

KENDİLİĞİNDEN YERLEŞEN HEMATİT AGREGALI BETONUN BAZI FİZİKSEL VE MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Başak ZENGİN*, Cengiz ÖZEL

Özet

Teknolojik gelişmeler ve yapısal ihtiyaçların değişmesinden dolayı günümüzde betondan beklenen ihtiyaçlar her geçen gün değişmektedir. Artık betondan klasik ihtiyaçların yanı sıra (basınç dayanımı, geçirimsizlik vb.) doğal veya yapay kaynaklardan oluşan radyasyon ile bunların yaydığı elektromanyetik alanlar nedeniyle betondan zırlama performansının da yüksek olması beklenmektedir. Yine yapısal mukavemetlerinin artırılması için yapılarda yoğun donatılı elemanlar üretilmesi bu donatılar arasında betonun yerleştirilmesi problemini ortaya çıkarmakta ve donatı-beton aderansının zayıflamasına neden olmaktadır.

Radyasyon zırlaması için yapılarda segregasyon riski yüksek olan ağır betonlar kullanılmasına karşılık, yoğun donatılı betonlar için kendiliğinden yerleşen beton kullanılmaktadır. Birbiriyle çelişen bu iki özelliği optimumda çözümlenmek ana amacı oluşturmaktadır.

Bu çalışmada iki farklı çimento (CEM I 42.5 R ve Alüminatlı), üç farklı dozajda (300, 400 ve 500 kg/m³) kullanılarak üretilen hematit ve kalker agregalı kendiliğinden yerleşen betonların taze (birim ağırlık, çökme yayılması) ve sertleşmiş beton özellikleri (ultrases geçiş hızı, basınç dayanımı) araştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Ağır agrega, hematit, kendiliğinden yerleşen beton, taze ve sertleşmiş beton özellikleri

INVESTIGATION OF SOME PHYSICAL AND MECHANIC PROPERTIES OF SELF-COMPACTING CONCRETE INCLUDING HEMATITE AGGREGATE

Abractst

Due to technological developments and changes the construction sector requirements, performance expected from concrete is varies by each passing day. Anymore, as well as conventional performance of concrete (compressive strength, impermeability, etc.), the shielding performance of concrete also is expected to be higher because of radiation occurring from natural or artificial sources with electromagnetic fields emitted by their. In addition, using too rebar in the construction elements in order to increase of construction strength, is reveals the placement problem of the between concrete with rebar and leads to weakening of bond between rebar and concrete.

While heavy concrete as high segregation risk for radiation shielding is generally using in construction of buildings, the self compacting concrete is using in the construction elements with intensive rebar. The main purpose is optimum resolving for these two properties conflicting with one another.

In this study, some fresh (unit weight, slump flow) and hardened (ultrasonic pulse velocity, compressive strength) properties of self compacting concrete including hematite and limestone aggregates produced using two different cement (CEM I 42.5 R and Aluminate), three different dosages (300, 400 and 500 kg/m³) were investigated.

Key words, Heavy aggregate, hematite, self-compacting concrete, fresh and hardened concrete properties

* İstanbul Gelişim Meslek Yüksek Okulu, Mimari Restorasyon Bölümü, İstanbul.

E-posta: bzengin@gelisim.edu.tr

1. Giriş

Kendiliğinden Yerleşen Beton (KYB), kendi ağırlığının etkisiyle akabilen, içinde sık ve yoğun donatı ağı bulunan bir kalıbı tamamen dolduran ve bu esnada bozulmayan betondur (Özkul, 2002). Günümüzde KYB özel tip betonlar sınıfında sayılmaktadır. Genellikle büyük boyutlu inşaatlarda, prefabrike beton üretiminde, sık donatılı dar kesit özelliklerinin bir arada olduğu perde tipi elemanlarda, tamir, bakım ve yenileme işlerinde, tünel gibi özel kalıp gerektiren işlerde yaygın olarak kullanılmaktadır (Hauke, 2001; Martin, 2002).

KYB ilk olarak, 1980'li yılların başlarında Japonya'da beton yapılarda durabilite özelliğini geliştirmek için en etkin çözüm olarak düşünülmüş ve kendi ağırlığında vibrasyonsuz yerleşen beton üretilmiştir. (Okamura ve Ouchi, 2000).

Vibrasyonun giremediği donatılıların erişimi engellediği dar alanlarda KYB kendi ağırlığı altında sıkıştırılarak boşlukları doldurur. Bu davranışı elde edebilmek için taze betonun yeterli akışkanlığa sahip olması gerekmektedir (Collepari vd., 2001). Kimya alanındaki gelişmeler ve polimer teknolojisinin ilerlemesi çok etkili akışkanlaştırıcıların keşfine sebep olmuştur. Yüksek oranda su kesme yeteneğine sahip bu akışkanlaştırıcılar aynı zamanda taze betonun işlenebilirliğini de arttırmaktadır. Yeni nesil akışkanlaştırıcıların sağladığı bu etki bilim adamlarını taze betonun yerleştirilmesi sırasında gereken sıkıştırma işlemi ortadan kaldırmak için araştırma yapmaya yöneltmiştir (Felekoğlu, 2003).

Beton içinde hacimsel olarak %60-75 civarında yer işgal eden agregası önemli bir bileşendir. Agregası, çimento ve su ile birlikte betonu oluşturan temel malzemelerden birisidir (Erdoğan, 1995). KYB üretilirken de seçilen agreganın özellikleri, beton özelliklerini etkileyen en önemli parametrelerden biridir. Agregası boyutu olarak EFNARC (2002) tarafından 20 mm tane çapı üzerindeki agregaların kullanılmaması ön görülmekteyse de bu konuda kesinlik yoktur. Ancak kendiliğinden yerleşen betonun özelliği gereği akışkanlığını ve sık donatılar arasından geçebilme yeteneğini gösterebilmesi gerekmektedir. Bunun için en uygun agregası tane boyutunun 16 mm olduğu yapılan çalışmalardan görülmektedir (Uygunoğlu, 2008).

Bu çalışmada özel tesislerde (nükleer santaraller, hastaneler, radyasyon yayan tesisler vb.) kullanılan ağır betonun vibrasyondan etkilenip segregasyona uğramasını azaltabilmek için kendiliğinden yerleşen beton özelliklerinden yararlanarak ağır agregalı kendiliğinden yerleşen beton üretimi yapılmıştır. Betonun dayanımı için mekanik ve fiziksel özellikleri incelenmiştir.

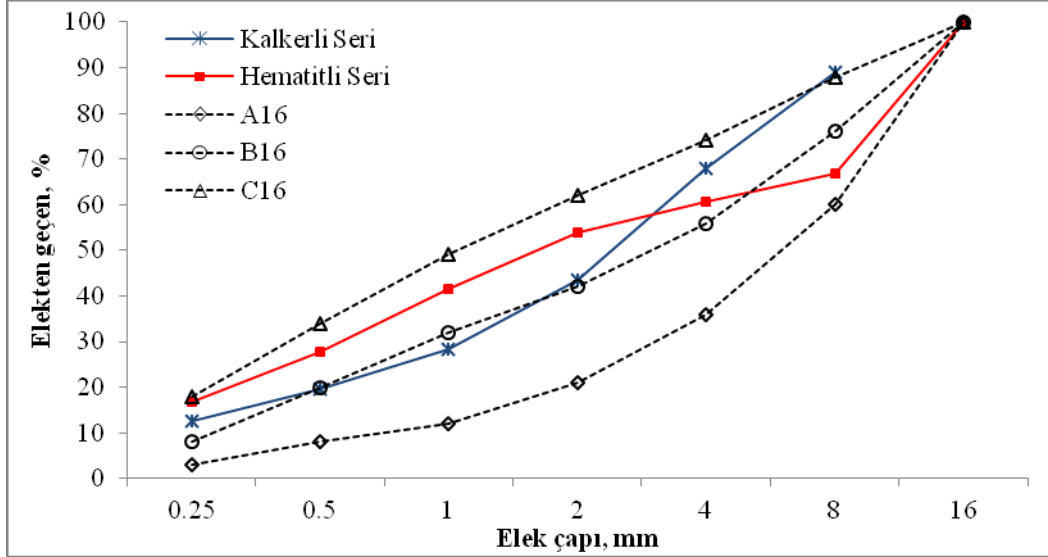
2. Materyal ve Yöntem

2.1. Agregası

Deneyisel çalışmalarda kalker kökenli kırmataş ve ağır agregası olan hematit agregaları kullanılmıştır. Kırmataş Cebeci-İstanbul'dan temin edilmiştir. Hematit ise Hekimhan-Malatya bölgesinden temin edilmiştir.

Kırmataş agregası 0-4, 0-8, 0-16 mm sınıflarına göre ayrılmıştır. Hematit agregası madenden tüvenan halde gelip öğütüldükten sonra 0-4, 0-8, 0-16 mm olarak elek aralıklarında ayrılıp sınıflandırılmıştır.

Hematit ve kalkerin agregası olarak kullanıldığı, her bir agregası tipinde iki farklı çimento tipi (CEM I 42.5 R ve Alüminatlı) ve 3 farklı çimento dozajı (500, 400 ve 300 kg/m³) kullanılarak toplamda 12 seri beton üretilmiştir. Kalkerli ve hematitli betonların üç farklı dozadaki karışım yüzdelerine sınır değerleriyle birlikte karışım granülometreleri Şekil 2.1'de verilmiştir.



Şekil 2.1. Hematitli ve kalkerli betonlar için karışım granülometreleri

2.2. Çimento

Deneyisel çalışmada iki tip çimento (CEM I 42.5 R ve alüminatlı) kullanılmıştır. Çimentolara ait bazı özellikler Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Çimentolara ait bazı fiziksel ve kimyasal özellikler

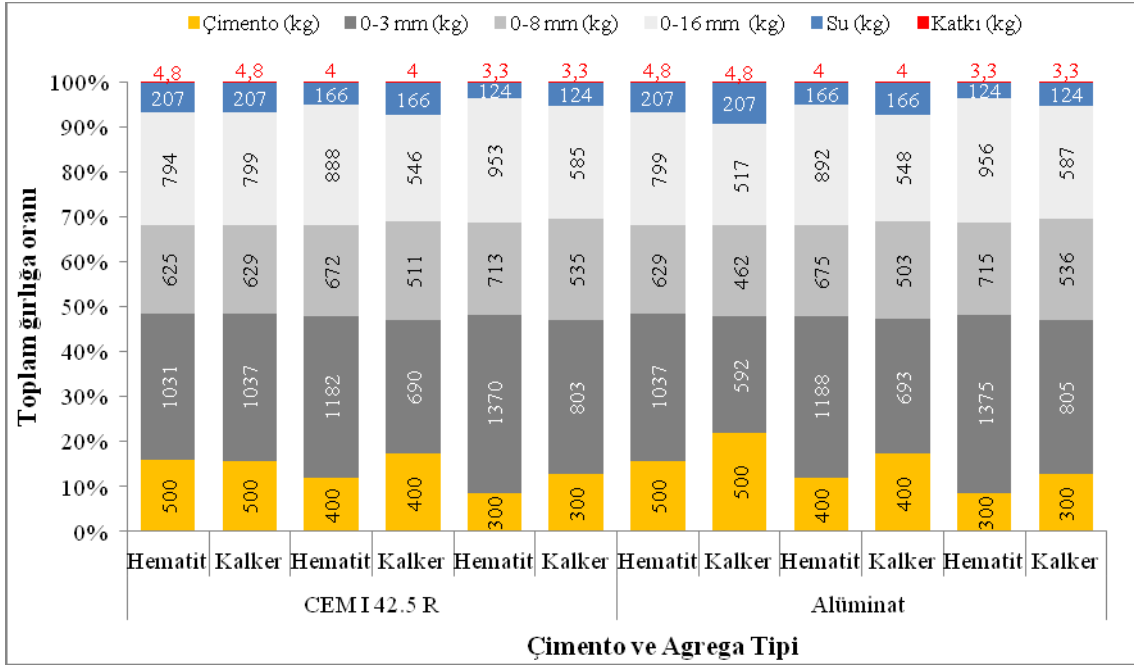
Çimento tipi	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	Tane Yoğ. (g/cm ³)	Blanine (m ² /kg)
CEM I 42.5R	17.25	4.16	3.54	56.65	3.12	311
Alüminatlı	3.50	40.30	16.60	36.10	3.26	288

2.3. Kimyasal Katkı

Beton üretimlerinde polikarboksilik eter esaslı, yeni nesil akışkanlaştırıcı katkı (yoğunluk; 1.112 kg/litre) kullanılmıştır.

2.4. Üretilen betonların karışım dizaynı

Üretilen betonlarda s/ç (0.42) ve kimyasal katkı oranı Türkiye Hazır Beton Birliği (THBB, 2007)’a göre çökme yayılma sınıfı en az SF1 (550-650 mm) ve segregasyon oluşmaksızın kullanılacak en yüksek oranlar olacak şekilde ön deneylerle belirlenmiştir. Üretilen beton karışımlarında kullanılan malzemelerin miktarları ve ağırlıkça oranları Şekil 2.2’de verilmiştir.

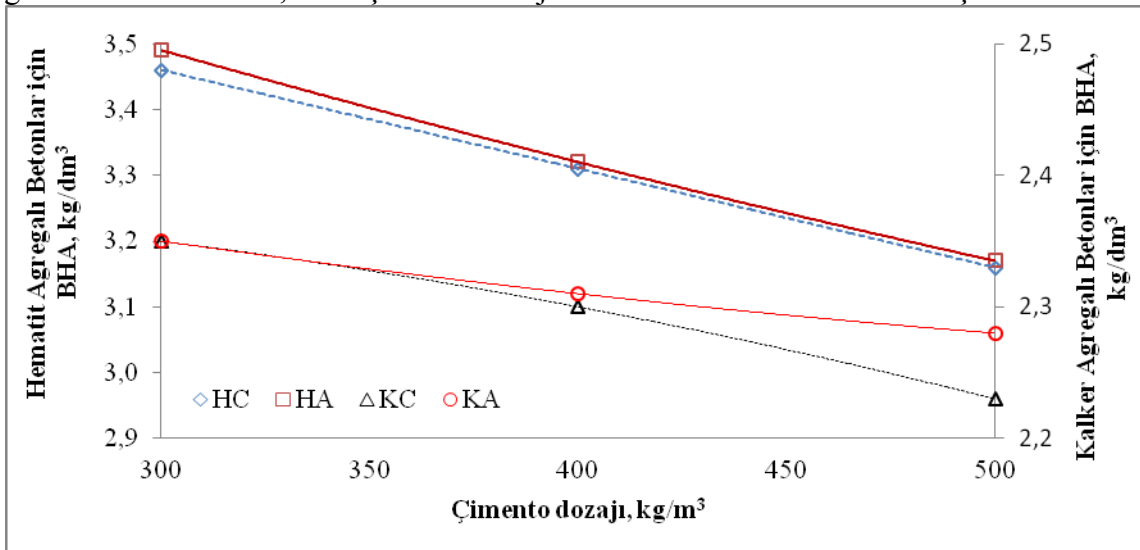


Şekil 2.2. Beton karışımlarında kullanılan malzemelerin miktarları ve ağırlıkça oranları

3. Araştırma Bulguları

3.1. Taze birim hacim ağırlık (TBHA) deney sonuçları

Üretilen betonların agrega tipi, çimento dozajı ve çimento tipine göre TBHA değerlerinin değişimi Şekil 2.3’de verilmiştir. En yüksek TBHA değerleri hematit agregalı-alüminat çimentolu betonlarda (HA) en yüksek, kalker agregalı-CEM I 42.5 R çimentolu (KC) betonlardan en düşük TBHA değerleri elde edilmiştir. Hematit agregalı-CEM I 42.5 R çimentolu (HC) ve kalker agregalı-alüminat çimentolu betonlarda (KA) ise agrega tipine göre değişimler elde edilmiştir. Her iki agrega tipinde de CEM I 42.5 R’li betonlardan (HC ve KC) alüminatlı betonlara göre (HA ve KA) azda olsa düşük değerler elde edilmiştir. Tüm serilerde çimento dozajının artmasıyla betonların TBHA değerlerinde azalma elde edilmiştir. Kırmataşlı serilerin düşük çimento dozajında TBHA değerleri benzer iken (çimento tipinin etkisizken) artan çimento dozajında TBHA değerinde farklılıklar elde edilmiştir. Hematitli serilerde ise kalkerli serilerin aksine düşük çimento dozajlarında TBHA değerlerinde farklılıklar, artan çimento dozajında ise benzerlikler elde edilmiştir.



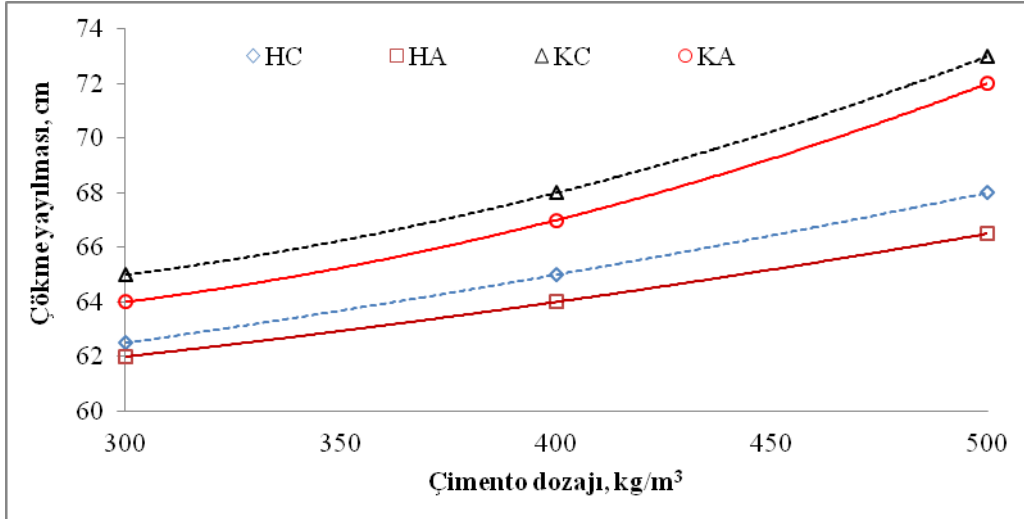
Şekil 2.3. Çimento dozajı ile çimento ve agrega tipine göre BHA değişimi

3.2. Çökme yayılması deney sonuçları

Çökmede yayılma deneyi KYB'nin deformasyon hızının gözlenmesini ve numunenin kendi ağırlığı ile yayılarak oluşturacağı çapın ölçülmesini kapsamaktadır. KYB doldurma yeteneğinin belirlenmesinde kullanılan yöntem çoğunlukla çökmede yayılma değeridir. Elde edilen deneysel sonuçlar Şekil 2.4'de gösterilmiştir. En yüksek çökme yayılma değeri 500 kg/m³ çimento dozajlı KC betonundan, en düşük çökme yayılma değeri ise 300 kg/m³ çimento dozajlı HA betonundan elde edilmiştir. 500 kg/m³ dozlu betonların yayılma değerlerine göre 400 dozlu betonlarda %3.8-6.9, 300 kg/m³ dozlu betonlarda ise %7-11.1 oranlarında daha az yayılma çapı değeri elde edilmiştir.

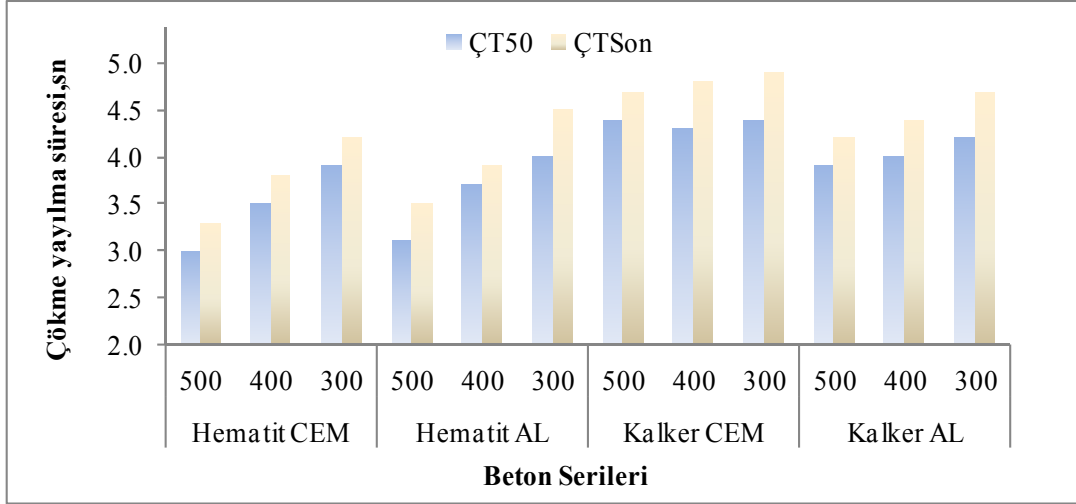
Hematitli betonların TBHA değerleri daha yüksek olmasına karşılık, kalker agregalı karışımlardan (KC ve KA) hematit agregalı karışımlara (HC ve HA) göre tüm çimento dozlarında daha yüksek (%3.1-7.6) çökmede yayılma değerleri elde edilmiştir.

Alüminat çimentolu betonların (HA ve KA) çökme yayılma değerleri CEM I 42.5 R'li betonlara (HC ve KC) göre daha düşük olmasına rağmen bu etki oldukça azdır (CEM I 42.5 R'li serilere göre alüminatlı betonlar %0.8-2.2 arasında daha azdır).



Şekil 2.4. Agregat ve çimento türüne göre çökme yayılması-çimento dozajı ilişkileri

Yine üretilen taze betonlar üzerinden yayılma çapı ölçümlerinin yanı sıra betonların 50 cm çapa yayılma süreleri ($\check{C}T_{50}$) ve yayılmanın tamamlandığı son çapa kadar geçen süre ($\check{C}T_{\text{son}}$) ölçümleri de alınmıştır. Tüm serilerde yüksek çimento dozajında yayılma ve $\check{C}T_{50}$ süreleri daha kısa elde edilmişken çimento dozajının azalmasıyla bu değerlerin arttığı belirlenmiştir (Şekil 2.5).

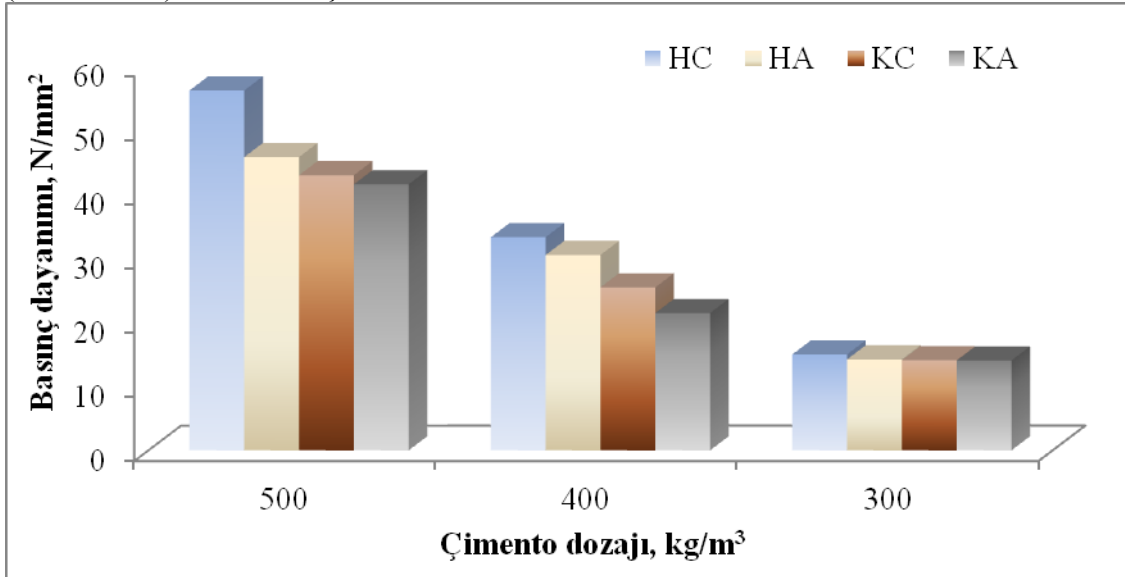


Şekil 2.5. Çökme yayılım süreleri ve beton serileri

En yüksek yayılım süreleri kalker-500 kg/m³ dozlu CEM I 42.5 R'li betondan, en düşük yayılıma süresi ise hematit-500 kg/m³ dozlu alüminatlı betondan elde edilmiştir. Hematitli seriler çimento tipinden bağımsız olarak kırmataşlı serilere göre yayılmalarını daha kısa sürede tamamlamışlardır. Alüminatlı çimentonun etkisi incelendiğinde hematitli serilerde yayılma süreleri alüminatlı serilerde daha fazla iken (ÇT₅₀ için %2.5-5.4, ÇT_{Son} için %2.6-6.7) kırmataşlı serilerde (ÇT₅₀ için %4.8-12.8, ÇT_{Son} için %4.3-11.9) daha azdır.

3.3. Basınç dayanımı deney sonuçları

Şekil 2.6'da agrega ve çimento türüne göre basınç dayanımı-çimento dozajı değerleri verilmiştir. Hematitli serilerde (HC ve HA) basınç dayanımı, kırmataşlı serilere göre (KC ve KA) daha fazladır (%1.2-29.7). Dozaj miktarının azalmasıyla da basınç dayanımında azalma (%33.4-73.4) elde edilmiştir.



Şekil 2.6. Agrega ve çimento türüne göre basınç dayanımı değerleri

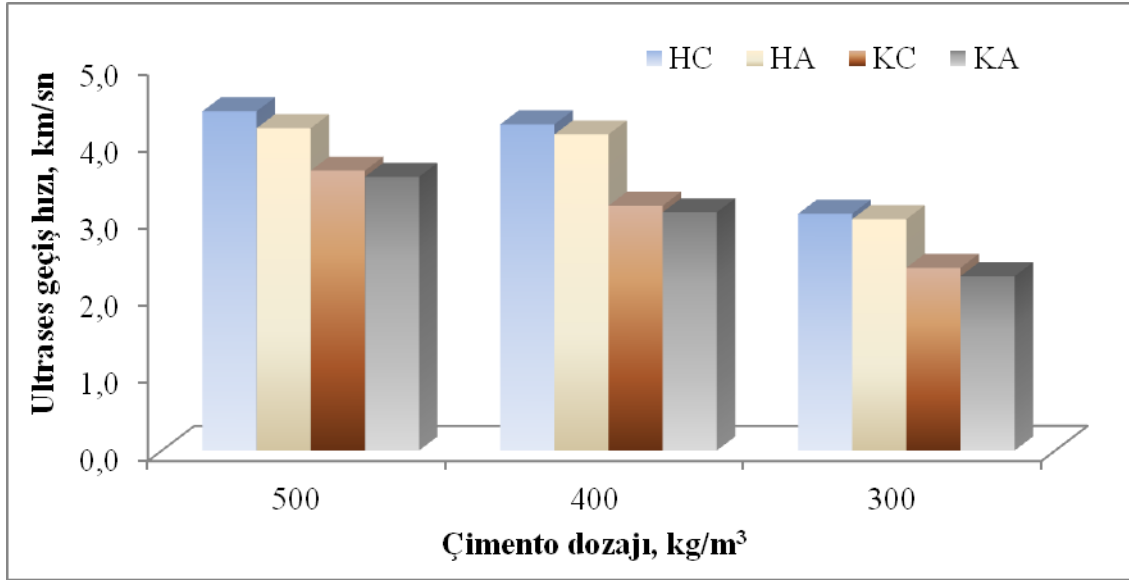
En yüksek basınç dayanımı hematit-500 kg/m³ dozlu CEM I 42.5 R'li betondan elde edilmiştir. 300 kg/m³ dozlu betonlarda basınç dayanımı değerleri birbirine çok yakın elde edilmiştir. Yine de en düşük basınç dayanımı kalker-300 kg/m³ dozlu alüminatlı betondan elde edilmiştir.

3.4. Ultrases geçiş hızı deney sonuçları

Şekil 2.7’de çimento dozajı ve agrega türüne bağlı olarak ultrases geçiş hızı değerleri verilmiştir. Çimento dozajının azalmasıyla da ultrases geçiş hızı azalmıştır. Hematit agregasıyla üretilen serilerde (HA ve HC), kırmataş agregasıyla üretilen (KA ve KC) serilere göre ultrases geçiş hızı (%15.1-24.9) daha fazladır.

400 ve 300 kg/m³ dozlu serilerin ultrases geçiş hızı değerleri 500 kg/m³ dozlu serilere göre (%1.9- 36.3) daha azdır. Alüminatlı çimentoların ultrases geçiş hızı CEM I 42.5 R’li (%2.2-5.0) betonlara göre daha azdır. Ultrases geçiş hızı en fazla 500 kg/m³ dozlu kalker-CEM I 42.5R’li betondan, en az ise 300 kg/m³ dozlu hematit-alüminatlı betondan elde edilmiştir.

Hematit agregası kullanımı basınç dayanımı artırırken ultrases geçiş hızını azaltmıştır. Dozaj miktarının azalmasıyla basınç dayanımı ve ultrases geçiş hızı değerleri azalmıştır.



Şekil 2.7. Agrega ve çimento türüne göre ultrases geçiş hızı değerleri

4. Sonuç ve Öneriler

Hematit ve kalker kökenli agregalar ile 300-400 ve 500 kg/m³ dozajlı CEM I 42.5 R ve alüminatlı çimentolar kullanılarak üretilen KYB’lerden elde edilen sonuçlar aşağıda sunulmuştur.

- Ağır agrega (hematit) kullanımı ile kalkerli üretilen betonlara göre birim hacim ağırlık değerleri yaklaşık % 27.7 daha fazladır.
- Çökme yayılması değerlerinde, çimento dozajı arttıkça yayılım miktarında artış elde edilmiştir. Yine kalkerli serilerde (KC ve KA) yayılım hematitli üretilen serilerden (HC ve HA) daha fazladır (%3.1-7.6).
- Hematit agregası kullanımı ile basınç dayanımında kalkerli serilere göre artış elde edilmiştir (%1.2-29.7).
- Ultrases geçiş hızı hematitli serilerde, kalkerli serilere göre daha fazladır (%15.1-24.9).

Çalışma sonucunda ağır agrega kullanılarak kendiliğinden yerleşen beton üretimi yapılabileceği, bununla birlikte normal agregalı betonlara göre yüksek oranda segregasyon riski taşıdığından akışkanlaştırıcı katkı ile birlikte viskozite artırıcı katkı ya da yüksek oranda filler içeren ince agrega kullanılması gerektiği sonuçlarına ulaşılmıştır.

5. Teşekkür

2983-YL-11No’lu Proje ile çalışmamızı maddi olarak destekleyen Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi Başkanlığına teşekkür ederiz.

5. Kaynaklar

- ASTM C 127, (2001). Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of Coarse Aggregate. Annual Book of ASTM Standards, 5, USA.
- Collepari, M., Khurana, R., Valente, M., (2001). Construction of a Dry Dock Using Tremie Superplasticized Concrete, in: V.M. Malhotra (Ed.), Superplasticizers and Other Chemical Admixtures in Concrete, ACI SP-119, Farmington Hills, MI, USA, 471–492.
- EFNARC, (2002). Specification and Guidelines for Self-Compacting Concrete. European Federation for Specialist Construction Chemicals and Concrete Systems, 32 p., Farnham, UK.
- Erdoğan, T. Y., (1995). Agregalar. Türkiye Hazır Beton Birliği, 162s., İstanbul.
- Felekoğlu B., (2003). Kendiliğinden Yerleşen Betonun Fiziksel ve Mekaniksel Özelliklerinin Araştırılması. Dokuz Eylül Üniversitesi. Yüksek Lisans Tezi, 245s., İzmir.
- Hauke B.,(2001). Self-Compacting Concrete for Precast Concrete Products In Germany, 2nd International RILEM Symposium on Self Compacting Concrete, Tokyo, 633-642.
- Martin D.J., (2002). Economic Impact of SCC in Precast Applications, First North American Conference on the Design and Use of Self-Consolidating Concrete, 153-158.
- Okamura, H. ve Ouchi, M., (1999). Self-Compacting Concrete Development, Present and Future. In: Proceedings of First International Rilem Symposium on Self-Compacting Concrete (PRO 7). Stockholm, Sweden: RILEM Publications; 3–14.
- Özkul, M.H., (2002). Beton Teknolojisinde Bir Devrim: Kendiliğinden Yerleşen Sıkışan Beton. THBB Hazır Beton Dergisi, 9 (32), 64-71.
- THBB, (2007). Kendiliğinden Yerleşen Beton Kılavuzu. Türkiye Hazır Beton Birliği. 63s.
- Uygunoğlu, T. 2008. Hafif Agregalı Kendiliğinden Yerleşen Betonun Özellikleri. Süleyman Demirel Üniversitesi. Doktora Tezi, 155, Isparta.