

KENDİLİĞİNDEN YERLEŞEN BETONLARDA ÇÖKME KAYBININ VE KALIPLAMA ZAMANININ SERTLEŞMİŞ BETON ÖZELLİKLERİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

Alper TOPSAKAL*, Cengiz ÖZEL

ÖZET

Gelişen teknoloji ve ihtiyaçlara paralel olarak betondan beklenen özellikler her geçen gün değiştirmektedir. Artık günümüzde betonlardan sertleşmiş özellikler açısından yüksek performansın (yüksek mukavemet ve durabilite, en düşük geçirgenlik vb.) yanı sıra taze beton özelliklerinde de (yüksek işlenebilirlik ve bu işlenebilirliğin en uzun sürede korunması, taşıma ve iletme sürelerinde uzunluk vb.) beklentiler değişmiştir. Bununla birlikte taşıyıcı elemanlarda yoğun donatı nedeniyle en büyük agrega tane çapında da hızlı bir şekilde azalma meydana gelmiştir. Bu çalışmada 3 farklı çimento dozajında (350, 400 ve 450 kg/m³), en büyük tane çapı 16 mm olan kendiliğinden yerleşen betonun çökmede yayılma değerleri dört farklı zaman için (karıştırma süresinden sonraki 5., 35., 65. ve 95. dakikalarda) ölçülmüş, bu zamanlarda alınan beton örneklerinin sertleşmiş özellikleri (basınç mukavemeti, ultrases, yüzey sertliği vb.) incelenmiştir. Elde edilen verilere göre zamana bağlı olarak çökme kaybı ve mukavemet değişimleri incelenmiştir.

Anahtar kelimeler: KYB, çökme yayılması, işlenebilirlik, taze beton.

EFFECT ON HARDENED PROPERTIES OF SLUMP LOSS AND MOLDING TIME AT SELF-COMPACTING CONCRETE

ABSTRACT

Expected properties from concrete are changing with passing day as parallel developing technology and needs. Nowadays, also the needs properties of fresh concrete (such as high workability and the long times protection of workability, times the length of transport and forwarding, etc.) is changing as well as high performance in terms of hardened concretes such as high strength and durability, lowest permeability, etc. However, because of increasing the reinforcing bar in construction elements, the largest aggregate particle diameter rapidly was decreased. In this study, at four different times (at the 5th, 35th, 65th and 95th minutes after the mixing period) was measured that fresh concrete properties slump flow (diameter) values from self-compacting concrete mixtures as three different cement dosage (350, 400 and 450 kg/m³) and the largest aggregate particle diameter 16 mm. At the same time, samples taken from mixtures and molded at these times. It was examined that hardened properties of concrete such as compressive strength, ultrasonic pulse velocity, Schmidt surface hardness, as depend on molding time. According to the experimental data, loss of slump and strength were investigated.

Key words: SCC, slump flow, workability, fresh concrete

* Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yapı Eğitimi ABD, 32260 Isparta. E-posta: alper topsakal@gmail.com

1. GİRİŞ

Kendiliğinden yerleşen beton (KYB), kendi ağırlığı ile döküldüğü kaba yerleşebilen ve vibratör kullanılmasına gerek duyulmaksızın en sık donatılı bölgelerde ve en dar kesitlerde bile hava boşluğunu dışarı atarak ve sıkışarak düzenleneni ayrışma ve terleme gibi problemler oluşturmayan, kohezyonunu koruyan, çok akıcı kıvamlı özel bir beton türüdür (Felekoğlu ve Baradan, 2004).

KYB için literatürde, kendiliğinden sıkışan beton (self-compacting concrete- SCC), kendiliğinden düzeyeleşebilen beton (self-levelling concrete- SLC), kendiliğinden çöken beton (self consolidating concrete-SCC) gibi kullanımlar mevcutsa da Türkiye’de çoğunlukla Kendiliğinden Yerleşen Beton (KYB) terimi kabul kullanılmaktadır (Rols vd., 1999; Yahia vd., 2005; Uygunoğlu, 2008).

KYB’lerde yüksek akıcılık, üstün akışkanlaştırıcı özelliğe sahip olan kimyasal katkıların yardımı ile sağlanır (Sağlam vd., 2004). Akışkanlaştırıcı kimyasal katkıların genel anlamıyla betonun kıvamını sabit tutarak daha az karışım suyu ile yapılmasını sağlayan veya karışım suyu miktarı değiştirilmediği takdirde betonun kıvamını artıran maddelerdir. Akışkanlaştırıcı katkıların sırasıyla ligno, melamin, naftalin sülfonat esaslı süper akışkanlaştırıcılar ve son olarak polikarbosilikat esaslı hiperakışkanlaştırıcılar olarak gelişme göstermişleridir. Bu akışkanlaştırıcılar, hedeflenen amaca yönelik betonda kullanılmaktadırlar (Akman, 1999; Felekoğlu ve Türkel, 2004; Sağlam vd., 2007). Yeni nesil hiperakışkanlaştırıcılar, süperakışkanlaştırıcılara oranla, daha yüksek oranda su azaltmakta, daha fazla akışkanlık sağlamakta ve kıvamı 90 dakikaya kadar koruyabilmektedir (Yılmaz, 2003).

Bu çalışmada, hiperakışkanlaştırıcı kimyasal katkı kullanılarak farklı çimento dozajlarında (350, 400 ve 450 kg/m³) KYB üretilmesi hedeflenmiştir. Beton üretiminde mikser tipinin farkını belirlemek amacıyla düşey eksenli cebri karıştırıcı ve yatay eksenli (tambur) mikser olmak üzere iki farklı mikser tipi kullanılmıştır. Üretilen numunelerin karışımı takiben dört farklı zamanda (5., 35., 65., ve 95. dakikalarda) taze beton özellikleri incelenmiş ve bu zamanlarda alınan beton örnekleri ile taze beton özelliklerinin yanı sıra sertleşmiş beton özelliklerinin de değişimi incelenmiştir.

2. DENEYSEL ÇALIŞMA

2.1. Materyal

Deneylerde agrega olarak kırma kum ile en büyük tane boyutu 16 mm olan ve Antalya’nın karaöz beldesindeki taş ocağından elde edilen kalker agregası kullanılmıştır. Birim hacim kütle ve su emme oranı tayini deneyleri ince agregalar için ASTM C128 (1997)’e göre, iri agregaların için ASTM C127 (2001)’e göre yapılmıştır. Sıkışık ve gevşek birim hacim kütle (yığın yoğunlukları) tayini ASTM C 29 (1997)’a göre yapılmıştır. Çizelge 1’de agregaların fiziksel özellikleri verilmiştir. Deneyler her numune için üçer kez tekrarlanmış ve ortalama değerleri alınmıştır.

Çizelge 1. Agregaların fiziksel özellikleri (kg/dm³)

| Agrega Grupları | Gevşek BHA | Sıkışık BHA | Tane yoğunluğu (DYK) | Birim hacim kütle (Etüv kuru) |
|-----------------|------------|-------------|----------------------|-------------------------------|
| Kum | 1.607 | 1.844 | 2.70 | 2.67 |
| Kırmataş | 1.373 | 1.545 | 2.67 | 2.65 |

Beton karışımında, CEM I 42.5 R tipi çimento kullanılmıştır.

Kimyasal katkı olarak ise modifiye polikarbosilikat esaslı (yoğunluğu 1.09 kg/l) yüksek performanslı hiperakışkanlaştırıcı katkı kullanılmıştır.

Kendiliğinden yerleşen betonda karışımında su/çimento (s/ç) oranı 0.42 olarak ön deneylerle belirlenmiştir. Kimyasal katkı her çimento dozajındaki performansın izlenebilmesi için tüm karışımlarda % 1 olarak kullanılmıştır. Çizelge 2’de 1 m³ KYB’de bulunan malzeme miktarları verilmiştir.

Çizelge 2. 1 m³ KYB’de bulunan malzeme miktarları (kg/m³)

| Çimento | Kum | Kırmataş | Su | Katkı |
|---------|---------|----------|-----|-------|
| 350 | 1187.36 | 782.78 | 147 | 3.50 |
| 400 | 1127.87 | 743.56 | 168 | 4.00 |
| 450 | 1068.37 | 704.34 | 189 | 4.50 |

2.2. Yöntem

Kendiliğinden yerleşen betonu karıştırmak için iki mikser tipi kullanılmıştır. Bunlar;

a- Düşey eksenli cebri karıştırıcı mikser (D): Bu mikser tipi Şekil 1. a’da gösterildiği gibi cihazın alt kısmında dönerik karışan bir kazan ve üstte sabit karıştırıcı sistem mekanizmalarından oluşmaktadır.

b-Yatay eksenli (tambur) mikser (Y): Bu mikser tipi Şekil 1. b’de görüldüğü gibi, kendi eksenini etrafında dönen yatay eksenli bir tambur kazandan meydana gelmektedir. Düşey eksenli cebri karıştırıcı mikserdeki gibi karıştırıcı sistem mekanizması bulunmamaktadır.

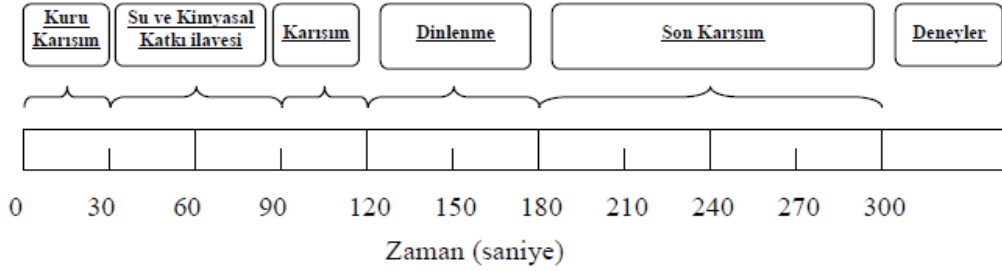


Şekil 1. a) Düşey eksenli cebri karıştırıcı mikser



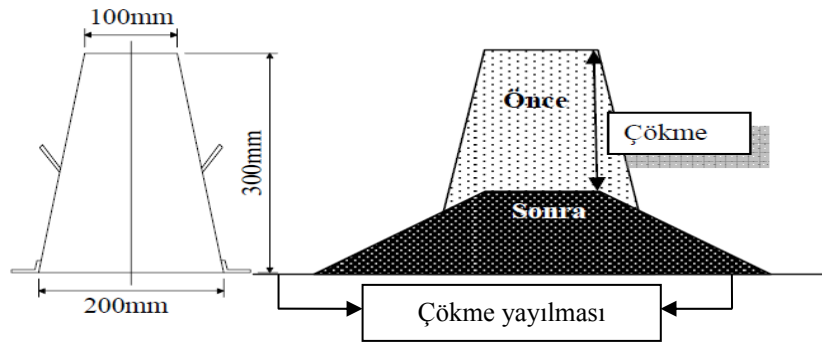
b) Yatay eksenli (tambur) mikser

Karışım işlemi tüm karışımlarda aynı olmak üzere, 30 sn kuru karışım (iri agrega, ince agrega, bağlayıcı), 90 sn ıslak karışım (ilk 1 dk su ilavesi), 60 sn dinlenme ve 120 sn son karışım olmak üzere toplam 300 sn'de (5 dk.) yapılmıştır (Özel, 2007).



Şekil 2. Beton karışım işlem aşamaları (Özel, 2007)

Karışım tamamlandıktan sonra her iki mikser tipinden alınan taze beton örnekleri üzerinde çökme ve çökmede yayılma deneyi yapılmıştır. Çökme ve çökme yayılması şematik olarak Şekil 3'te gösterilmiştir. Taze beton deneyleri yapıldıktan sonra beton numuneleri plana uygun olarak 5. dakika (karışım süreci dahil) numuneleri alınmış olup daha sonra 35, 65 ve 95. dakikalarda her iki mikser tipinden numuneler kalıplara alınmıştır. Kalıplanan numuneler bir gün sonra kalıptan çıkarılarak kür havuzunda 28 gün bekletilmiştir. Üretilen sertleşmiş beton numuneleri üzerinde ultrases geçiş hızı, schmidt yüzey sertliği ve basınç dayanımı deneyleri yapılmıştır.



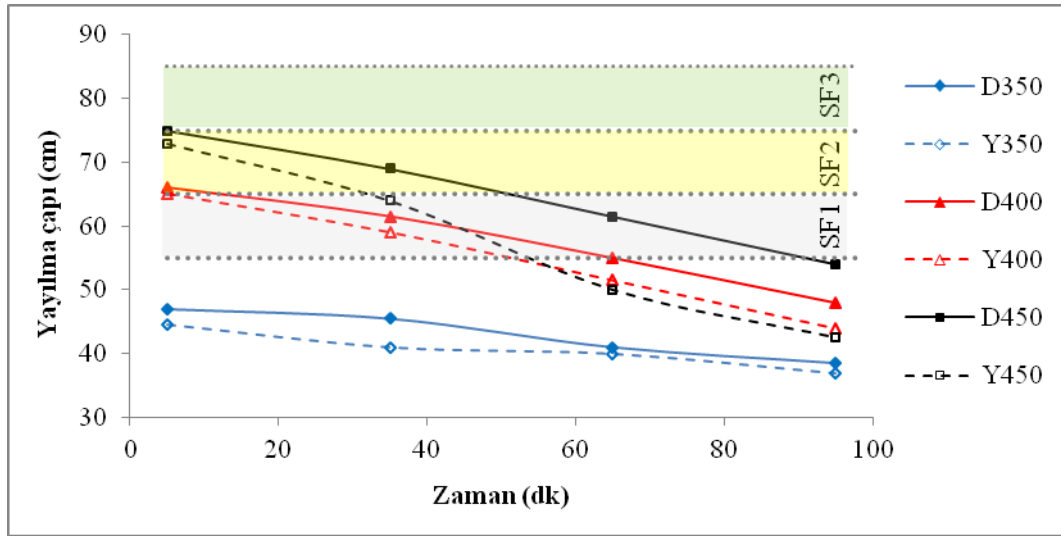
Şekil 3. Çökme ve çökme yayılmasının şematik olarak gösterimi (Özel, 2007)

3. Araştırma Bulguları ve Tartışma

3.1. Taze Beton Deney Sonuçları

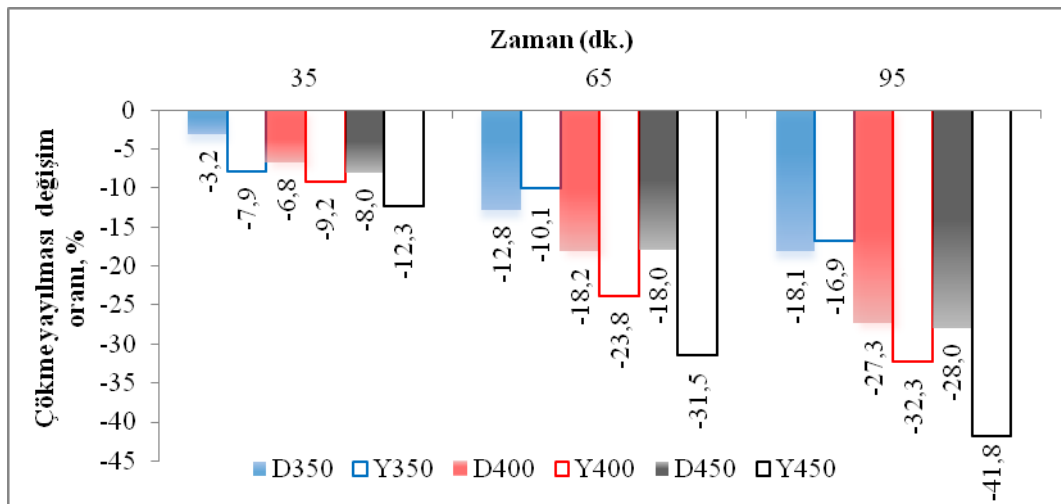
Üretilen numunelerin taze beton özellikleri olarak, çökme ve yayılma değişimlerinin zamanla değişimleri incelenmiştir. 3 farklı çimento dozajında ve iki farklı mikser tipinde çökme yayılması-zaman arasındaki ilişki Şekil 4'te verilmiştir. Şekil 4'te EFNARC tarafından belirlenen çökmede yayılma değerleri için sınır değerler (SF1, SF2, SF3) belirtilmiştir (EFNARC, 2005). 350 kg/m³ çimento dozajında kullanılan katkı miktarında KYB elde edilememiştir. Yüksek oranda hiperakışkanlaştırıcı kullanıldığında ise 350 kg/m³ çimento dozajında üretilen betonda segregasyon gözlemlenmiştir. KYB ile ilgili yapılan çalışmalar

incelendiğinde 350 kg/m^3 çimento dozajında, mineral ve/veya filler katkı ilavesiyle KYB elde edilebileceği belirtilmiştir (Sağlam vd., 2006; Felekoğlu vd., 2006).



Şekil 4. Çökme yayılması-zaman ilişkisi

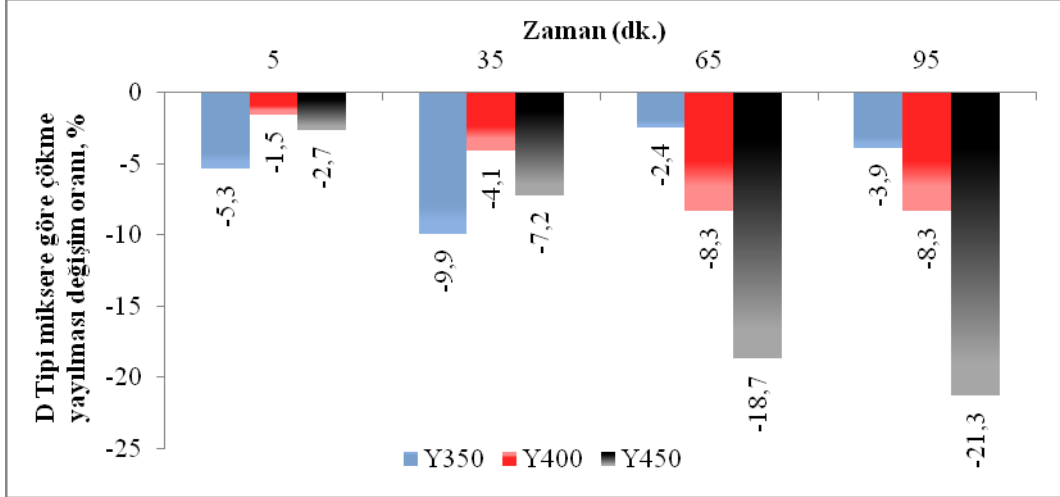
Şekil 4'de görüldüğü gibi her iki mikser tipinde de tüm çimento dozajlarında zamana bağımlı olarak çökme yayılmasında azalma elde edilmiştir. Şekil 5'te, 5. dk.'ya göre 35. - 65. ve 95. dk.'daki çökme yayılması değerlerinin değişim oranları verilmiştir. Yayılmada azalma oranı en düşük, düşey eksenli mikserde 350 kg/m^3 çimento dozajlı karışımın (D350) 35. dk. değerinde (% 3.2), en yüksek yatay eksenli mikserde 450 kg/m^3 çimento dozajlı karışımın (Y450) 95. dk. değerinde (% 41.8) elde edilmiştir.



Şekil 5. 5. dk.'ya göre, çökme yayılması değişim oranları

Düşey eksenli mikser tipinden (D), yatay eksenli mikser (Y) göre daha yüksek çökme yayılması elde edilmiştir. Şekil 6'da, D mikserine göre Y mikserdeki, çökme yayılması değişim oranı verilmiştir.

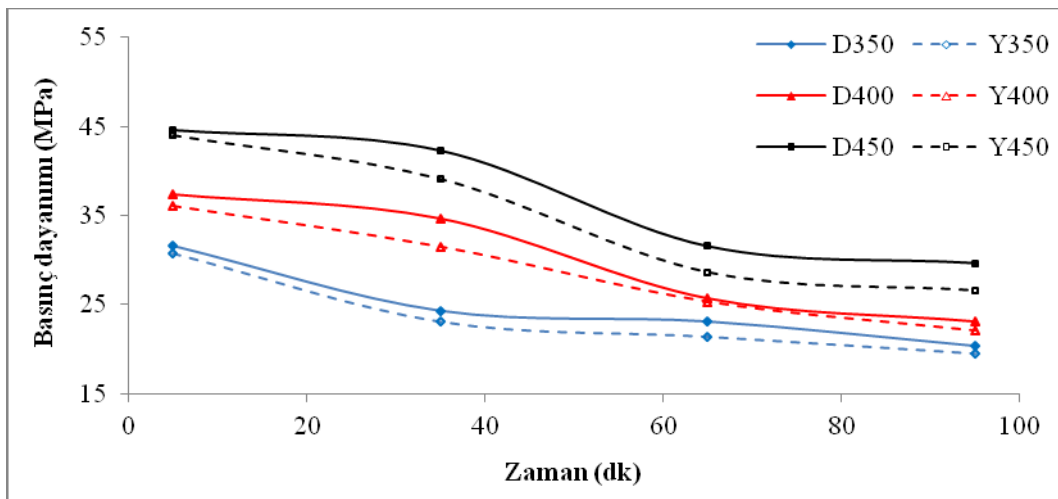
5. ve 35. dk.'da 350 kg/dm^3 Y tipi mikserde D tipine göre en büyük farklar (daha az yayılma) elde edilmişken, 65. ve 95. dk.'da çimento dozajına bağlı olarak değiştiği (D ile Y tipi arasındaki çökme yayılma değerlerindeki en büyük fark 450 kg/dm^3 dozlu karışımda) tespit edilmiştir. Bu zamanlarda 350 kg/dm^3 dozlu karışımda mikser tipi etkisi çok az iken, çimento dozajının artmasıyla mikser tipinin etkinliği artmaktadır.



Şekil 6. D tipi mikserde Y tipi mikserin çökme yayılması değişim oranları

3.2. Sertleşmiş Beton Deney Sonuçları

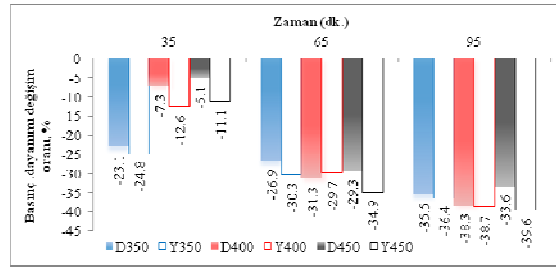
Üretilen betonlardan dört farklı zamanda alınan numunelerden elde edilen basınç dayanımlarının değişimleri Şekil 7'de verilmiştir. Basınç dayanımı değerlerinde de çökme yayılmasında olduğu gibi her iki mikser tipinde de zamanla azalma ve D tipi mikserden alınan numunelerden Y tipi mikserden alınan numunelerde daha yüksek basınç dayanımları elde edilmiştir.



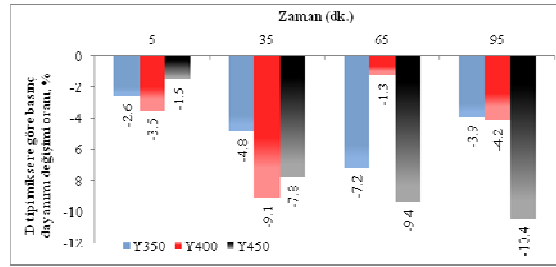
Şekil 7. Numune alma zamanı - basınç dayanımı ilişkileri

Şekil 8’de 5. dk.’da alınan beton numunelerden alınan basınç dayanımı değerlerine göre diğer zamanlarda alınan numunelerdeki basınç dayanımı değişimleri (azalma oranları) verilmiştir. 35. dk.’da 350 kg/m³ çimento dozlu betonlarda diğer çimento dozajlarına göre daha yüksek mukavemet kaybı elde edilmişken, 65. ve 95. dk.’larda benzer oranlarda (%26.9-%39.6) ve zamanla az da olsa mukavemet kaybında artış elde edilmiştir.

Şekil 9’da ise mikser tipinin etkisi (D tipi mikserden alınan numunelere göre Y tipi mikserden alınan numunelerdeki basınç dayanımı değişim –azalma– oranları) gösterilmiştir. Zaman artışı ile her iki mikserden alınan örnekler arasındaki basınç dayanımı farkında artış elde edilmişken çimento dozajının etkisi net olarak belirlenememiştir.

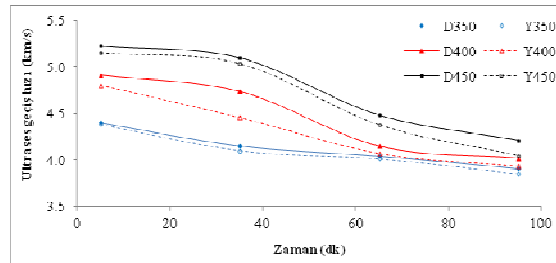


Şekil 8. 5. dk.’ya göre, basınç dayanımı değişim oranları

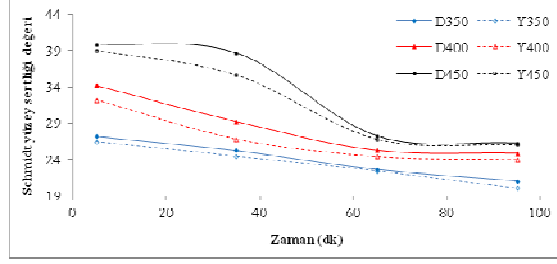


Şekil 9. D tipi mikserlere göre, Y tipi mikserin basınç dayanımı değişim oranları

Sertleşmiş beton numunelerinden alınan ultrases geçiş hızı ve schmidt yüzey sertliği değerinin zamanla değişimi Şekil 10 ve Şekil 11’de verilmiştir. Basınç dayanımı değerlerine benzer olarak her iki mikser tipinde de ultrases geçiş hızı ve schmidt yüzey sertliği değerinde zamanla azalma elde edilmiştir. Yine dikey eksenli mikserden her iki deneyde de yatay eksenli mikserlere göre daha yüksek değerler elde edilmiştir.



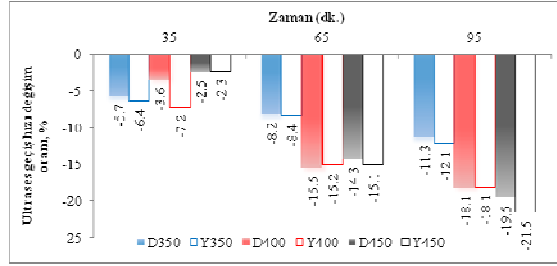
Şekil 10. Numune alma zamanı - ultrases geçiş hızı ilişkileri



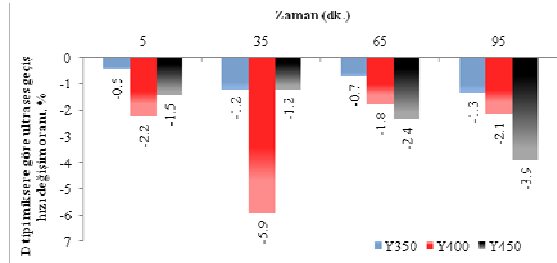
Şekil 11. Numune alma zamanı - schmidt yüzey sertliği değeri ilişkileri

Zaman ve mikser tipinin etkisi ultrases geçiş hızı değerleri için Şekil 12 ve Şekil 13’de, schmidt yüzey sertliği değerleri için Şekil 14 ve Şekil 15’de verilmiştir.

Numune alma zamanı arttıkça, basınç dayanımında azalma oranı yaklaşık %40’a kadar azalma elde edilmişken ultrases geçiş hızı değerlerinde %21’e kadar azalma elde edilmiştir. Bununla birlikte schmidt yüzey sertliği değerlerinde azalma oranı basınç dayanımına benzer oranda (%35) azalma elde edilmiştir.

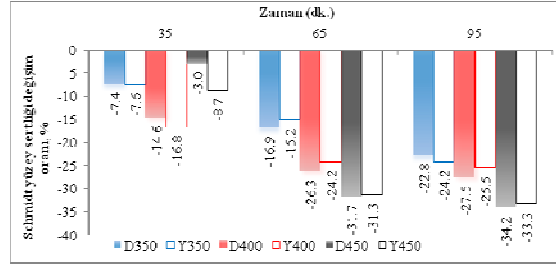


Şekil 12. 5. dk.’ya göre, ultrases geçiş hızı değişim oranları

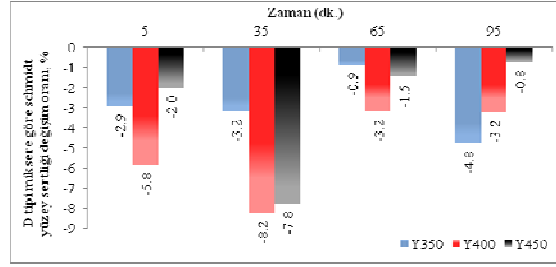


Şekil 13. D tipi mikserlere göre, Y tipi mikserin ultrases geçiş hızı değişim oranları

Her iki deneyde çimento dozajının etkisi, hem zaman değişiminde (Şekil 12 ve 14) hem de mikser tipinin etkisinde (Şekil 13 ve 15) net olarak belirlenememiştir. Bununla birlikte özellikle 400 kg/m³ çimento dozajlı karışımlarda mikser tipinin etkisi özellikle 5. ve 35. dk.’larda daha belirgin olmaktadır.



Şekil 14. 5. dk.'ya göre, schmidt yüzey sertliği değişim oranları



Şekil 15. D tipi mikserlere göre, Y tipi mikserin schmidt yüzey sertliği değişim oranları

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan deneysel çalışmada elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir:

Üretilen KYB'lerde zamanla (5., 35., 65. ve 95. dk.) çökme yayılması değerlerinin azaldığı ve işlenebilirlik kaybı olduğu belirlenmiştir (%3.2-41.8). Bununla birlikte özellikle şantiye uygulamalarında deneyin yapıldığı zamanın önemli olduğu (örneğin D450 betonu; 5. dk.'da SF3 sınırında, 35. dk.'da SF2 sınıfında, 65. dk.'da SF1 sınıfında, 95. dk.'da SF1 sınırının altında) sonucuna ulaşılmıştır.

Karıştırma süreci, agrega türü-oranı, çimento tipi, s/ç oranını ve akışkanlaştırıcı katkı türü-oranının sabit tutulduğu bu çalışmada mikser tipinin de betonun çökme yayılması değerlerinde etkili (yatay eksenden daha düşük değerler elde edilmiştir) olduğu, özellikle çimento dozajının artmasıyla ve 35. dk.'dan sonra etkinin daha belirgin olduğu (%21.3'e kadar) belirlenmiştir.

Çimento dozajının artmasıyla çökme yayılma değerlerinde artış elde edilmiştir. Bununla birlikte işlenebilirlik kaybı oranları da (tüm zamanlarda), çökme yayılması değerlerindeki büyüklükten dolayı çimento dozajı arttıkça artmaktadır.

Sertleşmiş beton özelliklerinde de (basınç dayanımı, ultrases ve schmidt yüzey sertliği) çökme yayılmasına benzer olarak numune alma zamanı ilerledikçe değerlerde azalma elde edilmiştir. Numune alma zamanının artışı ile, basınç dayanımında %5.1-39.6, schmidt yüzey sertliğinde %3-34.2, ultrases geçiş hızında ise %2.3-21.5 oranında daha az değerler elde edilmiştir.

Yine yatay eksenli mikserden alınan numunelerden düşey eksenli mikserden alınan numunelere göre daha düşük değerler elde edilmiştir. Yatay eksenli mikserden alınan numunelerden basınç dayanımı için %1.3-10.4, schmidt yüzey sertliği için %0.8-8.2, ultrases geçiş hızı için ise %0.5-5.9 oranında daha az değerler elde edilmiştir.

Çimento dozajının artmasıyla sertleşmiş beton özelliklerinde tüm zamanlar için artış elde edilmesine rağmen serleşmiş beton özellikleri üzerinde çimento dozajına bağlı mikser tipinin etkisi net olarak belirlenememiştir.

Yapılan deneysel çalışma ve değerlendirmeler sonucunda betonun işlenebilirliğinde deneyin yapılma zamanının ve sertleşmiş beton özellikleri üzerinde numune alma zamanının ve mikser tipinin etkili olduğu sonucuna varılmıştır. Bununla birlikte bu etkinin daha açık olarak ortaya konması için farklı karışım dizaynında (agrega tipi ve oranı, çimento dozajı ve tipi, katkı tip ve oranlarında vb.) hazırlanmış betonlarda bu ilişkilerin araştırılması gerekmektedir.

5. KAYNAKLAR

- Akman, M.S., 1999. Yüksek Performanslı Betonların Taze Haldeki Özellikleri Üzerine Katkı Maddelerinin Etkisi. (Role of Admixtures on High Performance Concrete, RILEM TC 158 AHC, Monterrey, Meksika, Çeviren Mehmet Mutlu), SİKA-Teknik Bülteni sayı: 2000/1 ve 2000/2, Sika Yapı Kimyasalları A.Ş., İstanbul.
- ASTM C 29, (1997). Standard Test Method for Bulk Density (Unit Weight) and Voids in Aggregate. Annual Book of ASTM Standards, p. 4, USA.
- ASTM C 127, (2001). Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Coarse Aggregate. Annual Book of ASTM Standards, p. 5, USA.
- ASTM C 128, (1997). Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Fine Aggregate. Annual Book of ASTM Standards, p. 5, USA.
- Felekoğlu, B., Baradan, B., (2004). Kendiliğinden Yerleşen Betonların Mekanik Özellikleri.<http://www.dogateknik.com.tr/Teknik-Belgeler/Kendiliginden-yerlesen-betonlari-mekanik-ozellikleri.pdf>, 10s.
- EFNARC (2005), The European Guidelines for Self-Compacting Concrete Specification, Production and Use. Self Compacting Concrete European Project Group, p. 63.
- Felekoğlu, B., Yardımcı, M.Y., Baradan, B., (2006). Uçucu Külün ve Taş Tozunun Kendiliğinden Yerleşen Betonda Aşınma Direncine Etkileri. Osmagazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 19 (1), 11-22.
- Felekoğlu, B., Türkel, S., (2004). Aşırı Dozda Akışkanlaştırıcı Kimyasal Katkı Kullanımının Taze ve Sertleşmiş Beton Üzerindeki Etkileri. DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi, 6, 1, 77-89.
- Özel, C., (2007). Katkılı Betonların Reolojik Özelliklerinin Beton Deney Yöntemlerine Göre Belirlenmesi. Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Isparta.
- Rols, S., Ambroise, J., Pera, J., (1999). Effects of Different Viscosity Agents on The Properties of Self-Leveling Concrete. Cement and Concrete Research, 29, 2, 261-266.
- Sağlam, A.R., Parlak, N., Özkul, M.H., (2007). Polikarboksilat Esaslı Kimyasal Katkıların Beton Üretiminde Kullanımı. Yapılarda Kimyasal Katkıları Bildiriler Kitabı, 107-120.
- 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, Ü.A., Özkul, M.H., (2004). Kendiliğinden Yerleşen Beton ve Katkı-Çimento Uyumu. Beton 2004 Kongresi, 213-224, İstanbul..

- Uygunoğlu, T., (2008). Hafif Agregalı Kendiliğinden Yerleşen Betonun Özellikleri. Süleyman Demirel Üniversitesi. Doktora Tezi, 155, Isparta.
- Yahia, A., Tanimura, M., Shimoyama, Y., (2005). Rheological Properties of Highly Flowable Mortar Containing Limestone Filler-Effect of Powder Content And W/C Ratio. Cement and Concret Research, 35, 5, 532-539.
- Yılmaz, A.D., (2003). Yeni Kuşak Hiper Akışkanlaştırıcı Beton Katkıları. Türkiye Mühendislik Haberleri, 426, 125-129