



Reolojik Parametreleri Ölçülebilen Farklı C₃A Oranına Sahip Hamur Karışımlarında Optimum Su Azaltıcı Katkı Dozajının ve Su Muhtevasının Belirlenmesi

Kemal Karakuzu¹, Veysel Kobya², Ali Mardani^{3*}

¹ Bursa Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Bursa, Türkiye (ORCID: 0000-0002-1023-3962), karakuzu.kemal@gmail.com

² Bursa Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Bursa, Türkiye (ORCID: 0000-0002-1226-8405), v.kobya@gmail.com

³ Bursa Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Bursa, Türkiye (ORCID: 0000-0003-0326-5015), ali.mardani16@gmail.com

(5th International Symposium on Innovative Approaches in Smart Technologies– 28-29 May 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1125646)

ATIF/REFERENCE: Karakuzu, K. Kobya, V. & Mardani, A. (2022). Reolojik parametreleri ölçülebilen farklı C₃A oranına sahip hamur karışımlarında optimum su azaltıcı katkı dozajının ve su muhtevasının belirlenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (37), 17-20.

Öz

C₃A oranı, çimentolu sistemlerin reolojik özelliklerini büyük oranda etkileyen parametrelerden birisidir. C₃A oranındaki artışla birlikte hedef yayılmayı sağlamak için su azaltıcı katkı ve/veya su ihtiyacı artmaktadır. Hamur karışımlarının reolojik parametrelerinin ölçümü için üretilen karışımların su/çimento (s/ç) oranı ve su azaltıcı katkı gereksiniminin belirlenmesinde; kullanılan reometrenin tipi, uygulanan yöntem, karışımın homojen hazırlanması ve su azaltıcı katkı içeriği gibi parametreler dikkate alınmaktadır. Üretilen karışımın aşırı katı (reometrenin ölçüm kapasitesini aşabilir/karışım homojen olmayabilir) ve aşırı akışkan (ayırışma riski olabilir) olmaması gerekmektedir. Bu sebeple, reolojik ölçüm alınabilen karışımlarda, optimum su azaltıcı katkı gereksinimi ve s/ç oranının belirlenmesi büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada, farklı C₃A oranına sahip hamur karışımlarında reolojik ölçüm alınabilen ve segregasyona yol açmayan optimum polikarboksilat esaslı su azaltıcı katkı (PCE) dozajı ve s/ç oranı araştırılmıştır. Bu amaçla, %2, %3, %6, %9 olmak üzere 4 farklı oranda C₃A oranına sahip CEMI 42.5R tipi portland çimentosu kullanılmıştır. 5 farklı dozajda PCE (çimento ağırlığının %0, 0.05, 0.10, 0.15 ve 0.20'si) ilave ederek 4 farklı s/ç oranına (0.30, 0.32, 0.35 ve 0.40) sahip toplam 80 farklı hamur karışımı hazırlanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, karışımların C₃A oranındaki artışla birlikte katkı ihtiyacının ve s/ç oranının arttığı gözlemlenmiştir. Öte yandan, düşük C₃A oranına sahip karışımlarda, PCE dozajının ve s/ç oranının artmasıyla segregasyon eğiliminin arttığı tespit edilmiştir. Sonuç olarak, hamur karışımlarında reolojik parametreler bakımından optimum PCE dozajı %0, %0.10 ve %0.15 olarak tespit edilmiştir. Ayrıca, optimum s/ç oranı 0.32 ve 0.35 aralığında elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: C₃A, Su/çimento oranı, Su azaltıcı katkı, Reoloji

Determination of Optimum Water Reducing Admixture Dosage and Water Content in the Measurement of Rheological Parameters of Paste Mixtures Having Different C₃A Ratios

Abstract

C₃A ratio is one of the parameters that greatly affects the rheological properties of cementitious systems. With the increase in the C₃A ratio, the water reducing admixtures and/or water requirement increases to achieve the target spread. Some parameters are taken into account such as the type of rheometer, application of the method, the homogeneous preparation of the mixture and the water reducing admixture content in determining the water/cement (w/c) ratio and water reducing admixture requirement in the mixtures produced for the measurement of the rheological parameters of paste mixtures. The mixture produced should not be too solid (it may exceed the measuring capacity of the rheometer / the mixture may not be homogeneous) and excessively fluid (there may be a risk of segregation). For this reason, it is of great importance to determine the optimum water reducing admixture requirement and water/cement (w/c) ratio in mixtures where rheological measurements can be taken. In this study, optimum polycarboxylate-based water reducing admixture (PCE) dosage and w/c ratio were investigated in paste mixtures having different C₃A ratios. For this purpose, CEMI 42.5R type portland cement with 4 different C₃A ratios as 2%, 3%, 6% and 9% was used. A total of 80 different paste mixtures with 4 different w/c ratios (0.30, 0.32, 0.35 and 0.40) were prepared by adding PCE (0, 0.05, 0.10, 0.15 and 0.20% by weight of cement) in 5 different dosages. According to the results, it was observed that the admixture requirement and w/c ratio increased with the increase in the C₃A ratio of the mixtures. On the other hand, it was determined that the segregation tendency increased with the increase of PCE dosage and w/c ratio in mixtures with low C₃A ratio. As a result, the optimum PCE dosage was determined as 0%, 0.10% and 0.15% in terms of rheological parameters in paste mixtures. Also, the optimum w/c ratio was obtained between 0.32 and 0.35.

Keywords: C₃A, Water/cement ratio, Water reducing admixture, PCE, Rheology

* Sorumlu Yazar: ali.mardani16@gmail.com

1. Giriş

Çimentonun C₃A bileşeni, karışımların reolojik özellikleri ve erken yaş dayanımı üzerinde büyük etkiye sahiptir. Çimentonun su ile temasıyla birlikte C₃A çok hızlı şekilde reaksiyona girerek suyu tüketir (Mardani-Aghabaglou, 2016; Karakuzu ve ark, 2021). Ayrıca, C₃A içeriğinin yüksek olması, su azaltıcı katkı varlığında çimento- katkı uyumu sorunlarının ortaya çıkmasına neden olabilmektedir. Bu nedenle, çimentolu karışımlarda genellikle C₃A oranının düşük olması tercih edilmektedir (Zingg ve ark, 2009; Alonso ve Puertas, 2015; Altun ve ark, 2021). Su azaltıcı katkı ve çimento arasındaki uyumsuzluk, erken çökme kaybı, düşük yayılma performansı, belirli bir kıvam için yüksek PCE gereksinimi, şiddetli segregasyon ve hidrasyon gecikmesi gibi çeşitli şekillerde kendini gösterebilir (Han ve ark, 2011; Liu ve ark, 2021; Özen ve ark, 2021).

C₃A oranındaki artışla birlikte hedef yayılmayı sağlamak için su azaltıcı katkı ve/veya su ihtiyacı artmaktadır. Bu durumun, C₃A oranı yüksek çimentolu karışımlarda, optimum s/ç oranı ve PCE gereksiniminin belirlenmesinde göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Bu bağlamda, C₃A oranı değişiminin çimentolu sistemlerin taze hal, reolojik özelliklerine etkisi incelenirken, tüm karışımlar için, ölçüm alınabilir ve karşılaştırılabilir aralıkta optimum s/ç oranı ve PCE dozajı seçimi dikkate alınmalıdır. Bu çalışmada, farklı C₃A oranına sahip hamur karışımlarında reolojik ölçüm alınabilen ve segregasyona yol açmayan optimum polikarboksilat esaslı su azaltıcı katkı (PCE) dozajı ve s/ç oranı araştırılmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Malzeme

Bu çalışmada, %2, %3, %6, %9 olmak üzere 4 farklı oranda C₃A içeriğine sahip CEMI 42.5R tipi portland çimentosu kullanılmıştır. Çimentolara ait bazı özellikler Tablo 1'de gösterilmiştir. 5 farklı dozajda PCE (çimento ağırlığının %0, %0.05, 0.10, 0.15 ve 0.20'si) ilave ederek 4 farklı s/ç oranına (0.30, 0.32, 0.35 ve 0.40) sahip toplam 80 farklı hamur karışımı hazırlanmıştır. Kullanılan PCE'ye ait bazı özellikler Tablo 2'de gösterilmiştir.

2.2. Metot

Hamur karışımları TS EN 196-1'e uygun olarak hazırlanmıştır. Bu amaçla, su ve çimento 62.5 rpm hızla 30 saniye boyunca karıştırılmıştır. Karıştırma kabının cidarı sıyrıldıktan sonra PCE ilave edilerek 125 rpm hızla 120 saniye daha karıştırılmıştır. Karıştırma işlemi bitince karışım yavaşça ve örselemeden reometre kabına alınmıştır. Karışımların ölçüm alınabilirliğinin belirlenmesinde, Şekil 1'de gösterilen 8 mm'lik bilyeli ölçüm sistemine sahip (MCR52 Ball Measuring System-BMS) reometre kullanılmıştır. Ölçümün başlangıcında reometrenin maksimum tork kapasitesi olan 200 mN.m değerine ulaşması durumunda karışımın aşırı katı olduğu kabul edilerek deney sonlandırılmıştır. Ayrıca, reometre kabındaki karışımın yüzeyinde suyun birikmesi ve hava kabarcıklarının ortaya çıkması, bilyenin dönerken hamurda açtığı izin kapanma durumlarına göre segregasyon hali gözlemlenmiştir.

Karışımların isimlendirilmesinde çimento C₃A oranı dikkate alınmıştır. Örneğin, %3 oranında C₃A içeren çimento ile hazırlanan hamur karışımı, C3 ile isimlendirilmiştir.

Tablo 1. Çimentoya Ait Bazı Özellikler

(%)	C2	C3	C6	C9	Fiziksel özellikler	C2	C3	C6	C9
SiO ₂	18,94	19,58	19,73	20,15	Özgül ağırlık	3,21	3,20	3,17	3,1
Al ₂ O ₃	4,33	4,72	5,19	5,53	Blaine özgül yüzey (cm ² /g)	3786	3754	3659	4259
Fe ₂ O ₃	5,53	5,27	4,10	3,31	0.090 mm elek üstü kalan (%)	4,8	0,2	0,2	0,0
CaO	61,67	60,62	62,62	62,68	0.045 mm elek üstü kalan (%)	11	4,6	4,2	2,6
MgO	1,55	1,77	1,75	1,69	Mekanik özellikler	C2	C3	C6	C9
SO ₃	2,82	2,66	2,36	3,10	Basınç dayanımı (MPa)	2 günlük	25,8	24,6	26,3
K ₂ O	0,57	0,54	0,57	0,58		28 günlük	48,5	48,4	51,0
Na ₂ O	0,31	0,32	0,36	0,26					
LOI	3,33	3,34	3,01	4,31					

Tablo 2. Su Azaltıcı Katkıya Ait Bazı Özellikler

Tür	Katı içeriği (%)	Yoğunluk (g/cm ³)	pH 25°C	Klorid içeriği (%)	Alkali oranı, Na ₂ O (%)
Polikarboksilat esaslı	40	1.070	2-5	<0.1	<10



Şekil 1. BMS Ölçüm Sistemine Sahip Reometre

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Farklı C₃A oranına sahip hamur karışımlarında reolojik ölçüm alınabilen ve segregasyona yol açmayan optimum PCE dozajı ve s/ç oranının araştırıldığı bu çalışmada, elde edilen sonuçlar Tablo 3'te gösterilmiştir.

Tablo 3'teki sonuçlara göre, çimento C₃A oranı ve su/çimento oranından bağımsız olarak, hamur karışımlarında

%0,05 oranında PCE kullanıldığında, katkısız karışımlara kıyasla karışımların akıcılık özelliğinde önemli bir değişiklik olmamıştır. Dozajın çok düşük olmasının, PCE'nin karışımlar üzerinde yeterli etkinlik gösterememesine yol açtığı düşünülmektedir. Ayrıca, %0,15'in üzerinde PCE kullanıldığında karışımlarda genellikle segregasyon meydana gelmiştir. PCE dozajı ve çimento C₃A içeriğinden bağımsız olarak, 0,40 su/çimento oranında hazırlanan karışımlarda genellikle segregasyon durumu görülmüştür.

0,30 su/çimento oranında hazırlanan C9 karışımında ise %0,15 oranında PCE ilavesine kadar karışımın aşırı katı olduğu görülmüştür. Çimentonun su ile temas etmesiyle birlikte, C₃A'nın hızlı şekilde suyu tüketmesi, karışımların katılaşmasına neden olmaktadır (Mardani-Aghabaglou, 2016; Karakuzu ve ark, 2021). %0,15'in altında PCE kullanılması ise, söz konusu çimento hamurunun ölçüm alınabilirliği için yeterli katkıyı sunmamıştır. 0,30 su/çimento ve %0,10 oranında PCE ile hazırlanan C9 çimentosuna ait hamur karışımının reometre kabındaki aşırı katı durumu Şekil 2'de gösterilmiştir.

Elde edilen tüm sonuçlar incelendiğinde segregasyon ve ölçüm alınabilirlik bakımından optimum PCE dozajının %0, 0,10 ve 0,15 olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca söz konusu kriterler bakımından en uygun su/çimento oranı ise 0,32 ve 0,35 olarak belirlenmiştir.

Tablo 3. Hamur karışımlarında optimum PCE dozajı ve su/çimento oranının belirlenmesi için yapılan tarama listesi

PCE dozajı	su/çimento oranı															
	0,30				0,32				0,35				0,40			
	C2	C3	C6	C9	C2	C3	C6	C9	C2	C3	C6	C9	C2	C3	C6	C9
%0	✓	✓	✓	Δ	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	x	x	✓	✓
%0,05	✓	✓	✓	Δ	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	x	x	x	✓
%0,10	✓	✓	✓	Δ	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	x	x	x	✓
%0,15	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	x	x	x	x
%0,20	x	x	✓	✓	x	x	✓	✓	x	x	✓	✓	x	x	x	x

✓ :
uygun

Δ :
fazla katı

x :
ayrışma



Şekil 2. 0,30 su/çimento ve %0,10 PCE ile hazırlanan C9 çimentosuna ait aşırı katı hamur karışımının reometre kabındaki durumu
e-ISSN: 2148-2683

4. Sonuç

Farklı C₃A oranına sahip hamur karışımlarında reolojik ölçüm alınabilen ve segregasyona yol açmayan optimum PCE dozajı ve s/ç oranının incelendiği bu çalışmada aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

- PCE'nin %0,05 oranında kullanılması, karışımların ölçüm alınabilirliği üzerinde belirgin bir etkiye yol açmamıştır.
- C9 çimentosu kullanılarak 0,30 s/ç oranında hazırlan karışımlarda, PCE'nin %0,15'in altında kullanılmasının, karışımların reolojik ölçüm alınabilirliğine etkisi görülmemiştir.
- PCE'nin %0,20 oranında kullanılması veya s/ç oranının 0,40 olması, karışımlarda genellikle segregasyona neden olmuştur.
- C₃A oranının artışı, genellikle PCE ve/veya su ihtiyacını arttırmıştır.
- Tüm karışımlar için optimum PCE ve su/çimento oranları sırasıyla %0,10, %0,15 ve 0,32, 0,35 olarak belirlenmiştir.

TEŞEKKÜR

Yazarlar, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu'na (TÜBİTAK) katkılarından dolayı teşekkür etmektedir (Proje No: 219M425).

Kaynakça

Alonso, M. M., & Puertas, F. (2015). Adsorption of PCE and PNS superplasticisers on cubic and orthorhombic C₃A.

Effect of sulfate. *Construction and Building Materials*, 78, 324-332.

Altun, M. G., Özen, S., & Mardani-Aghabaglou, A. (2021). Effect of Side Chain Length Change of Polycarboxylate-Ether-Based High-Range Water-Reducing Admixture on Properties of Cementitious Systems Containing Fly Ash. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 33(4), 04021015.

Han, S., Yan, P., & Kong, X. (2011). Study on the compatibility of cement-superplasticizer system based on the amount of free solution. *Science China Technological Sciences*, 54(1), 183-189.

Karakuzu, K., Kobya, V., Mardani-Aghabaglou, A., Felekoğlu, B., & Ramyar, K. (2021). Adsorption properties of polycarboxylate ether-based high range water reducing admixture on cementitious systems: A review. *Construction and Building Materials*, 312, 125366.

Liu, M., Gao, Y., Zhang, L., Jiang, G., Zeng, C., & Wang, P. (2021). The application of thermal analysis to study the hydration behavior of tricalcium aluminate-gypsum in the presence of polycarboxylate-based superplasticizers. *Thermochimica Acta*, 696, 178821.

Mardani-Aghabaglou, A. (2016). Investigation of cement-superplasticizer admixture compatibility (Doctoral dissertation, PhD Thesis. Turkey, Izmir, Ege University, Engineering Faculty, Civil Engineering Department).

Özen, S., Altun, M. G., Mardani-Aghabaglou, A., & Ramyar, K. (2021). Effect of main and side chain length change of polycarboxylate-ether-based water-reducing admixtures on the fresh state and mechanical properties of cementitious systems. *Structural Concrete*, 22, E607-E618.

Zingg, A., Winnefeld, F., Holzer, L., Pakusch, J., Becker, S., Figi, R., & Gauckler, L. (2009). Interaction of polycarboxylate-based superplasticizers with cements containing different C₃A amounts. *Cement and Concrete Composites*, 31(3), 153-162.