

İŞLENEBİLİRLİĞİ İYİLEŞTİRMEDE SÜPER AKIŞKANLAŞTIRICI KULLANIMI

Caner ARSLANTÜRK

İnş. Yük. Müh.
Karadeniz Teknik Üniversitesi
İnşaat Mühendisliği Bölümü
Trabzon

Şakir ERDOĞDU

Prof. Dr.
Karadeniz Teknik Üniversitesi
İnşaat Mühendisliği Bölümü
Trabzon

ÖZET

Transmikserin arızalanması, trafikteki muhtemel tıkanmalar ve benzeri nedenlere bağlı olarak betonun şantiyeye ulaşımı çoğu zaman hedeflenen sürede mümkün olmaz. Taşıma sırasında meydana gelen gecikmelerden dolayı beton içerisindeki karışım suyunda bir miktar buharlaşma olmakta ve sonuçta betonun çökmesi hedeflenenden daha az olmaktadır. Çökme kaybı nedeniyle işlenebilirliği kötüleşen betonun kalıbına yerleşmesi ve sıkılanması güçleşmekte ve sonuçta betonun dayanımı olumsuz etkilenmektedir. Arzu edilen mühendislik özelliklerine sahip bir beton üretmenin ilk adımı şantiyeye teslim edildiğinde betona yeterli işlenebilirliği kazandırmak olmalıdır.

Çalışmada, uçucu kül ve silis dumanı içeren C25/30 sınıfı betonlar üretilmiş ve 30, 60 ve 90 dakika süreyle karıştırıldıktan sonra sırasıyla sıcaklık, çökme ve hava içerikleri ölçülmüştür. Bu süreler sonunda meydana gelen çökme kayıplarını başlangıç çökmesine eşit kılacak şekilde iyileştirmek için ASTM C 494 F tipi süper akışkanlaştırıcı katkı maddesi kullanılmıştır. Araştırma sonunda meydana gelen çökme kayıplarını iyileştirmek için beton bileşimine bağlı olarak ilave edilmesi gereken süper akışkanlaştırıcı miktarı belirlenmiş ve bu mayanda uçucu kül ve silis dumanı içeren betonların çökme kayıplarını iyileştirmede süper akışkanlaştırıcının etkinliği belirlenmiştir. Her bir karıştırma dönemi sonunda kıvam iyileştirmesi yaptıktan sonra 15 cm küp numuneler alınmış ve 28 günlük basınç dayanımları ölçülmüştür. Çalışma sonunda silis dumanı içeren betonların 28 günlük basınç dayanımlarının diğer karışımlara kıyasla daha yüksek çıktığı belirlenmiştir.

GİRİŞ

Şantiyede taze betonda meydana gelen çökme kaybı betonun basınç dayanımını ve durabilitesini etkileyen ana unsurların başında gelmektedir. Betonun transmikser içerisinde uzun süre karıştırılması taze betonun katılaşmasını hızlandırmakta dolayısı ile çökme kaybı artmakta ve bu da betonun işlenebilirliğini azaltmaktadır.

Çökme kaybını betonda zamanla meydana gelen kıvam azalması olarak tanımlamak mümkündür [1]. Bu olay tamamıyla taze betonda mevcut serbest suyun buharlaşmasından kaynaklanmaktadır. Teorik olarak çökme kaybı karıştırma sırasında taze betonda meydana gelen fiziksel ve kimyasal olaylardan dolayı meydana gelmektedir. Betonda mevcut serbest su hidrasyon ve buharlaşmadan dolayı azalır [2]. Bu nedenle hidrasyonun ve buharlaşmanın hızlanması betonda çökme kaybını artırmakta ve bu da kıvamın aynı oranda azalmasına neden olmaktadır. Oluşan çökme kaybının neden olduğu en belirgin olumsuzluk betonun kalıba yeterli sıklıkta yerleştirilememesidir. Sonuçta, beton içerisindeki boşluk oranı artmakta ve bu da betonun basınç dayanımını azaltmakta; dolayısıyla, betonun porozitesi artırmaktadır [3]. Betonun karıştırılması, taşınması, kalıba yerleştirilmesi, sıkılması ve yüzey işlemlerinin tamamlanması sırasında geçen süre betonda meydana gelen çökme kaybını belirleyen en önemli unsurdur. Betonda mevcut serbest su geçen süreye bağlı olarak çimentonun hidrasyonu ve buharlaşmaya nedeniyle azalır [4]. Hazır beton sektöründe betonun karma süresini uzatan etmenler; uzun mesafelere beton taşınması, trafik yoğunluğu, transmikserde meydana gelebilecek arızalar ve şantiyede betonun mikserde bekletilmesi olarak sıralanabilir. Bu etmenlere bağlı olarak betonun transmikser içerisinde uzun süre karıştırılmasından dolayı kazan içerisindeki sıcaklık artmakta ve bu da betonda mevcut serbest suyun azalması demektir [5]. Betonun taşınması sırasında karıştırma hızına ve süreye bağlı olarak malzemeler arasındaki sürtünme ve hidrasyon mikser kazanındaki sıcaklığın artmasına neden olur.

Uzun süre karıştırmadan dolayı taze betonda mevcut serbest su azalır; işlenebilirlik kaybı artar ve bu da betonun katılaşmasına neden olur [6]. Şantiyede betonun kalıba uygun olarak yerleştirilmesi ve sonuçta arzulanan basınç dayanımının sağlanabilmesi için betonun çökmesi santral çıkışındaki çökmeye eşit olmalıdır [7]. Yüzeyinde çeşitli bozukluklara ve yüksek geçirimsizliğine sahip beton dış koşullara bağlı olarak kolay bozulabilmekte ve işlevini kısa sürede yitirebilmektedir. Santral çıkışında betonun başlangıçtaki çökme değeri yüksek tutularak şantiye ortamında meydana gelebilecek olası çökme kayıplarının üstesinden gelinebilir. Fakat

bu yöntem betonun ne zaman boşaltılacağı bilinmediğinden çok güvenilir değildir. Çökme kaybını gidermenin diğer bir yolu ise boşaltmadan hemen önce betona su ve/veya akışkanlaştırıcı katkı maddesi katılmasıdır [8]. Bu olay kıvamın yeniden ayarlanması veya iyileştirmesi olarak da bilinir. Kıvam iyileştirmede su kullanıldığında su/çimento oranı artacağı için basınç dayanımı doğal olarak düşecektir. Bu nedenle bu genellikle tavsiye edilmez. Bundan dolayı su yerine kimyasal ve/veya mineral katkı maddeleri ile kıvam iyileştirmesi yoluna gitmek daha avantajlı görülür [9]. Kıvam iyileştirmenin su ve kimyasal katkı maddesi ile birlikte yapılması durumunda ise basınç dayanımında oldukça düşük miktarda kayıplar meydana gelmektedir [10]. Kıvam iyileştirmesi kimyasal katkı ile yapılması durumunda betonun reolojik özelliklerini değiştirebileceğinden kullanılan katkı maddesi miktarına dikkat edilmelidir [11-13].

DENEYSEL ÇALIŞMA

Amaç ve Kapsam

Araştırmada C25/30 sınıfı mineral katkısız, silis dumanı ve uçucu kül katkılı üretilen beton karışımlarında karıştırma süresine bağlı olarak meydana gelen çökme kayıplarının belirlenmesi ve bu çökme kayıplarının süper akışkanlaştırıcı katkı maddesi kullanmak suretiyle iyileştirmesi amaçlanmıştır. Akışkanlaştırıcı katkı maddesi kullanarak kıvam iyileştirmesi yapılmış beton karışımlarından 15 cm küp numuneler hazırlanmış ve 28 günlük basınç dayanımları ölçülmüş ve karışımlar karşılaştırılmıştır.

Kullanılan Malzemeler

Çalışmada maksimum tane çapı 25 mm olan bazalt ve kalker agregası ve PÇ 42.5 Portland çimentosu kullanılmıştır. Çimentoya ilişkin fabrikaca temin edilen kimyasal bileşim ve bazı fiziksel özellikler Çizelge 1`de verilmiştir. Mineral katkı olarak silis dumanı ve F tipi uçucu kül kullanılmıştır. Silis dumanı ve uçucu küle ait kimyasal bileşimler ve bazı fiziksel özellikler Çizelge 2`de özetlenmiştir. Kıvam iyileştirmesi için yoğunluğu 1.21 kg/l olan ASTM C 494 F tipi melamin esaslı süper akışkanlaştırıcı katkı maddesi kullanılmıştır.

Deney Programı

Hazır beton uygulamalarında beklenmedik çökme kayıplarının yaşanması ihtimali göz önünde tutularak şantiye ortamında sıkıntı yaşanmaması için 20 ± 1 cm çökme hedef olarak belirlenir. Bundan dolayı deneysel çalışmada başlangıç çökme değeri 20 ± 1 cm olarak hedeflenmiştir. Başlangıçta istenen

bu çökme değerini tutturabilmek için toplam bağlayıcı oranının %1 oranında orta düzey akışkanlaştırıcı katkı maddesi kullanılmıştır. Tasarlanan betonlar C25/30 sınıfı; mineral katkısız, %20 uçucu kül ilaveli, %30 uçucu kül ilaveli, 25 kg uçucu kül ikameli ve %10 silis dumanı ilaveli betonlar olup homojen bir karışım elde etmek için bu karışımlar başlangıçta 5 dakika 20 devir/dakika bir karıştırma işleminden sona 30, 60 ve 90 dakikalık karıştırma periyotları uygulanmıştır. Karıştırma sırasında mikserin karıştırma hızı 4 devir/dakika olacak şekilde ayarlanmıştır. Bunun nedeni laboratuardaki mikserin karıştırma hızı ile transmikserin karıştırma hızlarını dengelemek için idi. Her bir karışım için karıştırma süresi sonunda sıcaklık, çökme, hava içeriği ve birim ağırlık ölçümleri yapılmıştır.

Karıştırma süresine bağlı olarak çökme kaybı belirgin bir artış göstermiştir. 30, 60 ve 90 dakikalık karıştırma süreleri sonunda betonun çökmesini 5 dakikalık karıştırma süresi sonundaki çökme değerine (20 ± 1 cm) çekmek için karışıma süperakışkanlaştırıcı katkı maddesi ilave edilmiş ve karıştırmaya belli bir süre daha devam edilmiştir. Karıştırma işlemi tamamlanan taze beton betonyerden alınarak sırasıyla sıcaklığı, çökmesi, hava içeriği ve birim ağırlığı ölçülmüştür. Betonun basınç dayanımını belirlemek için üç adet 15 cm küp numune alınmış ve numuneler $20 \pm 1^\circ\text{C}$ sıcaklığında kür havuzunda 28 gün bekletildikten sonra basınç dayanımları tespit edilmiştir.

Çizelge 1. Çimentoya ilişkin kimyasal bileşim ve fiziksel özellikler

Oksit Analizi	
Bileşen	Miktar (%)
CaO (Toplam)	63,41
Serbest CaO	1,20
SiO ₂ (Toplam)	20,22
Çözünen SiO ₂	19,29
Al ₂ O ₃	5,67
Fe ₂ O ₃	2,91
MgO	0,96
SO ₃	2,92
Kızdırma kaybı	3,32
Çözünmeyen kalıntı	0,93
Potansiyel Bileşim (%)	
C ₃ S	51,15
C ₂ S	16,72
C ₃ A	10,1
C ₄ AF	8,86
Fiziksel Özellikler	
Özgül ağırlık (gr/cm ³)	3,07
İncelik (Blaine, cm ² /gr)	3564
200 µ elek üstünde kalan (%)	0
90 µ elek üstünde kalan (%)	1
45 µ elek üstünde kalan (%)	9,3

Çizelge 2. Silis dumanı ve uçucu küle ait kimyasal bileşim ve bazı fiziksel özellikler

Kimyasal Bileşim (%)		
Bileşen	Silis Dumanı	Uçucu Kül
CaO, Toplam	1,09	3,08
SiO ₂ , Toplam	76,66	55,18
Al ₂ O ₃	0,25	19,55
Fe ₂ O ₃	0,65	10,58
MgO	7,98	5,86
SO ₃	1,61	0,7
Na ₂ O	1,38	0,48
K ₂ O	4,43	1,5
Mn ₂ O ₃	0,09	-
TiO ₂	0,22	0,89
Kızdırma kaybı	4,75	1,04
Fiziksel Özellikler		
Özgül ağırlık (gr/cm ³)	2,4	2,09
İncelik (cm ² /gr)	-	2550

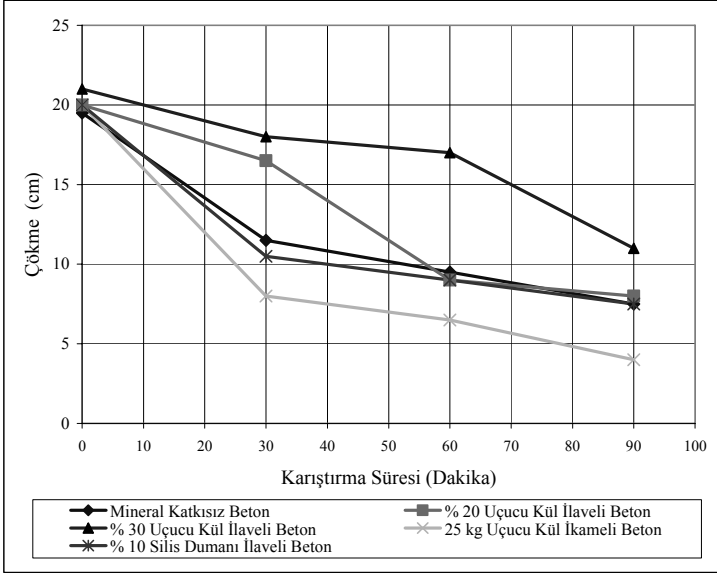
Sonuçlar ve Değerlendirme

Karıştırma Süresinin Çökme Kaybı Üzerindeki Etkisi

Şekil 1`de karıştırma süresine bağlı olarak her bir karışım için ölçülen çökme kayıpları gösterilmektedir.

Karıştırma süresinin uzamasına bağlı olarak beton karışımlarının tümünde ancak farklı mertebede çökme kayıpları meydana gelmiştir.

İlgili şekilden görüleceği üzere karıştırma süresine bağlı olarak çökme kaybının en belirgin olduğu karışım 25 kg uçucu kül ikameli beton karışımıdır. Bunu sırasıyla mineral katkısız ve silis dumanı ilaveli beton karışımları izlemektedir. Çökme kaybının en az olduğu karışım %30 uçucu kül ilaveli beton karışımı olduğu görülmektedir.

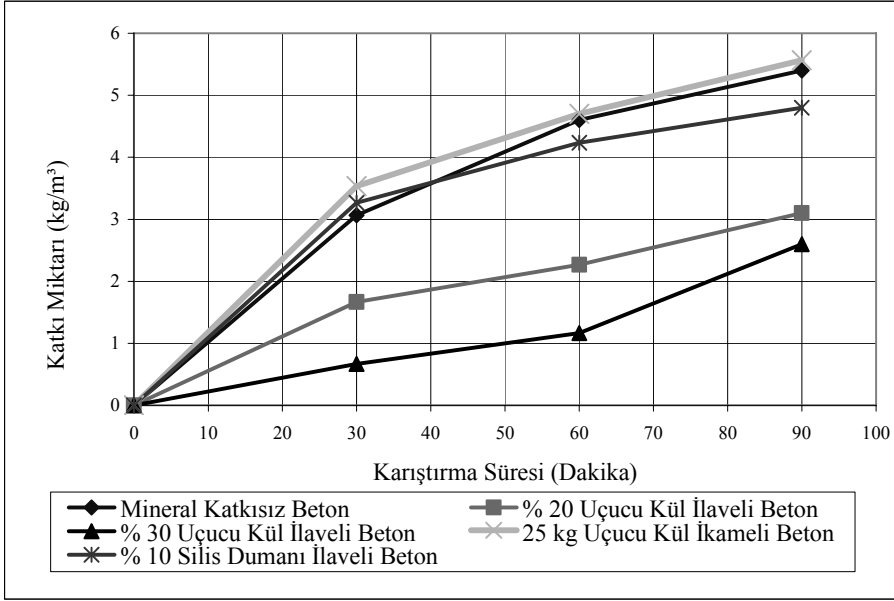


şekil 1. Kariştırma süresine bağlı olarak ölçülen çökme değerleri

Kıvam İyileştirmesi İçin Gereksinim Duyulan Akışkanlaştırıcı Katkı Maddesi Miktarının Belirlenmesi

Her bir kariştırma periyodu sonunda ölçülen çökme değerlerini betonun ilk çökme değerine çekmek için beton kariştırma bir miktar akışkanlaştırıcı katkı maddesi ilave edildikten sonra homojen bir kariştırma elde edilinceye kadar kariştırma sağlanmış ve çökme değerleri ölçülmüştür. Çökme değeri hedeflenen değerden küçük olduğu durumda kariştırma bir miktar daha akışkanlaştırıcı katkı maddesi ilave edilerek bu işlem tekrarlanmıştır. İlgili kariştırma periyotları sonunda ölçülen çökme değerlerini ilk çökme değerine çekmek için beton kariştırımına ilave edilen akışkanlaştırıcı katkı miktarları şekil 2`de verilmektedir.

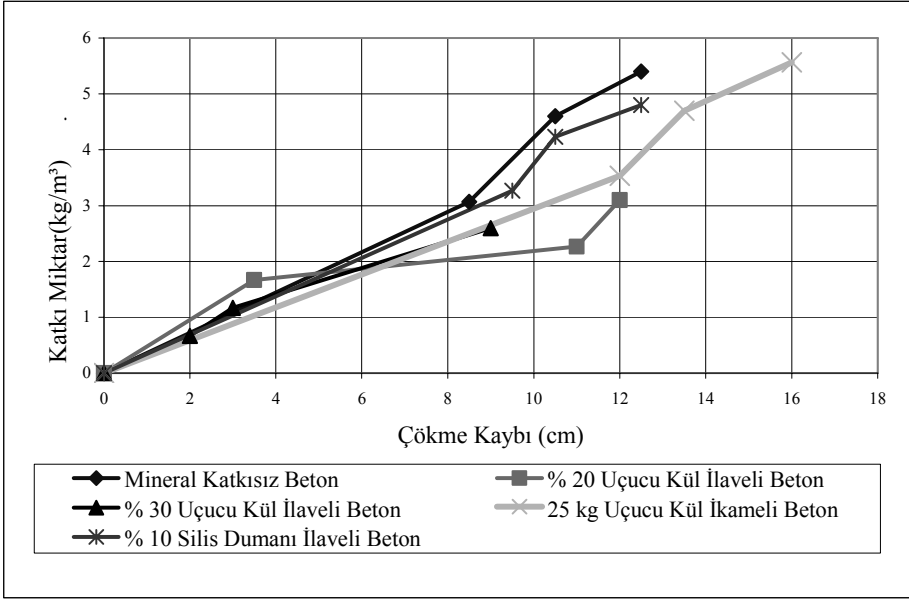
şekil 1 incelendiğinde kariştırma süresine bağlı olarak çökme kayıplarının arttığı ve buna paralel olarak çökme kayıplarını başlangıç çökme değerine çekmek için kullanılan akışkanlaştırıcı katkı maddesi miktarı da şekil 2`de görüldüğü gibi artış göstermiştir.



Şekil 2. İlgili karışımlara ilave edilen akışkanlaştırıcı katkı maddesi miktarları.

Şekil 2 incelendiğinde karıştırma sürelerine bağlı olarak meydana gelen kıvam kayıplarını başlangıç çökme değerine çekmek için kullanılan katkı maddesi miktarı 25 kg uçucu kül ikameli karışımda en yüksek değere ulaşmıştır. Bunu sırasıyla mineral katkısız karışım ve %10 silis dumanı ilaveli karışım izlemiştir. %10 silis dumanı ilaveli karışımdaki bağlayıcı miktarı mineral katkısız betondakine oranla daha fazla olduğu için daha az miktarda akışkanlaştırıcı katkı kullanımıyla aynı çökme değerleri elde edilebilmiştir. Bunun nedeni akışkanlaştırıcı katkı maddesinin çimento taneciklerin yüzeyini örtmesi sonucu elektrostatik itme gücü oluşturması ve içsel sürtünmeyi azaltması olarak gösterilebilir. Bundan dolayı mineral içeriğin artması aynı işlenebilirliği elde etmek amacı ile daha az miktarda akışkanlaştırıcı katkı maddesi kullanımını gereksinmiştir. %20 ve %30 uçucu kül içeren beton karışımlarında meydana gelen çökme kayıpları daha az olduğundan kullanılan akışkanlaştırıcı katkı maddesi miktarında da belirgin azalma olmaktadır.

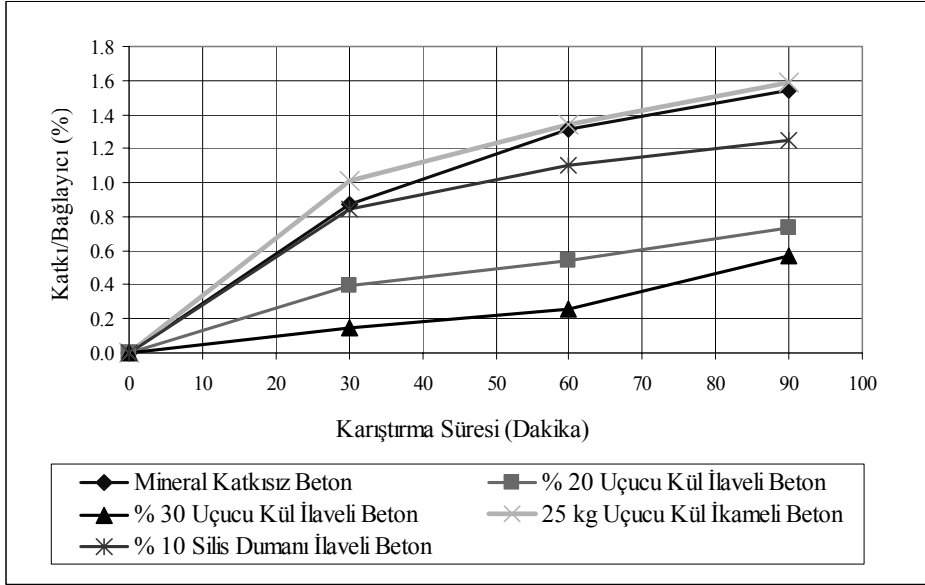
Her bir karıştırma periyodu sonunda ölçülen çökme değerleri ile başlangıç çökmesi arasındaki fark çökme kaybını göstermektedir. Çökme kaybı ile bu kaybın telafisi için gereksinim duyulan akışkanlaştırıcı katkı maddesi miktarları Şekil 3'de özetlenmektedir.



Şekil 3. Çökme kayıplarını başlangıç çökme değerine çekmek için gereksinim duyulan akışkanlaştırıcı katkı maddesi miktarı

30, 60 ve 90 dakika karıştırma süreleri sonunda kıvam iyileştirmek için karışıma ilave edilen akışkanlaştırıcı katkı maddesi miktarının toplam bağlayıcı miktarına oranının zamana bağlı olarak değişimi (% olarak) Şekil 4'de verilmektedir.

Toplam bağlayıcı miktarı dikkate alındığında, bağlayıcı oranının artması betonda uzun süre karıştırma sonucu oluşan çökme kaybının telafisi için kullanılan katkı maddesi miktarını azaltmakta olduğu görülmektedir. Şekil 4'de görüldüğü üzere sırasıyla %30, %20 uçucu kül ve %10 silis dumanı ilaveli betonlarda kıvam iyileştirmesi için kullanılan katkı maddesi miktarları daha azdır. Buna karşın 25 kg uçucu kül ikameli ve mineral katkısız betonda kıvam iyileştirmesi için kullanılan katkı maddesi miktarı daha fazla olduğu görülmektedir.



Şekil 4. Çeşitli karıştırma süreleri sonunda beton karışımına ilave edilen katkı miktarının toplam bağlayıcıya oranı

SONUÇ

Gerçekleştirilen çalışmadan çıkarılabilecek bazı sonuçlar aşağıda özetlemektedir:

1. Betonun işlenebilirlik kaybı üzerinde karıştırma süresi, beton sıcaklığı ve karışımındaki çimento miktarı önemli rol oynamaktadır. Betonda mevcut su miktarında meydana gelen bu azalma betonun başlangıç çökme değerinin karıştırma süresine bağlı olarak azalmasına neden olan temel faktörlerin başında gelmektedir.
2. Karıştırma süresinin uzamasıyla betonda meydana gelen çökme kaybının temel nedeni çimentonun hidrasyonunun ilerlemesine ve buharlaşma nedeniyle karışım suyunda zamanla meydana gelen azalmaya bağlanabilir.
3. Uçucu kül ilaveli betonlarda uzun süre karıştırma sonundaki çökme kaybı uçucu kül taneciklerinin küresel olmaları nedeniyle nispeten az olmaktadır. Mineral katkısız ve uçucu kül ikameli betonlarda toplam bağlayıcı miktarında değişme olmadığı için agrega taneleri arasındaki sürtünme artışına bağlı olarak çökme kayıpları da artmıştır. Silis dumanı çok ince taneciklerden oluştuğu için zamanla oluşan çökme kaybı uçucu küllü betonlardakine kıyasla bir miktar daha azdır.

4. Çökme kaybı betonun işlenebilirliğini olumsuz yönde etkilemektedir. Dolayısıyla betonun yerleştirilmesi, sıkılanması ve yüzeyinin düzeltilmesi oldukça güçleşmektedir. Bu nedenle şantiyede betonun işlenebilirliğinin iyileştirilmesi (retempering) kaçınılmaz hale gelmektedir. Kıvam iyileştirmesi su ile yapılması durumunda betonun dayanımında ciddi azalmalar meydana gelmektedir.
5. Kıvam iyileştirmesi süper akışkanlaştırıcı katkı ile yapılması durumunda betonun efektif su/çimento oranında herhangi bir değişme meydana gelmeyeceği için betonun hedeflenen dayanımında bir azalma sözkonusu olmamaktadır.
6. Karıştırma süresine bağlı olarak meydana gelen çökme kaybının telafisi için gereksinim duyulan akışkanlaştırıcı katkı maddesi miktarı değişmektedir. Kıvam iyileştirmede kullanılan akışkanlaştırıcı katkı maddesi miktarı 25 kg uçucu kül ikameli be mineral katkısız betonlarda en yüksek değeri alırken, %30 uçucu kül ilaveli betonda en düşük değeri almıştır.

KAYNAKLAR

- [1] Previte, R.W., "Concrete slump loss," ACI Journal, Proceedings, Vol. 74, 1977 pp. 361-367.
- [2] Soroka, I., and Ravina, D., "Hot weather concreting with admixtures," Cement and Concrete Composites, Vol. 20, 1998, pp. 129-136.
- [3] Al-Gahtani, H.J., Abbas, A.G.F., and Al-Amoudi, O.S.B., "Concrete mixture design for hot weather: Experimental and statistical analyses," Magazine of Concrete Research, Vol. 50, 1998, pp. 95-105.
- [4] Ravina, D., and Soroka, I., "Slump loss, compressive strength of concrete made with WRR and HRWR admixtures and subjected to prolonged mixing," Cement and Concrete Research, Vol. 24, 1994, pp. 455-462.
- [5] Ravina, D., "Retempering of prolonged-mixed concrete with admixtures in hot weather," ACI Journal, Proceedings, Vol. 72, 1975, pp. 291-295.
- [6] Meyer, L.M., and Pernechio, F., "Theory of concrete slump loss as related to the use of chemical admixtures," Concrete International, ACI, Vol. 1, 1979, pp. 36-43.

- [7] Ravina, D., "Slump retention of fly ash concrete with and without chemical admixtures," *Concrete International, ACI*, Vol. 17, 1995, pp. 25-29.
- [8] Kırca, Ö., Turanlı, L., and Erdoğan, T.Y., "Effect of retempering on consistency and compressive strength of concrete subjected to prolonged mixing," *Cement and Concrete Research*, Vol. 32, 2002, pp. 441- 445.
- [9] Ravina, D., "Effect of prolonged mixing on compressive strength of concrete with and without fly ash and/or chemical admixtures," *Materials Journal, ACI*, Vol. 93, 1996, pp. 451- 456.
- [10] Erdoğan, Ş., "Effect of retempering with superplasticizer admixtures on slump loss and compressive strength of concrete subjected to prolonged mixing," *Cement and Concrete Research*, Vol. 35, 2005, pp. 907-912.
- [11] Uchikawa, H., Ogawa, K., Shirasaka, T., and Sawaki, D., "Effect of admixture on hydration of cement, adsorptive behavior of admixture, and fluidity and setting of fresh cement paste," *Cement and Concrete Research*, Vol. 22, 1992, pp. 1115-1129.
- [12] Hanehara, S., and Yamada, K., "Interaction between cement and chemical admixture from the point of cement hydration, absorption behaviour of admixture, and paste rheology," *Cement and Concrete Research*, Vol. 29, 1999, pp. 1159-1165.
- [13] Bonen, D., and Sarkar, S.L., "The superplasticizer adsorption capacity of cement pastes, pore solution, and parameters affecting flow loss," *Cement and Concrete Research*, Vol. 25, 1995, pp. 1423-1434.