

Farklı Katkılar Kullanılarak Üretilen Kendiliğinden Yerleşen Ağır Betonların Fiziksel Özelliklerinin Araştırılması

Şemsettin KILINÇARSLAN^{1*}, Abdullah ÇOŞKUNSU²

^{1*}Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Müh. Bölümü, Isparta, Türkiye, (ORCID: 0000-0001-8253-9357), semsettinkilincarslan@sdu.edu.tr

²Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendliği Bölümü, Isparta, Türkiye, abdullahcoskunsu@gmail.com

(İlk Geliş Tarihi 25.01.2022 ve Kabul Tarihi 15.06.2022)

(DOI: 10.35354/tbed.1062621)

ATIF/REFERENCE: Kılınçarslan, Ş., Çoşkunsu, A. (2022). Farklı Katkılar Kullanılarak Üretilen Kendiliğinden Yerleşen Ağır Betonların Fiziksel Özelliklerinin Araştırılması. *Teknik Bilimler Dergisi*, 12 (2), 14-18.

Öz

Ağır betonlarda uygulama sırasında karşılaşılan yerleşim ve işlenebilme sıkıntılarının dolayısı ağır betona akışkanlaştırıcı katkıların eklenmesiyle kendiliğinden yerleşebilme yeteneği kazandırılmaktadır. Bu çalışmada Şarkikaraağaç ilçesinden temin edilen barit, ağır beton bileşiminde agrega olarak kullanılmıştır. Polikarboksilik eter katkılı ve naftalin sülfonat esaslı katkıları kullanılarak üretilmiş kendiliğinden yerleşen ağır beton numunelerinin V hunisi, çökme-yayıma, slump, numunelerin yoğunluk değerleri gibi fiziksel özellikleri belirlenmiştir. Polikarboksilik eter katkılı numunelerin viskozitesi naftalin sülfonat katkılı numuneye göre daha düşük olduğu yapılan V hunisi, slump, çökme-yayıma deneyleri sonucunda belirlenmiştir. Kendiliğinden yerleşen ağır beton üretiminde polikarboksilik eter esaslı katkıların kullanılması ile yerleşim ve işlenebilme yeteneğinin arttığı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Ağır beton, Kendiliğinden yerleşen beton, Kimyasal katkıları, Barit agrega

Investigation of Physical Properties of Heavy Concrete with Self Compacting Produced by Using Different Additives

Abstract

Due to the settlement and workability problems encountered during application in heavy concrete, the ability to settle itself is gained by adding plasticizer additives to heavy concrete. In this study, barite obtained from Şarkikaraağaç district was used as an aggregate in heavy concrete composition. Physical properties such as V funnel, slump-spreading, slump, air entrainment of the samples, density values of self compacting heavy concrete samples produced by using polycarboxylic ether additives and naphthalene sulfonate-based additives were determined. The viscosity of the polycarboxylic ether added samples was lower than the naphthalene sulfonate added sample, as a result of the V funnel, slump, slump-scattering experiments. It has been observed that the settlement and workability of self-compacting heavy concrete increases with the use of polycarboxylic ether-based additives.

Keywords: Heavy concrete, Self-compacting concrete, Chemical additives, Barite aggregate

* Sorumlu Yazar: semsettinkilincarslan@sdu.edu.tr

1. Giriş

Nüfus oranındaki sürekli artış ile birlikte bina sayısındaki hızlı artıştan kaynaklanan çevre sorunları, sürdürülebilir kalkınmanın uygulanmasını teşvik etmektedir [1-5]. Teknolojinin ilerlemesiyle birlikte beton endüstrisinde meydana gelen gelişmeler, özel betonların üretilebilmesine olanak sağlamıştır. Özel betonlar, farklı beklentileri karşılamak amacıyla kullanım yerlerine uygun olarak üretilebilen betonlardır [6]. Bu amaçla üretilmiş özel beton türlerinden bir tanesi de ağır betondur [7].

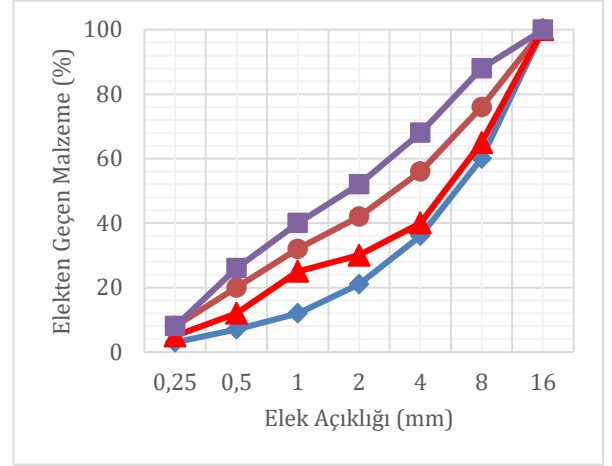
Kendiliğinden yerleşen beton (KYB), yüksek akıcılığı sayesinde yerine, işlenebilirliği özelliğini kaybetmeden kolayca yerleştirilebilen beton olarak tanımlanabilmektedir [8]. Yüksek akma elde edilirken, ayrışma ve terleme gibi olaylar ortaya çıkmamalıdır. Akma süperakışkanlaştırıcı katkıları ile sağlanmaktadır ve akıcılığın betonun kararlılığını bozmasını sağlamak en önemli unsurdur. Bu amaçla, malzemedeki ince miktar artırılmakta ya da viskoziteyi yükseltici malzemeler kullanılmaktadır. KYB'lerin su/çimento oranının düşük olması, üstün kalıcı özelliklerinin olması dayanımı yüksek beton sınıfında yer almasını sağlar [9,10]. KYB'nin performansı kullanılan malzemenin türüne ve oranlarındaki değişikliklere göre hassasiyet gösterebilmektedir. Normal beton kullanımının tekniği olanaksız olduğu durumlarda KYB tercih edilir. Betonla doldurulacak kısma vibratör girmesinin mümkün olmadığı durumlarda geleneksel beton kullanılamayacağından dolayı KYB'nin kullanımı en akılcı çözüm olacaktır [10]. Genelde büyük boyuta sahip inşaatlarda, yoğun donatı ve dar kesit elemanlarının bir arada bulunduğu perde benzeri ögelerde, tünel gibi özel kalıp gerektiren işlerde, tamir, bakım ve yenileme işlerinde kullanılmaktadır. KYB, ağır betonlar kullanılarak oluşturulan büyük kütleli yapılarda döküm ve işleme sırasında vibrasyondan etkilenip segregasyona uğramasını azaltabilmek amacıyla da kullanılabilir.

Kimyasal katkıları, çimento ile etkileşime girerek fiziksel, kimyasal veya fiziko-kimyasal bir reaksiyon ile betonun yapısını değiştirmektedir. Su azaltıcı katkıların mekanizması incelendiğine çimento tanecikleri, çimento öğütme işlemi sonucunda yüzeylerinde statik elektrik yükü geliştirmektedir. Yüklerin birbirini çekmesi, çimento tanelerinin kümelenmesine veya "topaklaşmasına" neden olmaktadır, bu da işlenebilirliği sınırlayacaktır. Su azaltıcı katkı maddelerindeki kimyasallar çimento parçacıkları arasındaki statik çekim kuvvetini azaltmaktadır [11]. Yapılan çalışmalarda normal betonlarda jeopolimer betonlarda, kendiliğinden yerleşen betonlarda ve geri dönüştürülmüş betonlarda su azaltıcı katkı malzemesinin farklı oranlarda kullanılmasının betonun performansına etkisi araştırılmıştır [12,13]. Emin (2021) [14] yapmış olduğu çalışmada farklı yüzey aktif kimyasal maddesi içeren polikarboksilat esaslı su azaltıcı katkıların beton karışımların taze hal, geçirgenlik özelliğine, basınç dayanımına ve donma-çözülme direncine etkisini araştırmıştır. Su azaltıcı katkıların eklenmesi ile basınç dayanımının arttığı ancak donma-çözülmenin olumsuz etkilendiği belirtilmiştir.

Bu çalışmada farklı katkıları kullanılarak üretilmiş kendiliğinden yerleşen ağır beton numunelerinin V hunisi, çökme-yayılma, slump, yoğunluk değerleri belirlenmiştir.

2. Materyal ve Metot

Bu çalışmada agrega olarak kullanılan barit, Ado Başer Madencilik firmasının Şarkikaraağaç/Isparta bölgesinde bulunan tesislerinden tüvenan olarak temin edilmiştir. Çalışmada kullanılan agreganın granülometri eğrisi Şekil 1'de kimyasal özellikleri ise Tablo 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Agreganın granülometri eğrisi

Tablo 1. Barit agregasının kimyasal özellikleri

Bileşen	Barit
MgO	0,005
Al ₂ O ₃	0,01
SiO ₂	0,02
CaO	0,0084
Fe ₂ O ₃	0,00025
BaSO ₄	0,922
K ₂ O	0,0002
MgCO ₃	0,001
NaCl	0,001
MnO ₂	0,002
NiO	0,002

Çimento olarak, Isparta ili sınırlarında üretim faaliyetlerini sürdüren Göltaş Çimento Fabrikası'nda üretilmiş CEM I 42,5 R (CEM I, TS-EN 197-1) tipi çimento kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan çimentonun kimyasal özellikleri Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Çimentonun kimyasal özellikleri

Bileşen	CEM I 42,5 R (%)
MgO	1,91
Al ₂ O ₃	6,2
SiO ₂	20,6
CaO	61,4
Fe ₂ O ₃	3,01
SO ₃	2,53
K ₂ O	1,03
Na ₂ O	0,19
Cl	0,007
Kızdırma Kaybı	1,35
Çözünmeyen Kalıntı	0,3

Yapılan deneylerde katkı maddesi olarak BASF firmasından temin edilen 4 farklı katkı türü kullanılmıştır. Kullanılan katkılardan üç adedi polikarboksilik eter esaslı, bir adedi ise naftalin sülfonat esaslıdır. Kullanılan katkıların teknik özellikleri

Tablo 3’de gösterilmiştir. Deneylerde kullanılan katkılar TS EN-934-2 standartlarına uygun olarak üretilmiştir.

Tablo 3. Katkuların teknik özellikleri

Katkı Türü	PE 1	PE 2	PE 3	NS
Malzeme Yapısı	Polikarboksilik Eter Esaslı	Polikarboksilik Eter Esaslı	Polikarboksilik Eter Esaslı	Naftalin Sülfonat Esaslı
Renk	Kahverengi	Kahverengi	Yeşil	Kahverengi
Yoğunluk	1,082-1,142 kg/L	1,069-1,109 kg/L	1,0-1,1 kg/L	1,17-1,23 kg/L
pH Değeri	6-7	5-7	5-8	6-8
Klor İçeriği (%)	≤ 0,1	≤ 0,1	≤ 0,1	≤ 0,1
Alkali İçeriği (%)	≤ 3	≤ 3	≤ 3	≤ 10

Tunçbilek Termik Santrali’nden temin edilen F sınıfı uçucu kül kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan Uçucu kül’ün kimyasal özellikleri Tablo 4’de verilmiştir.

MgO	1,41
Na ₂ O	0,24
K ₂ O	1,81
SO ₃	0,41

Tablo 4. Uçucu kül’ün kimyasal özellikleri

Oksitler	Tunçbilek
SiO ₂	58,59
Al ₂ O ₃	21,89
Fe ₂ O ₃	9,31
S+A+F	89,79
CaO	4,43

Karışıma giren agrega (barit), çimento, uçucu kül, su ve farklı tipteki kimyasal katkıların miktarlarının ölçümü terazi yardımı ile yapılarak üretilen numunelerin reçeteleri hazırlanmıştır. 1 m³ betonun karışımındaki bileşenlerin miktarları Tablo 5’de verilmiştir.

Tablo 5. 1 m³ betonun karışımındaki bileşenlerin miktarları

Beton Grubu	Su (lt)	Çimento (kg)	s/ç	Uçucu Kül (kg)	Kimyasal Katkı (kg)	İnce Barit (kg)	Kalın Barit (kg)
PE 1	190	350	0,54	50	2,8	1100	1650
PE 2	190	350	0,54	50	4,2	1100	1650
PE 3	190	350	0,54	50	4,2	1100	1650
NS	190	350	0,54	50	4,2	1100	1650

2.1. Slump deneyi

Abrams hunisi olarak adlandırılan koninin içerisine taze beton 3 kademede doldurulmuştur, her kademededen sonra beton 25 kez şişlenmiş ve betonun sıkışması sağlanmıştır. Son şişlemeden sonra huni kaldırılmıştır, çöken betonla huni arasındaki mesafe ölçülmüştür. Elde edilen slump değeri yüksek olması betonun işlenebilme özelliğinin iyi derecede olduğunu göstermektedir. Taze beton slump deneyi TS EN 206 standardına göre uygulanmıştır.

2.2 Yayılma deneyi

Deney TS EN 206 standardına uygun olarak yapılmıştır. Yayılma deney görüntüsü Şekil 2’de verilmiştir.



Şekil 2. Yayılma deneyi

Yayılma tablası deneyinde tabla üzerine yerleştirilen huni doldurulma tamamlandıktan sonra yukarı kaldırılmış ve betonun yayılma işlemi için sarsıntı tablası 5 cm yukarı kaldırılarak bırakılmıştır, bu işlem 15 kez tekrarlanmıştır. Yayılma çapı 50 cm’ye ulaşmaya kadar geçen süre ölçülmüştür. Yayılma işlemi durduğunda birbirine dik iki çap ölçülmüş ve deney işlemi tamamlanmıştır.

2.3. V hunisi deneyi

V hunisi taze beton ile ağzına kadar doldurulmuştur. Daha sonra V hunisinin alt ucunda bulunan kapak açılmış akma işlemi başlatılmıştır. Akış süresi kronometre yardımıyla ölçülmüş ve farklı katkılarla üretilmiş olan beton numunelerinin sınıfları belirlenmiştir. Deney TS EN 12350-9 standardına uygun olarak yapılmıştır.

3. Bulgular

3.1. Slump Deneyi Sonuçları

Slump deneyi sonuçları Tablo 5’de verilmiştir.

Tablo 5. Slump deneyi sonuçları

Beton Grubu	Çökme (mm)	Sınıf
PE 1	230	S4
PE 2	210	S5
PE 3	250	S5
NS	200	S4

Slump değeri sonuçlarına göre polikarboksilik eter esaslı katkıları ile üretilmiş betonların, naftalin sülfonat esaslı katkı ile üretilmiş olan betona göre slump değerlerinin daha yüksek çıktığı ölçülmüştür. En düşük slump değeri NS katkısı ile üretilmiş beton numunesinde ölçülmüştür ve çökme değeri 200 mm olarak ölçülmüştür. En yüksek slump değeri PE 3 katkısı ile üretilmiş beton numunesinde 250 mm olarak ölçülmüştür. Polikarboksilik eter esaslı katkıları olan PE 1, PE 2, PE 3’in çökme değerleri birbirlerine yakın değerler almışlardır, bu değerler 210-250 mm arasındadır. Kullanılan katkıları arasında kendiliğinden yerleşen ağır beton üretimi için en uygun katkıların PE 3 katkısı olacağı belirlenmiştir.

3.2. Yayılma Deneyi Sonuçları

Yapılan çökme-yayılma deneyi sonucunda bulunan değerlerin hangi değer aralığına girdiği Tablo 6’da gösterilmiştir.

Tablo 6. Yayılma deneyi sonuçları

Numune Grubu	Çapı (mm)	Açıklama
PE 1	570	F5
PE 2	565	F5
PE 3	590	F5
NS	550	F4

Deneyler sonucunda en yüksek yayılma PE 3 katkılı beton numunelerinde ölçülmüştür ve bu değer 590 mm’dir. En düşük yayılma değeri ise NS katkısında ölçülmüştür ve bu değer 550 mm’dir. Çökme-yayılma değerleri arasındaki farkın katkıların içeriklerinden kaynaklanabileceği belirlenmiştir. Polikarboksilik eter esaslı katkıları 565-590 mm arasında değerler ve en yüksek yayılma değeri deneyler sonucunda da en yüksek yayılma değerine sahip olan PE 3 katkısında ölçülmüş olan 590 mm’dir.

3.3. V Hunisi Deneyi Sonuçları

Deney TS EN 12350-9 standardına uygun olarak yapılmıştır. Beton numunesinin akma süresi 9 saniyenin altında ise VF1 değer aralığı sınıfında, 9-25 saniye ise VF2 değer aralığı sınıfındadır. Elde edilen V hunisi deneyi sonuçları Tablo 7’de gösterilmiştir.

Tablo 7. V hunisi deneyi sonuçları

Beton Grubu	V Hunisi Değeri (sn)	Değer Aralığı	Açıklama
PE 1	13	VF1 ≤ 9 sn VF2 9 -25 sn	VF2
PE 2	15	VF1 ≤ 9 sn VF2 9 -25 sn	VF2
PE 3	10	VF1 ≤ 9 sn VF2 9 -25 sn	VF2
NS	18	VF1 ≤ 9 sn VF2 9 -25 sn	VF2

V hunisi deneyi sonucunda elde edilen değerler 10-18 saniye arasındadır. Akışkanlık özelliğinin en düşük olduğu katkı, NS

olarak belirlenmiştir. En yüksek akışkanlık değeri 10 saniyelik akış süresiyle PE 3 katkısına aittir. PE 2 katkısının akış süresi 15 saniye, PE 1 katkısının akış süresi 13 saniye olarak ölçülmüştür. Kullanılan katkıları içerisinde kendiliğinden yerleşen ağır beton üretimi için en iyi sonuç verebilecek katkının PE 3 katkısı olacağı görülmektedir.

4. Tartışma ve Sonuç

Yayıma deneyleri sonucunda elde edilen bulgulardan, NS katkılı beton numunesinin diğer katkılara göre yüksek viskoziteye sahip olmasından dolayı F4 sınıfına girdiği, PE 1, PE 2, PE 3 katkılı numunelerin ise standartta yer alan F5 sınıfına girdikleri belirlenmiştir. Slump deneyi sonuçlarına göre katkıların slump kıvam sınıfları TS EN 206-1'e göre tespit edilmiştir. NS ve PE 2 katkılarının S4 sınıfında, PE 1 ve PE 3 katkılarının S5 sınıfında yer aldığı belirlenmiştir. V hunisi deneyi sonuçlarına dayanılarak tüm katkıların VF2 sınıfına girdiği belirlenmiştir. Yayıma, slump, V hunisi deneylerinden elde edilen veriler doğrultusunda polikarboksilik eter esaslı süperakışkanlaştırıcıların naftalin sülfonat esaslı süperakışkanlaştırıcıya göre işlenebilirliğinin daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Kıvam, yayılma ve V hunisi deneylerinde naftalin sülfonat esaslı katkıya göre daha iyi sonuçlar vermesinden dolayı kendiliğinden yerleşen ağır betonlarda polikarboksilik eter esaslı süperakışkanlaştırıcıların kullanılmasının daha uygun olacağı belirlenmiştir. Deneyde kullanılan polikarboksilik eter esaslı süperakışkanlaştırıcılar arasında da düşük işlenebilirlik bakımından en iyi sonucun PE 3 katkısından elde edildiği görülmüştür.

Teşekkür

Deney çalışmalarımızın gerçekleştirilmesinde gerekli laboratuvar imkanlarının sağlanması konusunda desteklerini esirgemeyen Süleyman Demirel Üniversitesi Doğal ve Endüstriyel Yapı Malzemeleri Araştırma ve Uygulama Merkezi'ne teşekkürlerimizi sunarız.

Kaynakça

- [1] Kilincarslan, S., Şimşek Türker, Y. 2021. Experimental Investigation of The Rotational Behaviour of Glulam Column-Beam Joints Reinforced With Fiber Reinforced Polymer Composites. *Composite Structures*, 262, 113612.
- [2] Şahin, H. T., Kaya, A. İ., Yalçın, Ö. Ü., Kılınçarslan, Ş., Şimşek, Y., Mantanis, G. İ. 2019. A study on the production process and properties of cement-based wood composite materials. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 10(2), 219-228.
- [3] Kılınçarslan, Ş., Şimşek, Y., Uygun, E., Akoğlu, M., Cesur, B., Tufan, M. Z., Turan, U. 2009. Sürdürülebilir Yapı Malzemeleri Açısından Bina Sertifikasyon Sistemlerinin İncelenmesi. *Uluslararası Sürdürülebilir Mühendislik ve Teknoloji Dergisi*, 3(1), 1-14.
- [4] Sahin, H. T., Şimşek, Y. 2021. Mineral-Bonded Wood Composites: An Alternative Building Materials. In *Engineered Wood Products for Construction*. IntechOpen.
- [5] Kılınçarslan, Ş., Şimşek Türker, Y. 2020. Ahşap Malzemelerin FRP ile Güçlendirilmesinin Sürdürülebilirlik

Açısından Değerlendirilmesi. *Teknik Bilimler Dergisi*, 10(1), 23-30.

- [6] Yazıcıoğlu, S., Bozkurt, N., 2006. Pomza ve Mineral Katkılı Taşıyıcı Hafif Betonun Mekanik Özelliklerinin Araştırılması, *Gazi Üniversitesi, Mühendislik Miralık Fakültesi Dergisi*, 21, 675-680.
- [7] Kılınçarslan, Ş., Başıyigit, C., Akkurt, İ. 2007. Barit Agregalı Ağır Betonların Radyasyon Zırhlama Amacıyla Kullanımının Araştırılması. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 22(2), 393-399.
- [8] Topçu, İ. B., Bilir, T., & Baylavlı, H. (2008). Kendiliğinden Yerleşen Betonun Özellikleri. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 21(1), 1-22.
- [9] Okamura H., 1997. Self-Compacting High-Performance Concrete, *Concrete International*, 19 (7), 50-54.
- [10] Özkul, M.H., 2002. Beton Teknolojisinde Bir Devrim: Kendiliğinden Yerleşen-Sıkışan Beton. *THBB Hazır Beton Dergisi*, (52), 64-71.
- [11] İlgün, A., Türker, İ. Y., Müsevitoğlu, A., Çöğürçü, M. T. 2020. Katkı Malzemelerinin Fazla Kullanılmasının Betona Etkisi: Vaka Analizi. *Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 2(1), 31-39.
- [12] Nagrockiene D., Pundiene I., Kicaite A., 2013. The Effect Of Cement Type And Plasticizer Addition on Concrete Properties, *Construction and Building Materials*, 45, 324-331.
- [13] Barbudo, A., Brito, J.D., Evangelista, L., Bravo, M., Agrela, F. 2013. Influence of Waterreducing Admixtures on The Mechanical Performance of Recycled Concrete, *Journal of Cleaner Production*, 59, 93-98.
- [14] Emin, A., 2021. Farklı Yüzey Aktif Kimyasal Maddesi İçeren Polikarboksilat Esaslı Su Azaltıcı Katkı Kullanımının Cimentolu Sistemlerin Özelliklerine Etkisi (Doctoral dissertation, Bursa Uludağ University (Turkey)).