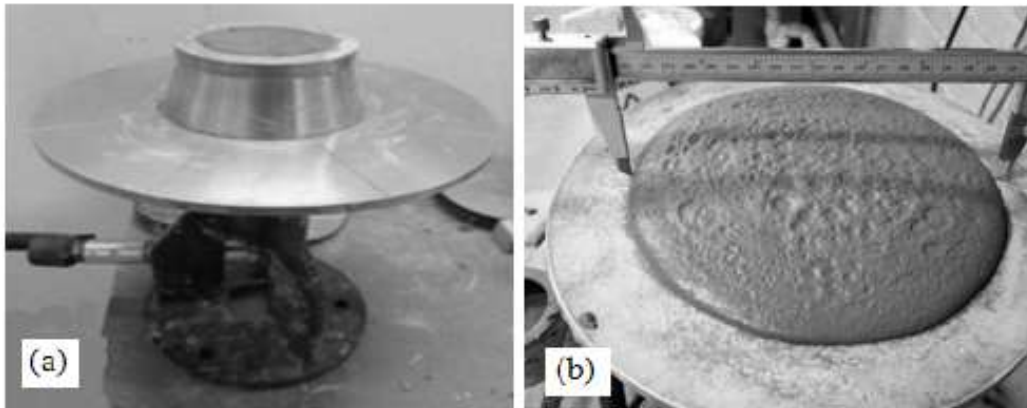
Biyoyağın yapısında bulunan bileşenlerin belirlenmesi için ODTÜ Petrol Araştırma Merkezinde GC-MS (gaz kromatografisi-kütle spektroskopisi) analizi yapılmıştır. GC-MS sonuçlarına göre biyoyağın yapısında bulunan bileşenler sınıflandırılmış ve bu bileşenlerin biyoyağ içerisindeki bağlı oranları belirlenmiştir. Buna göre biyoyağın bileşiminde, fenol oranının % 27.81, aldehit oranının % 18.33, asit bileşikler oranının % 18.14, keton miktarının % 12,26 ve aromatik bileşiklerin miktarının % 9,5 olduğu saptanmıştır.

– Karışımların Hazırlanması

DeneySEL çalışmada kullanılan karışımlar 0.38 su/çimento oranı ve % 0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 ve 2.5 oranlarında organik çörekotu posası biyoyağı ile hazırlanmıştır. Katkı içermeyen (KTSZ) çimento hamurlarının değerleri kontrol olarak dikkate alınmıştır.

– Yayılma

Çimento hamuruna farklı oranlarda çörekotu posası biyoyağı katkısı ilave edilerek elde edilen hamurların yayılma özellikleri her bir değişen katkı oranı için yayılma tablası üzerinde tablanın bir bölümü olan mini koni içerisine yerleştirilerek yapılmıştır. Koni yukarı doğru çekildikten sonra, tablanın altındaki kol vasıtası ile 15 vuruş yaptırılarak harca darbe uygulanmış ve bu sarsıntıyla tabla üzerinde yayılması sağlanmıştır (Şekil 2).



Şekil 2. (a) Mini Abrams konisi

(b) Yayılma değerlerinin ölçülmesi

– Görünen Viskozite

Hazırlanan her bir katkı oranındaki hamurların viskozite ölçümleri, Afyon Kocatepe Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü'nde bulunan Brookfield RV-II Pro marka viskozite cihazı ile V-72 nolu kanat şeklindeki uç kullanılarak yapılmıştır (Şekil 3). Organik çörekotu posası biyoyağı

içermeyen (KTKSZ) çimento hamurunun görünen viskozite değeri kontrol karışım olarak referans alınmıştır.



Şekil 3. Organik çörekotu posası biyoyağı katkılı çimento hamurunun viskozitelerinin belirlenme aşamaları

– Eşik Gerilmesi

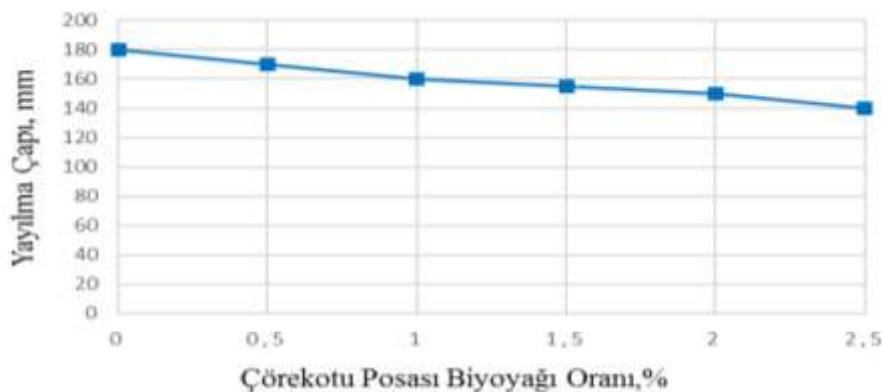
Kayma gerilmelerinin belirlenmesinde Brookfield cihazı tarafından viskozite ölçümleri sırasında kaydedilen tork ve spindle boyutlarına göre;

$$\tau = M/(20\pi LR^2) \quad (1)$$

formülasyonu geliştirilmiştir. Burada, τ , kayma gerilmesini (Pa.s); M, spindle dönüş torku (dyne-cm); L, viskozite ölçümlerinde kullanılan spindle uzunluğunu (cm) ve R, spindle alt yarıçapını (cm) göstermektedir. Viskozite ölçümleri sırasında elde edilen kayma oranlarına karşılık kayma gerilmeleri x-y dağılım grafiğinde çizilmiş ve grafik üzerindeki noktalardan doğrusal eğim çizgisi geçirilerek Bingham modeli elde edilmiştir. Bu eğrinin düşey eksenini kestiği noktanın değeri eşik kayma gerilmesi değeri olarak alınmıştır [17].

2. Deneysel Bulgular

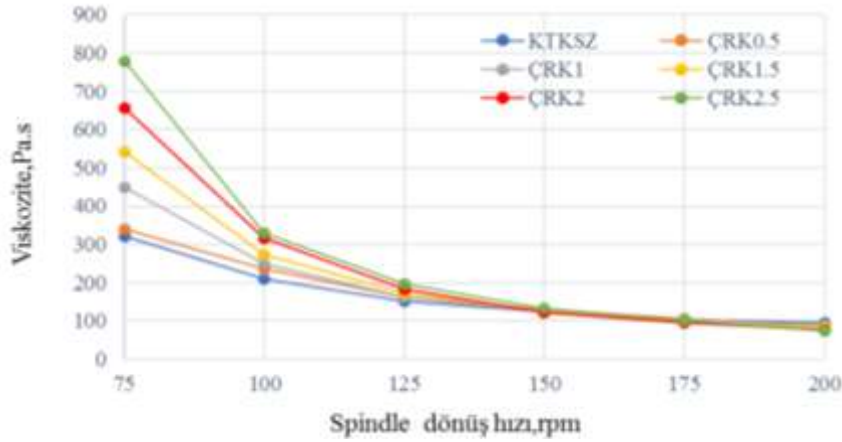
Deney tablası üzerindeki yayılan harcın birbirine dik doğrultuda yayılma çapları ölçülmüş, aritmetik ortalaması alınmış ve sonuçlar grafikte gösterilmiştir (Şekil.4). Çimento hamuru içerisindeki organik çörekotu posası biyoyağı katkı oranı arttıkça yayılma çapında azalma görülmüştür.



Şekil 4. Organik çörekotu posası biyoyağı katkı oranlarına göre hamurların yayılma çaplarının değişimi

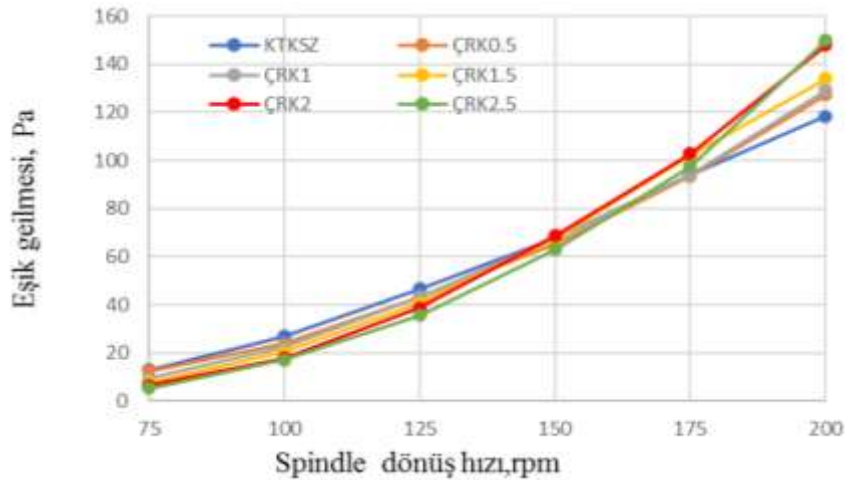
Çimento hamuru içerisine organik çörekotu posası biyoyağı ilave edilmesiyle elde edilen hamurların viskozitelerindeki değişimler 75-200 dev/dk kayma hızı değerlerinde ölçülmüştür ve

Şekil 5'te verilmiştir. Grafik sonuçları incelendiğinde 75 rpm hızında organik çörekotu posası biyoyağı katkı oranı arttıkça viskozite değerlerinin de arttığı görülmüştür. Ancak 100 rpm karışım hızından itibaren karışım hızının artmasıyla birlikte görünen viskozite değerleri azalmıştır. 150 rpm hızından sonra da tüm karışım oranlarındaki viskozite değerleri çok yakın değerler almıştır.



Şekil 5. Organik çörekotu posası biyoyağı katkılı çimento hamuru için görünen viskozite değerleri

Çimento hamuruna ilave edilen organik çörekotu posası biyoyağı katkı oranına göre eşik gerilmeleri Şekil 6'daki grafikte gösterilmiştir. 75 rpm hızında tüm karışım oranları için düşük eşik gerilme değerleri elde edilirken, karışım hızının artmasıyla eşik gerilme değerleri de artmıştır. 200 rpm karışım hızında katkı oranı artışına paralel olarak eşik gerilme değeri de kontrol karışımdan yüksek değerler almıştır.



Şekil 6. Organik çörekotu posası biyoyağı oranına göre eşik gerilmelerinin karşılaştırılması

3. Sonuçlar

Bu çalışmada, organik katkı maddesi çörekotu posası biyoyağı çimento hamuru içerisinde farklı oranlarda kullanılması sonucunda taze haldeki harcın akışkanlığına ve viskozitesine etkisi değerlendirilmiş ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

- Yayılma oranına ait değerler incelendiğinde organik çörekotu posası biyoyağı katkı oranı arttıkça hamurların yayılma değerlerinde azalma olduğu görülmektedir.
- Hazırlanan hamurların görünen viskozite değerleri deformasyon hızının arttırılmasıyla birlikte azalmıştır. Çimento esaslı hamurların yüksek akışkanlığa sahip olmaları için

görünen viskozite değerlerinin oldukça düşük değerler alması gerekmektedir. Belirlenmiş bir deformasyon hızı olarak 75 rpm deformasyon hızını baz aldığımızda organik çörekotu posası biyoyağı oranı arttıkça katkısız harca hamura göre görünen viskozite değerlerinde de artış görülmüştür.

- Katkısız ve katkılı çimento eşik gerilmeleri karşılaştırıldığında en yüksek deformasyon hızına kadar olan hız değerlerinde belirgin farklılık görülmemekle birlikte, 200 rpm deformasyon hızında katkı oranı arttıkça eşik gerilme değerinin arttığı görülmüştür.

Sonuç olarak organik katkı maddesi çörekotu posası biyoyağı çimento hamuru içerisinde farklı oranlarda kullanılması durumunda taze haldeki reolojik özelliklerini de etkileyeceğinden dolayı, harcın hedeflenen akışkanlık değerlerini verebilmesi için kompozit deformasyon hızının ayarlanması gerektiği görülmektedir. Hamur içerisinde viskozite arttırıcı katkı maddesi olarak kullanılabileceği görülmüştür.

Competing Interests

The authors declare that they have no competing interests.

Kaynaklar

- [1]. Erdoğan, T.Y., Beton, ODTÜ Geliştirme Vakfı ve İletişim A.Ş. Yayını, Ankara 2003.
- [2]. Erdoğan, T.Y., Admixtures for Concrete, METU Press, Ankara 1997.
- [3]. Lyahevich, G.D., Prerequisites for the use of clay minerals and organic substances as additives in concrete mixes, Construction Science and Engineering. 2010, 3, 48-51.
- [4]. Hu, C., Larrard, F., The rheology of fresh high performance concrete, Cem Concr Res 1996, 26(2), 283–294.
- [5]. Nornberg, J., Peterson, Ö., Billberg, P., Effect of new generation superplasticizers on the properties of fresh concrete, Superplasticizers and Other Chemical Admixtures in Concrete, Proceedings, Fifth CANMET/ACI Int. Conf. Ed. By V.M. Malhotra, Rome, SP-173. 1997, 583-98.
- [6]. Coussot, P., Proust, S., Ancey, C. Rheological interpretation of deposits of yield stress fluids. J. Non-Newtonian. Fluid. Mech. 1996, 66(1), 55-70.
- [7]. Droll, K., Self Compacting Concrete State of the Art-New Perspectives, Concrete Plant International, No.6, Dec. 2001, 40-51.
- [8]. Roussel, N., Stefani, C., Leroy, R., From mini-cone test to Abrams cone test: measurement of cement-based materials yield stress using slump tests, Cement and Concrete Research 2005, 35, 817-822.
- [9]. Laskar, A.I., Talukdar, S., Rheological behavior of high performance concrete with mineral admixtures and their blending Constr. Build. Mater, 2008, 22(12), 2345-2354.
- [10]. Papo, A., Piani, L., Effect of various superplasticizers on the rheological properties of Portland cement pastes Cem. Concr. Res., 2004, 34 (11), 2097-2101.
- [11]. Leemann, A., Winnefeld, F., The effect of viscosity modifying agents on mortar and concrete Cem. Concr. Compos., 2007, 29 (5), 341-349.
- [12]. Oasmaa, A, Beld, B, Saari, P., Elliott, D. C., Solantausta, Y., Norms, standards, and legislation for fast pyrolysis bio-oils from lignocellulosic biomass, Energy Fuels, 2015, 29, 2471–2484.
- [13]. Zacher, A.H., Elliott, D.C., Olarte, M.V., Santosa, D.M., Preto, F., Lisa, K., Pyrolysis of woody residue feedstocks: Upgrading of bio-oils from mountain pine beetle killed trees and hog fuel, Energy Fuels, 2014, 28, 7510–7516.

- [14]. Zhang, J., Choi, Y.S., Yoo, C.G., Kim, T.H., Brown, R.C., Shanks, B.H., Cellulose–hemicellulose, cellulose–lignin interactions during fast pyrolysis, *ACS Sustainable Chemistry and Engineering*, 2015, 3, 293-301.
- [15]. Hopa, D.Y., Yılmaz, N., Alagöz, O., Dilek, M., Helvacı, A., Durupınar, Ü., Pyrolysis of poppy capsule pulp for bio oil production, *Waste Management and Research*, 2016, 34, 1316–1321.
- [16]. Hopa, D.Y., Alagöz, O., Yılmaz, N., Dilek, M., Arabacı, G., Mutlu, T., Biomass co-pyrolysis: Effects of blending three different biomasses on oil yield and quality, *Waste Management Research*, 2019, 37(9), 925-933.
- [17]. Uygunoğlu, T., Güneş, İ., Ersoy, B., Evcin, A., Kendiliğinden yerleşen polimerik harçlarda mineral katkının reolojik özelliklere etkisi, *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 2017, 32(4), 1365-1377.