



## KENDİLİĞİNDEN YERLEŞEN BETON ÖZELLİKLERİ ÜZERİNDE AGREGA ÖZELLİKLERİNİN ETKİSİ

Cengiz ÖZEL<sup>\*1</sup>, Ali Nadi KAPKAN<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Süleyman Demirel Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Isparta  
cengizozel@sdu.edu.tr

### Makale Bilgisi

Geliş tarihi:14.08.2017  
Kabul Tarihi:05.12.2017  
Yayın tarihi:31.12.2017

Anahtar Kelimeler;  
Kendiliğinden yerleşen beton, agrega özellikleri, betonun performansı

### ÖZET

Gelişen malzeme ve üretim teknolojileri ve ortaya çıkan yoğun donatılı yapı elemanları nedeniyle Kendiliğinden Yerleşen Betonların yapı sektöründe kullanımı her geçen gün artmaktadır. Bu çalışmada Kendiliğinden Yerleşen Betonların performans özellikleri üzerinde agrega etkisini ortaya koyan çalışmalar sunulmuştur.

Sonuç olarak, yerel kaynaklarla yaygın olarak üretilen Kendiliğinden Yerleşen Betonlarda çimento hamuru ve agrega bağlantısını ortaya koyan daha detaylı çalışmalara agregaların mineralojik ve petrografik özelliklerine bağlı olarak incelemelerin yapıldığı çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

## EFFECT OF AGGREGATE PROPERTIES ON PERFORMANCE OF SELF COMPACTING CONCRETE

### Article Info

Received: 14.08.2017  
Accepted: 05.12.2017  
Published: 31.12.2017

Keywords;  
Self-compacting concrete, aggregate properties, performance of concrete

### ABSTRACT

Because of the developing materials and production technologies and the resulting dense-reinforced building elements, the use of Self-Compacting Concretes in building sector is increasing day by day. In this study, we present the studies that show the aggregate effect on the performance properties of Self-Compacting Concrete.

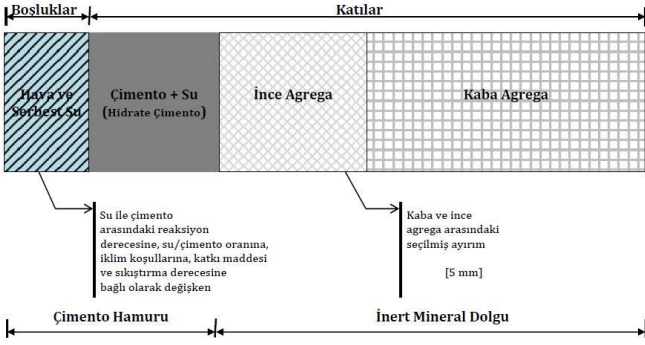
As a result, there is a need for more detailed studies that cement paste and aggregate connections in self-settling Concrete, which are widely produced with local resources, and those studies are being carried out in relation to the mineralogical and petrographic properties of aggregates.

### 1. Giriş

Beton içine konulan kalıp şeklini alabilmesi (şekil verilebilme kolaylığı), üretim kolaylığı ve yerel imkanlarla üretilebilmesi, maliyetinin diğer taşıyıcı yapı malzemelerine göre ucuz olması, dayanım ve dayanıklılık kriterlerinin yüksek olması ve ihtiyaca göre tasarımının değiştirilebilmesi, sürdürülebilir oluşu vb. özelliklerden dolayı günümüzde en yaygın olarak kullanılan yapı malzemesi özelliğini sürdürmektedir. Beton bileşimi ve üretim süreci teknolojik gelişmelere paralel olarak sürekli gelişmektedir.

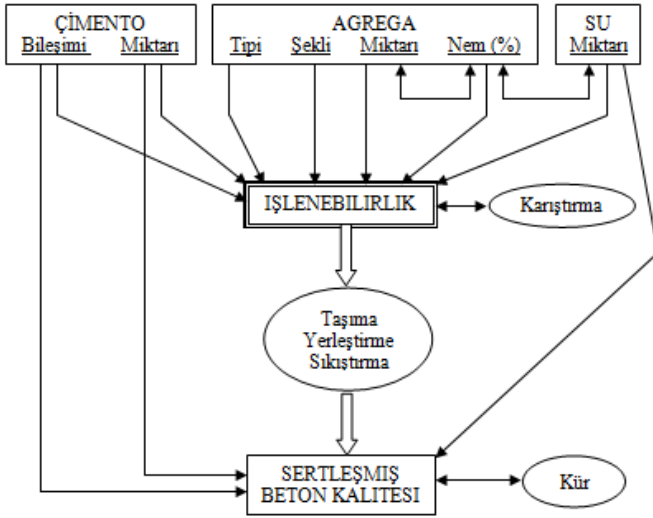
Beton, çimento, su, agrega ve gerektiğinde katkı maddelerinin (mineral, kimyasal, fiber vb.) belirli şartlar ve oranlarda karıştırılmasıyla elde edilen, başlangıçta şekil verilebilen plastik formda olup, zamanla çimento ve su arasındaki kimyasal reaksiyonun gelişmesiyle (hidratasyon) sertleşerek mukavemet kazanan, harç fazı ve agregadan oluşan kompozit bir yapı malzemesidir (Özel, 2007; Yen vd., 1999). Betondan beklenen en temel özellikler dayanım, dayanıklılık ve işlenebilirliktir. Son yıllarda betondan beklenen temel özelliklerin yanı sıra yüksek sıcaklık, ısı, ses, radyasyon geçişi vb.

ilave özelliklerde (termodinamik ve termomekanik) performans kriterlerini sağlaması beklenmektedir.



**Şekil 1.** Belirli bir dayanıma ulaşmış betonun içyapısı (Anonim, 2017a)

Betonun taze ve sertleşmiş haldeki özellikleri ve performansı betonu oluşturan bileşenlerin kalitesi ve oranına (beton agregasının granülometrisine-boyutuna-biçimine, çimento özellikleri ve miktarına, s/ç oranına) bağlı olarak değişmekle beraber (Şekil 2), beton içindeki hava miktarı, beton ve havanın sıcaklığı, betonun su ile karıştırılmaya başladığı andan itibaren kullanıldığı ana kadar geçen süre ve ortam şartları da beton kalitesinde önemli etkiye sahiptir.



**Şekil 2.** Beton özelliklerini etkileyen faktörler (Tattersall, 1991)

Taze betonda kohezyonu ve kararlılığı etkileyen birleşim parametreleri su/çimento, agrega/çimento oranı ve su miktarıdır (Akman, 1987; Erdoğan, 2003). Kuşkusuz ki beton hacminin %60-75'ini oluşturan, betonu oluşturan bileşenler arasında özellik ve performansta en büyük değişkenlik elde edilmiş tür ve kaynağına (jeolojik ve mineralojik özelliklerine) bağlı olarak değişen agregalar oluşturmaktadır (en büyük tane boyutu, yüzey yapısı, kökeni ve granülometrik dağılımı). Bu nedenle ısı yalıtımı için hafif agregalarla üretilen

betonların kullanımı ("Pomza, Diatomit, Perlit" (Köseoğlu vd., 2014) vb.) yaygın olarak araştırılırken, radyasyon geçişini engellemek için ise ağır ve özel agregaların ("Hematit-Kolemanit" (Filiz vd., 2009), "Barit" (Kılınçarslan, 2004), vb.) betonda kullanılabilirliği ile ilgili çalışmalar yapılmaktadır. Agregaların beton içinde üç önemli işlevi olmasına rağmen;

- ▶ Salt çimento hamuruna göre daha iyi bir durabilite elde edilmesinde ve uygulanan yüklere karşı uygun dayanım sağlayan partikül teşekkülünde
- ▶ Çimentoya göre daha ucuz bir malzeme olarak hacimsel yer doldurması
- ▶ Yerleştirme bakım ve kuruma süresince oluşacak hacim değişikliklerinin önlenmesi (Yücel, 2009).

günümüzde ihtiyaç duyulan diğer ihtiyaçları (ısı, ses, radyasyon vb. etkilere) karşılayacak beton üretimi içinde işlevsel özellikleri karşılaması beklenmektedir.

Dayanıklı ve ekonomik bir beton elde etmek için karışımda kullanılan agregaların bazı özelliklere sahip olması gerekir. Uygun agrega ile betonda dayanıklılık, işlenebilirlik ve mukavemet gibi önemli özellikler sağlanarak yüksek kaliteli beton elde edilebilir (Taşkın, 2008). TS 706 EN 12620+A1 (2009) "Beton Agregaları" standardı, betonda kullanılacak agregalarla ilgili temel özellik ve sınırlamaları tanımlamaktadır.

## 2. Kendiliğinden Yerleşen Betonlar

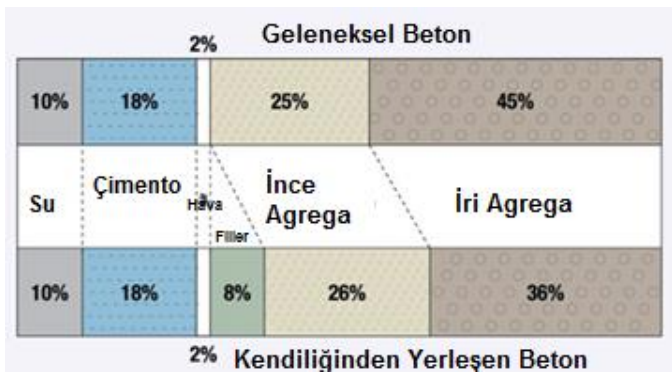
Kendiliğinden yerleşen betonlar 1980'li yılların başlarında su altı beton uygulamaları için geliştirilmiş olmasına karşılık, yoğun donatılı ve dar kesitli elemanlarda betonun homojenliğini koruyarak herhangi bir vibrasyon gerektirmeden kendi ağırlığı ile yayılabilmesi/yerleşebilmesi özelliği nedeniyle her geçen gün kullanımı yaygınlaşmış ve yapı sektörü için önemi artmıştır (Sağlam ve Özkul, 2006). KYB'ler kendi ağırlığı altında yerleşirken ayrışma ve terleme gibi problemler yaratmayarak kohezyonunu (stabilitesini) koruyabilen, çok akıcı kıvamlı özel bir beton türüdür (Felekoğlu, 2003).

Kendiliğinden yerleşen beton literatürde Kendiliğinden Sıkışan Beton (Self-Compacting Concrete - SCC), Kendiliğinden Yüzeyleyen Beton (Self-Levelling Concrete - SLC) Kendiliğinden Konsolide Olan, Çöken Beton (Self-Consolidating

Concrete – SCC) isimleri ile anılmasına rağmen Türkiye’de çoğunlukla Kendiliğinden Yerleşen Beton terimi kullanılmakta olup Kendiliğinden Sıkışan Beton (KSB) veya Kendiliğinden Sıkışarak Yerleşen Beton isimleri de alternatif olarak kabul görmektedir (Felekoğlu, 2003).

KYB ve geleneksel beton tasarımında kullanılan malzemeler temelde aynı olmasına karşılık, malzeme miktarları (iri ve ince agregaya) hacimce bazı farklılıklar göstermektedir. İnce malzeme oranının artırılması için filler malzeme kullanımı birçok araştırmacı ve standart tarafından önerilmektedir. Geleneksel beton üretiminde agregaya hacmi, toplam beton hacminin %75-80’lerine ulaşmaktadır. Ancak kendiliğinden yerleşen betonda (KYB), yüksek akış kabiliyetinin sağlanması amacıyla agregaya hacmi azaltılmıştır. Dolayısıyla hamur hacmi de farklı toz maddelerin ilavesi ile arttırılmaktadır. Bu durumda agregaların birbirine temas ederek sıkışma olasılığı azalmaktadır (Türkel ve Felekoğlu, 2012)

Kendiliğinden yerleşen betonda geleneksel betondan farklı olarak kum oranı da arttırılmakta, buna karşılık iri agregaya miktarı azaltılmaktadır. Diğer yandan 0.125 mm elek altında kalan agregalar ince malzeme miktarına ilave edilmektedir (Sağlam vd., 2004). Kendiliğinden yerleşen betonda kullanılacak agregaya gradasyonu mümkün olduğunca ince seçilmelidir. Nehdi vd. (1998), filler malzemenin kısmi ikamesi ve agregaya boyutunun küçülmesiyle, beton iletiminde blokajın azalacağı ve yağlanma etkisinin artacağını, özellikle yuvarlak agregalarda akma gerilmesi ve plastik viskozitenin azalacağını belirlemiştir.



Şekil 3. Geleneksel ve kendiliğinden yerleşen betonların bileşimleri (Anonim, 2017b)

Yen vd. (1999) YPB’da üniform ve sabit akış olduğundan reolojik parametrelerle akış özelliklerinin tanımlanabileceğini belirtmiştir. Kum oranı arttıkça akış azaldığını, bunun nedenin ise kum arttıkça kumu çevreleyen çimento pastası miktarı azalmasıyla kum tanelerinin kilitlemesine

neden olduğunu ancak kumun gereğinden az olması durumunda da kuma olacağını belirtmiştir. Sabit SP dozajında, iri agregaya azalmasıyla çökmenin artacağını, hem SP hem de iri agregaya sabit tutulup ince agregaya azaltılırsa çökme yayılması artacağını, pasta hacminin artmasıyla çökme yayılması artacağını, benzer olarak betonun işlenebilirliğinin de içindeki harç miktarına bağlı olduğunu belirtmişlerdir.

Wallevik (2006), matrisin agregalar arasında yağlanma etkisi yaptığını belirtmiştir. Anonim (2017c)’de ise benzer olarak pasta hacminin azalmasıyla işlenebilirlik yeteneğinin önemli derecede azaldığını, bu sonuçta yağlama görevi yapan pasta hacminin etkinliği kadar iri agregaya boyut ve miktarının da etkisi oldukça fazla olduğunu belirtmişlerdir.

Uysal ve Yılmaz (2011), KYB tasarımında kullanılacak iri agregaya miktarı istenen akıcılık ve kıvam şartlarının sağlanabilmesi için genellikle hacimce %45-50 civarında kullanıldığını belirtmişlerdir. Yazarlara göre bu sınırlandırma genellikle sistemdeki fazla iri agreganın ince agregaya da mineral katkıları ile ikame edilmesi ile gerçekleştirilmektedir. Kireçtaşı tozu, uçucu kül ve granüle edilmiş yüksek fırın cürufu gibi inert malzemelerin veya mineral katkıların KYB üretiminde kullanılmasıyla, üretim için gereken çimento miktarı azaltılabileceğini, aynı zamanda işlenebilirlik ve dayanıklılık özellikleri geliştirilerek, daha ekolojik ve ekonomik tasarımlar elde edilebileceğini belirtmişlerdir (Gödek vd., 2015).

Fang vd., (1999)’e göre kum oranının toplam hacmin % 45 - 48’i arasında tutulması halinde kendiliğinden yerleşebilirliğin en yüksek dayanımda sağlanacaktır (Saf, 2015).

İri ve ince agregaya hacimlerinin yanı sıra, maksimum tane boyutunun da sınırlandırılması gerekmektedir. İri agregaya boyutunun azalması KYB’nin kırılma tokluğunu azaltmaktadır (Gödek vd., 2015). Agregaya boyutu olarak 20 mm tane çapı üzerindeki agregaların kullanılmaması ön görülmeğe de bu konuda kesinlik yoktur. Ancak kendiliğinden yerleşen betonun özelliği gereği akışkanlığını ve sık donatılar arasından geçebilme yeteneğini gösterebilmesi gereklidir. Bunun için en uygun agregaya tane boyutunun 16 mm olduğu yapılan çalışmalardan görülmektedir (Uygunoğlu, 2008). Collepardi (2005), segregasyonun önlenmesi için KYB üretiminde kullanılacak en büyük agregaya

çapı olarak prefabrike beton üretiminde 10 mm'yi, diğer üretimlerde ise 15 mm'yi geçmemesi gerektiğini belirtmiştir.

En büyük tane boyutu arttıkça akma gerilmesi ve plastik viskozite artar. Betondaki agrega miktarı artışı ile akma gerilmesi yüksektir (Banfill, 2003). Fugiwara ve Nagataki (1999) tüm karışımdaki iri agrega oranının % 29'un üzerine çıkması halinde, iç sürtünme açısının ve plastik viskozitenin yükselmesine sebep olacağını belirtmişlerdir (Saf, 2015)

Benzer akma gerilmesindeki yuvarlak ve köşeli iri agrega içeren iki farklı betondaki plastik viskozitedeki artış, birbirine kenetlenen yüzeyler ve parçacıklar arası temas artışından dolayı kısmidir. Köşeli iri agregadan oluşan betonun plastik viskozitesi daha yüksektir. Plastik viskozitedeki artış için hesaplanan pastadaki akış direnci ve yüksek gerilme sonucunda kayma hızı da artar. Parçaların etkisi ise, kaba taneli betonlarda basit hacim etkisi ve ince taneli pastada yüzey alanı etkisidir (Banfill, 2003).

Banfill, (2003), ince/iri agrega oranının artışı kayma eşiğinin artışına, plastik viskozitenin ise düşmesine neden olacağını belirtmiştir. Felekoğlu (2003), ise, kum/iri agrega oranı için en uygun değeri 1.53 olarak tespit etmiştir. Bu değer altındaki oranlarda taze betonun bloke olma riski artmakta, üstündeki oranlarda ise viskozite aşırı artış olacağını belirtmiştir (Saf, 2015).

Yücel (1997), kaba agreganın yüzey pürüzlülüğünün, harç fazının ve betonun ilişkisinin etkilediğini belirtmiştir. Banfill vd. (2000), KYB'leri de kapsayan daha çok karışım, farklı viskozite değerinde, farklı agrega boyut ve şeklinde (köşeli ve yuvarlatılmış), nümerik çözümler ve reometreler için standart kalibrasyon sıvısının geliştirilmesi gerektiğini önermiştir. Ferraris ve Gaidis (1992), çimento pastasında, agregalar arasındaki uzaklığa benzetilen reometrenin levhaları arasındaki boşluğa bağlı reolojik farklılıklar olduğunu göstermiştir.

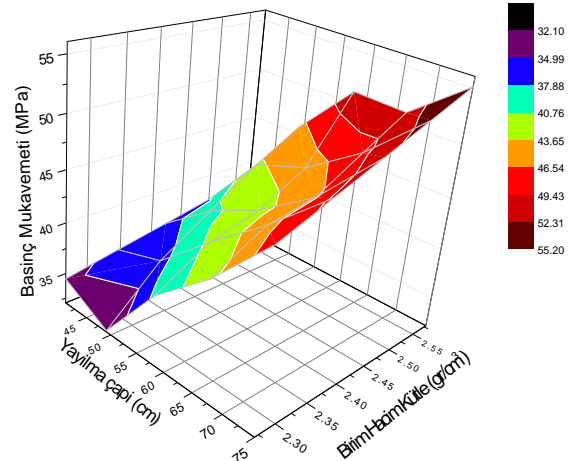
Mineralojik köken açısından normal betonda kullanılacak agrega özelliklerinde olmalıdır. Kırmataş (kireçtaşı) agrega olarak kullanılabilir. İşlenebilirlik açısından, doğal kumun kullanılması, kırma kuma göre daha uygundur. Aynı şekilde iri agrega olarak dere çakılı kullanılması iç sürtünmeyi azalttığı için akışkanlığı artırır. Fakat kırmataşın kenetlenme etkisiyle dayanıma katkısı da göz

önünde bulundurulmalıdır. Öte yandan agrega mineralojik kökeninin de basınç dayanımını etkileyeceği unutulmamalıdır. Bu iki etkinin (işlenebilirlik, basınç dayanımı) optimizasyonu için hem kırma hem de doğal agregayı bir arada kullanmak en uygun çözümdür (EFNARC, 2002, Uygunoğlu, 2008).

Türkel ve Felekoğlu, (2012), KYB'de aynı gradasyondaki kırma agrega doğal agregaya kıyasla mekanik özellikleri geliştirmede daha etkili olduğunu, KYB gibi hamur fazı oranı geleneksel betona kıyasla yüksek olan akıcı betonlarda iri agreganın mekanik özelliklere etkisi göreceli olarak azalsa da mekanizması geleneksel betona benzer olduğunu, beton yaşı ile agrega-matris ara yüzey bağının gelişiminin basınç dayanımına etkisinde geleneksel betonda olduğu gibi KYB'de de pürüzsüz yüzeyli doğal agregaların, kırma agregalara kıyasla düşük kaldığını belirtmişlerdir. Bununla birlikte Artık (2009), taze beton özelliklerinin genellikle çakıl serilerinde, sertleşmiş beton özelliklerinin ise kırma taş serilerinde daha yüksek sonuçlar elde edildiğini belirtmiştir.

### 3. Araştırma Bulguları

Agrega mineralojik tipinin KYB özellikleri üzerindeki etkisinin araştırılması için mermer, granit ve andezitten elde edilen agregalarla KYB üretimi yapılmıştır. Şahit olarak üretilen kalker kökenli agrega ile mermer, granit ve andezit sırasıyla %25, %50 ve %75 oranlarında yer değiştirilmiş, agrega tipinin yayılma çapı ve beton mukavemetine etkisi 300, 350 ve 400 kg/m<sup>3</sup> çimento dozajlı seriler için araştırılmıştır. Tüm numunelerde granülometri ve pasta içeriği değerleri sabit tutulmuştur.



Şekil 4. Agregatürüne göre özelliklerin değişimi



Şekil 4'den görüldüğü gibi üretilen betonlarda farklı birim hacim kütle, yayılma çapı ve basınç mukavemeti değerleri elde edilmiştir.

Birim hacim kütle artışı ile yayılma çapında ve basınç mukavemeti değerlerinde artış elde edilmiştir.

#### 4. Sonuç ve Öneriler

İç sürtünme açısının azaltılması için sürekli gradasyona sahip, iri agrega/kum oranının mümkün olduğunca düşük olması sağlanmalıdır.

Akışın sürekliliği ve blokajın önlenmesi için en büyük tane boyutunun ( $D_{max}$ ) olarak en fazla 16 mm olmalıdır.

Beton iletiminde blokajın azaltılması ve yağlanma etkisinin artırılması için, filler malzemenin kısmi ikamesi ve karışımda kullanılan agrega boyutunun küçülmesi gerekmektedir.

Geleneksel betonlarda agregalar arası boşluk çok daha fazla değişkenlik göstermesine karşılık, KYB'lerde daha yüksek oranda ince malzeme kullanılmasından dolayı agregalar arası boşluk daha azdır. Bununla birlikte aynı sebepten dolayı matris agrega kenetlenmesi daha düşük değer almaktadır. Çimento hamuru ve agrega bağlantısını ortaya koyan daha detaylı çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Her ne kadar KYB'ların taze ve sertleşmiş özellikleri üzerinde matris ve/veya ince malzemenin oluşturduğu pastanın etkisi yüksek olsa da, agregaların minerolojik-petrografik özelliklerine bağlı olarak KYB'ların performans özelliklerine etkisinin ortaya koyulduğu yeterli çalışma literatürde bulunmamaktadır. Özellikle bölgesel kaynaklara bağlı olarak (mermer, granit ve andezit vb.) agregaların KYB performansı üzerinde etkisinin araştırılması gereklidir.

Doğal agregalar akış özelliklerinde daha yüksek performans elde edilmesini sağlarken, kırmataş agregalı KYB'lerde daha yüksek mukavemet elde edilmektedir.

Yapılan deneysel çalışmada birim hacim kütle ile betonun incelenmiş olan yayılma çapı ve basınç mukavemeti değerleri arasında yüksek oranda ilişki olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte, üretilen betonların yayılma hızı ve pasta oranına bağlı performans özelliklerinin de araştırılması gerekmektedir. Basınç mukavemeti değişimleri için agrega-pasta ara yüzeyindeki aderans değerlendirmesinin yapılması gerekmektedir.

#### 5. Teşekkür

Bu çalışma 2820-M-11 Numaralı Proje ile Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından maddi olarak desteklenmiştir.

#### 6. Kaynaklar

Akman, M. S., 1987. Yapı Malzemeleri. İTÜ İnşaat Fakültesi Yayını, 161 s., İstanbul.

Anonim, 2017a. <http://www.ydinsaattanismanlik.com/hazir-beton-tasarimi/> Erişim tarihi: 10.10.2017

Anonim, 2017b. The Concrete Statue Directory, <http://concretestatues.com/2016/02/04/self-consolidating-concrete/> Erişim tarihi: 10.10.2017

Anonim, 2017c. Measurement of Properties of Fresh Self-Compacting Concrete (Final Report). European Union Growth Contract No. G6RD-CT-2001-00580, Project Coordinator: ACM Centre, University of Paisley, University College London (UCL) Civil and Environmental Engineering, p. 62, UK, <http://www.civeng.ucl.ac.uk/research/concrete/Testing-SCC/>, Erişim tarihi: 10.10.2017

Artık, K., 2009. Kendiliğinden Yerleşen Betonda Farklı Agregaların Beton Özelliklerine Etkisi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yapı Eğitimi Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 74 s.

Banfill, P., Beaupré, D., Chapdelaine, F., Larrard D. F., Domone, P., Nachbaur, L., Sedran, T., Wallevik, O., Wallevik, J. E., 2000. Comparison of Concrete Rheometers: International Tests at LCPC. (Ed. Ferraris, C. F., Brower, L. E.), Building and Fire Research Laboratory National Institute of Standards and Technology, NISTIR 6819, p. 157, Gaithersburg.

Banfill, P.F.G., 2003. The Rheology of Fresh Cement and Concrete - A Review. 11th

- International Cement Chemistry Congress, p. 13, Durban.
- EFNARC, 2002. Specifications and Guidelines for Self Compacting Concrete, p32.
- Erdoğan, T. Y., 2003. Beton. ODTÜ Geliştirme Vakfı Yayıncılık ve İletişim A.Ş. Yayını, s.741, Ankara.
- Felekoğlu B., 2003. Kendiliğinden yerleşen betonun fiziksel ve mekaniksel özelliklerinin araştırılması.DEÜ. Yüksek lisans tezi,İzmir.
- Ferraris, C., Gaidis, J., 1992. Connection Between the Rheology of Concrete and The Rheology of Cement Paste. ACI Journal 88, 388-393.
- Filiz, M., Nazıroğlu, M., Sancak, E., Özel, C., Gençel, O., "Ağır ve Kolemanit Agregalı Betonun Radyasyon Önlemede Kullanımının Araştırılması" adlı TÜBİTAK 106M442 Sayılı Proje
- Gödek E., Felekoğlu, B., Felekoğlu, K.T., 2015. Hazır Beton Sektörüne Uygun Polikarboksilat Esaslı Süper Akışkanlaştırıcı Katkı Seçimi ve Kendiliğinden Yerleşen Beton Üretimindeki Performansı, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 15, 8-18.
- Kılınçarslan, Ş., 2004. Barit Agregalı Ağır Betonların Radyasyon Zırhlamasındaki Özellikleri ve Optimal Karışımlarının Araştırılması, Doktora Tezi, SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Köseoğlu, K., Üzüm, O., Andiç Çakır, Ö., 2014. Beton Yapı Bileşenlerinin Isıl Yalıtım Özellikleri Yönünden İncelenmesi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Part C: Tasarım ve Teknoloji, 3 (3), 545-553.
- Özel, C., 2007. Katkılı Betonların Reolojik Özelliklerinin Taze Beton Deney Yöntemlerine Göre Belirlenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora tezi, 249s. Isparta.
- Saf, M. O., 2015. Sentetik C-S-H Bileşiklerinin Kendiliğinden Yerleşen Betonların Taze ve Sertleşmiş Özelliklerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Yapı Mühendisliği Programı, s.75.
- Sağlam, A.R., Özkul, M.H., 2006. Kendiliğinden Yerleşen Betonların Reolojik Özelliklerine Bileşim Parametrelerinin Etkisi. İTÜ Mühendislik Dergisi, 5 (1b), 239-250.
- Sağlam, A.R., Parlak, N., Doğan, U.A., Özkul, M.H., 2004. Kendiliğinden yerleşen beton ve katkı-cimento uyumu. Beton 2004 Kongresi, 10-12 Haziran, İstanbul, ss. 213-224.
- Taşkın F., 2008. Beton ve Beton Üretimi. Yıldız Teknik Üniversitesi. Yüksek lisans Tezi,İstanbul.
- Tattersall G. H., 1991. Workability and Quality Control of Concrete, E.&F.N. Spon Publ., 262 s., London.
- TS 706 EN 12620+A1, 2009. Beton Agregaları. Türk Standartları Enstitüsü, 50 s., Ankara.
- Türkel Ş., Felekoğlu B. 2012. İri Agregata Türü ve Akışkanlaştırıcı Katkı Dozajının KYB'nin Mekanik Performansına Etkileri, Hazır Beton Dergisi, Kasım – Aralık.
- Uygunoğlu, T., 2008. Hafif agregalı kendiliğinden yerleşen betonun özellikleri. SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora tezi, Isparta.
- Wallevik, J. E., 2006. Relationship Between the Bingham Parameters and Slump. Cement and Concrete Research, 36 (7), 1214-1221.
- Yen, T., Tang, C.W., Chang, C.S., Chen K.H., 1999. Flow Behaviour of High Strength High-Performance Concrete. Cement and Concrete Composites. 21 (5-6), 413-424.
- Yücel, K.T., 1997. Pompa Betonlarında İşlenebilirliğin Harç Fazının Reolojisine Dayanarak Belirlenmesi. İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 122 s., İstanbul.
- Yücel, S., 2009. TS 706 EN 12620 Beton Agregaları ve Deneyleri. [https://www.academia.edu/6937637/TS\\_706\\_EN\\_12620\\_Beton\\_Agregalar%C4%B1\\_ve\\_Deneyleri](https://www.academia.edu/6937637/TS_706_EN_12620_Beton_Agregalar%C4%B1_ve_Deneyleri).