



DEĞİŞİK AKIŞKANLAŞTIRICILARIN BETONDAKİ PERFORMANSLARI

(THE PERFORMANCE OF DIFFERENT WATER-REDUCING ADMIXTURES IN CONCRETE)

Şemsi YAZICI*

ÖZET/ABSTRACT

Bu çalışmada altı değişik ticari akışkanlaştırıcının betondaki performansları incelenmiştir. Çalışma çerçevesinde değişik akışkanlaştırıcılar ile betonlar üretilmiş ve üretilen betonların çökme, priz başlangıç ve bitim süreleri, hava yüzdeleri ile 3, 7 ve 28 günlük basınç dayanımları belirlenmiştir. Beton üretiminde; dozaj, agrega kompozisyonları ve miktarları, çökme değeri sabit seçilmiştir. Ayrıca elde edilen deney sonuçları ilgili şartnamelerle karşılaştırılmıştır. Çalışmada kullanılan akışkanlaştırıcılar aynı esaslı olmalarına rağmen aynı agrega, aynı çimento ve aynı dozaj ile işlenebilme ve dayanım açısından birbirinden farklı sonuçlar vermiştir. Akışkanlaştırıcı katkılı betonlarda üretimden sonraki saatlerde işlenebilme problemleri ile karşılaşılabilceği de görülmüştür. Bu handikap dışında, bu çalışmada kullanılan katkılar genelde şartnamece aranan nitelikleri sağlamaktadır.

In this study the performance of six different commercial water reducing agents in concrete were investigated. The slump, setting times, air content and 3, 7 as well as 28 day compressive strengths of the concrete mixtures both containing admixtures and control ones were determined. In all concrete mixtures, cement content, aggregate content, aggregate grading and slump were kept constant. The test results were compared with related specification requirements. Although the cement content and slump of the concrete mixtures as well as the base of the water reducing agents were same, the behaviour of the admixtures as compared to the workability and strength of the concrete mixtures were different. The slump loss of the mixtures containing water reducing agents was found to be a major problem from practice point of view. Except for the disadvantage of slump loss, other specification requirements for mixtures containing admixtures were observed to be satisfactory.

ANAHTAR KELİMELER/KEYWORDS

Akışkanlaştırıcılar, Beton, İşlenebilme, Priz süreleri, Basınç dayanımı
Water-reducing agents, Concrete, Workability, Setting Time, Compressive strength

1. GİRİŞ

Beton genel olarak çimento, su, iri ve ince agreganın uygun oranlarda karıştırılması sonucu elde edilen başlangıçta plastik, şekil verilebilir nitelikte zaman geçtikçe sertleşen dayanım kazanan çığımızın en önemli taşıyıcı yapı malzemeleri arasındadır. Betonun mekanik ve fiziksel özelliklerinin geliştirilmesi veya ıslahı amacıyla klasik beton malzemelerine ilave olarak 1930'lu yıllardan itibaren kimyasal ve puzolanik esaslı mineral katkı maddeleri kullanılmıştır. Özellikle günümüzde üretilen betonların tamamına yakınında kimyasal katkı kullanılmakta ve hatta mineral katkı kullanımı da giderek yaygınlaşmaktadır. Betonda kullanılan mineral esaslı katkıların arasında uçucu kül, silis dumanı vb. puzolanik maddeler gösterilebilir.

Kimyasal katkılar “betonun taze ve/veya sertleşmiş haldeki özelliklerini değiştirmek için karıştırma işlemi sırasında betona, çimento dozajının %5'ini geçmemek üzere eklenen maddeler olarak tanımlanmaktadır (Akman, 1996). Kimyasal katkıları;

- su azaltıcı katkı,
- yüksek oranda su azaltıcı katkı,
- su tutucu katkı,
- hava sürükleyici katkı,
- priz hızlandırıcı katkı,
- sertleşme hızlandırıcı katkı,
- priz geciktirici katkı,
- çok amaçlı katkı

olmak üzere değişik sınıflara ayrılmaktadır (Akman, 1996; Uyan vd., 1996; Erdoğan, 1997).

Bu çalışmada, genel bilgiler bölümünde akışkanlaştırıcılar hakkında genel bilgiler verildikten sonra diğer bölümlerde piyasadan temin edilen altı ticari firmanın akışkanlaştırıcılarının performansları incelenmiştir.

2. GENEL BİLGİLER

Çalışmanın bu bölümünde akışkanlaştırıcılar hakkında genel bilgiler sunulacak ve akışkanlaştırıcılar üzerine yapılmış bazı çalışmaların bulgularından bahsedilecektir.

Akışkanlaştırıcılar kimyasal katkıları içersinde uygulamada en çok kullanılan ve en çok bilinen katkıları grubunu oluştururlar. Normal akışkanlaştırıcıların kimyasal içerik bakımından çeşitli tipleri vardır. Ancak bu katkıların çoğunluğu kağıt üretiminde yan ürün olan sodyum ve kalsiyum linyosüfonatlarıdır (ACI 212, 1987). Akışkanlaştırıcılar hava sürükleyerek, çimento tanelerinin topaklaşmasını önleyerek ve taneleri beton içine dağıtarak etkili olurlar (Akman, 1996; Uyan vd., 1996; Erdoğan, 1997). Böylece çimento tanelerinin bütünüyle hidrate olmasına sebep olurlar ve suyun yüzey gerilimi azaltır ıslatma gücünü artırır. Betonyerde çepelere yapışma olmaz, betonda agrega tanelerinin ayrışması minimum düzeye iner. Çimento hamuru ve agrega bağlantısı düzelir (Akman, 1996). Akışkanlaştırıcılar genelde üç amaç için kullanılırlar (Rixom ve Mailvaganam, 1986; ACI 212, 1987; Uyan vd., 1996; Coppola ve Colepardi, 1995; Uyan ve Yıldırım, 1991; Erdoğan, 1997):

- Katkısız betonla aynı işlenebilmede olmak şartıyla su/çimento oranını azaltarak daha yüksek mukavemet kazanmak,
- Kütle betonlarda hidrasyon ısısını düşürmek için çimento miktarının azaltılması durumunda aynı işlenebilirliği kazanmak (Katkının bu şekilde diğer beton türleri içinde kullanılması aynı zamanda daha ekonomik bir beton üretimi sağlaması anlamına gelmektedir),

- Kolay yerleşmeyi sağlamak için (özellikle ulaşılamayan köşelerde) işlenebilmeyi artırmak,
- Akışkanlaştırıcıların genel olarak betondaki; olumlu etkileri: sabit işlenebilmede su gereksinimini % 6.5'dan fazla azaltabilir, her yaştaki basınç dayanımını %10'dan fazla artırabilir, daha sıkı bir beton elde ederek donma çözölmeye, agresiv ortama dayanıklılık artar, geçirimsizlik sağlanır, yüzey görünümü düzelir (Rixom ve Mailvaganam, 1986; Akman, 1996),
- Olumsuz etkileri: priz gecikebilir, rötne artabilir, çökme kaybı meydana gelebilir.

3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

3.1. Malzemeler

3.1.1. Çimento

Bu çalışmada beton üretiminde bağlayıcı malzeme olarak PÇ42.5 tipi çimento kullanılmıştır. Kullanılan çimentonun bazı fiziksel, kimyasal ve mekanik özellikleri aşağıdaki Çizelge 1'de sunulmuştur. Çizelgedeki veriler üretici fabrika verileridir.

Çizelge 1. PÇ 42.5 tipi çimentonun kimyasal, fiziksel ve mekanik özellikleri

| Kimyasal özellikler | | |
|--------------------------------------|--------|---------------------|
| Bileşenler | (%) | TS 19 Sınırları (%) |
| SiO ₂ | 20.42 | |
| Al ₂ O ₃ | 5.11 | |
| Fe ₂ O ₃ | 3.48 | |
| CaO | 64.13 | |
| MgO | 1.20 | En çok. 5.0 |
| Na ₂ O | - | |
| K ₂ O | 0.80 | |
| SO ₃ | 2.84 | En çok 3.5 |
| Cl | 0.0114 | En çok. 0.1 |
| Kızdırma kaybı | 1.68 | En çok 4.0 |
| Çözünmeyen kalıntı | 0.72 | En çok 1.5 |
| Serbest kireç | 1.02 | |
| Fiziksel özellikler | | |
| Özellikler | | TS 19 Sınırları |
| Özgül ağırlık | 3.15 | |
| Özgül Yüzey (cm ² /g) | 3237 | En az 2800 |
| Hacim sabitliği (Le Chatelier) (mm) | 3 | En az 10 |
| Priz başlangıç süresi (dak.) | 135 | En az 60 |
| Priz sona erme süresi (dak.) | 185 | En az 600 |
| Mekanik özellikler | | |
| Özellikler | | TS 19 Sınırları |
| Basınç Dayanımı (N/mm ²) | | |
| 2 günlük | 24.9 | En az 20 |
| 7 günlük | 36.6 | En az 31.5 |
| 28 günlük | 47.9 | En az 42.5 |

3.1.2. Agregata

Beton üretiminde kireç taşı kökenli dört farklı boyutta kırılmış agregata kullanılmıştır. Tüm agregata deneyleri TS 706'ya göre yapılmıştır. Kullanılan agregaların elek analizi deney sonuçları Çizelge 2'de verilmiştir. Ayrıca agregaların; birim hacim ağırlık, hacim özgül ağırlık, su emme yüzdesi, organik madde varlığı, ince malzeme yüzdesi ve aşınma yüzdesi gibi bazı fiziksel özellikleri de ilgili standartlara göre test edilerek sonuçlar aşağıdaki Çizelge 3'de sunulmuştur. Agregaların diğer özellikleri beton için uygundur.

Çizelge 2. Agregaların elek analizi sonuçları

| Elek açıklığı (mm) | Kümülatif geçen (%) | | | |
|-----------------------|---------------------|-----------|----------|----------------|
| | Kırmataş agregata | | | Doğal agregata |
| | (15-25) mm | (5-15) mm | (0-5) mm | Kum |
| 31.5 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 16.0 | 27 | 100 | 100 | 100 |
| 8.0 | 0 | 51 | 100 | 100 |
| 4.0 | 0 | 5 | 98 | 91 |
| 2.0 | 0 | 2 | 74 | 62 |
| 1.0 | 0 | 1 | 47 | 41 |
| 0.5 | 0 | 0 | 28 | 23 |
| 0.25 | 0 | 0 | 17 | 10 |
| Elek Altı | 0 | 0 | 0 | 0 |

Çizelge 3. Agreganın bazı fiziksel özellikleri

| Özellik | İri agregada | | | İnce agregada | Deney standardı |
|---|--------------|---------|--------|---------------|-----------------|
| | 15-25 mm | 5-15 mm | 0-5 mm | Doğal kumda | |
| Birim hacim ağırlık, (kg/m ³) | | | | | |
| Sıkışık | 1526 | | | 1851 | TS 3529 |
| Gevşek | 1339 | | | 1701 | |
| Hacim özgül ağırlık, Kuru | 2.698 | 2.696 | 2.67 | 2.614 | TS 3526 |
| Kuru yüzey doygun | 2.698 | 2.708 | 2.676 | 2.63 | |
| Su emme yüzdesi, (%) | 0.1 | 0.5 | 0.2 | 0.3 | |
| İnce malzeme yüzdesi, (%) | --- | --- | --- | 4.35 | TS 3527 |
| Organik madde varlığı | --- | --- | --- | yok | TS 3673 |
| Los Angeles Aşınma Yüzdesi | | | | | |
| 100 devir, (%) | 5 | | | --- | TS 3694 |
| 500 devir, (%) | 27 | | | --- | |

Beton karışımlarında kullanılacak agregata karışımı ise TS 706'da önerilen sınırlar arasında kalacak şekilde %20 doğal kum, %30 0-5 mm kırmataş, %26 5-15 mm kırmataş ve %24 15-25 mm kırmataş olarak belirlenmiştir. Agregata karışımının granülometrik dağılımı Çizelge 4'de ve granülometri eğrisi ise Şekil 1'de sunulmuştur.

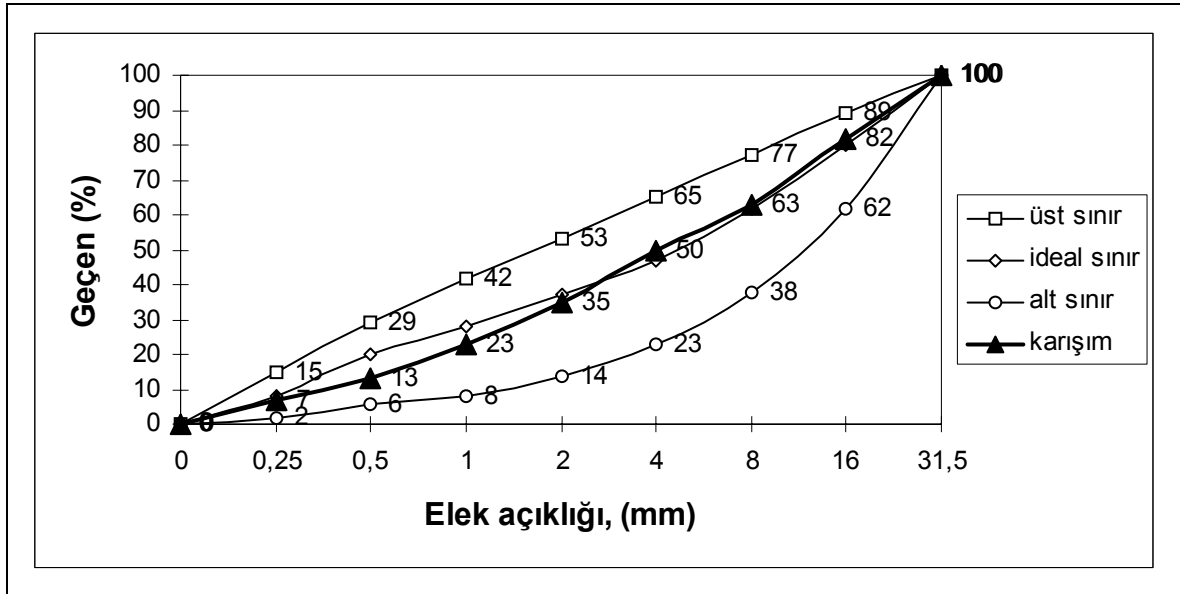
3.1.3. Akışkanlaştırıcılar

Bu deneysel çalışmada altı değişik ticari firmanın aynı kökenli (linyosülfonat) akışkanlaştırıcıları kullanılmıştır. Kullanılan akışkanlaştırıcı katkıların isimleri üretici firmaların adları verilmeden A, B, C, D, E ve F harfleri kullanılarak tanımlanmıştır.

Akışkanlaştırıcıların tümü sıvı haldedir ve yoğunlukları sırası ile; 1.20 (g/cm³), 1.14 (g/cm³), 1.19 (g/cm³), 1.18 (g/cm³), 1.12 (g/cm³) ve 1.16 (g/cm³) dür. Akışkanlaştırıcıların pH değerleri ise sırası ile; 6.9, 7.6, 8.4, 8.9, 7 ve 4.2'dir.

Çizelge 4. Betonda üretiminde kullanılan agrega karışımının kompozisyonu ve granülometrik dağılımı

| Elek açıklığı (mm) | Geçen (%) | | | | |
|--------------------|-----------|-----------------|------------------|-------------------|---------|
| | Doğal kum | 0-5 mm Kırmataş | 5-15 mm Kırmataş | 15-25 mm Kırmataş | Karışım |
| 31.5 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 16.0 | 100 | 100 | 100 | 27 | 82 |
| 8.0 | 100 | 100 | 51 | 0 | 63 |
| 4.0 | 91 | 98 | 5 | 0 | 50 |
| 2.0 | 62 | 74 | 2 | 0 | 35 |
| 1.0 | 41 | 47 | 1 | 0 | 23 |
| 0.5 | 23 | 28 | 0 | 0 | 13 |
| 0.25 | 10 | 17 | 0 | 0 | 7 |
| Elek Altı | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |



Şekil 1. Beton üretiminde kullanılan agrega karışımının ve TS 706'ya göre şartname sınır granülometri eğrileri

3.2. Beton Karışımları ve Deneyler

Bu deneysel çalışmada, altı değişik ticari firmanın aynı kökenli akışkanlaştırıcıları kullanılarak altı değişik akışkanlaştırıcı katkıli betonlar ile her bir katkıli beton için katkı içermeyen kontrol betonları da üretilmiştir. Betonlar farklı zamanlarda döküldüklerinden ortam koşullarından taze betonların etkilenmesini en aza indirebilmek için her katkıli beton için ayrı kontrol betonu dökülmüştür. Kullanılan katkıların ismi, beton karışımlarında üretici firmaların adları verilmeden A, B, C, D, E ve F harfleri kullanılarak tanımlanmıştır. Örneğin, A firmasının akışkanlaştırıcısı ile üretilmiş beton Beton A, B firmasının akışkanlaştırıcısı ile üretilmiş beton Beton B, C firmasının akışkanlaştırıcısı ile üretilmiş beton Beton C, D

firmasının akışkanlaştırıcısı ile üretilmiş beton Beton D, E firmasının akışkanlaştırıcısı ile üretilmiş beton Beton E, ve F firmasının akışkanlaştırıcısı ile üretilmiş beton Beton F olarak isimlendirilmişlerdir. Üretilen kontrol ve katkıli betonlarda çimento dozajı 300 kg, tüm betonlarda çökme değeri 19 cm olarak belirlenmiş ve beton karışım hesapları bu iki kriteri esas alacak şekilde yapılmıştır. A, B, C, D, E ve F akışkanlaştırıcıları ile üretilen betonlarda kullanılan katkı miktarları çimento ağırlığına göre sırası ile % 0.7, % 0.6, % 0.6, % 0.7, % 0.8 ve % 0.8 oranlarında kullanılmıştır. Üretilen betonların 1 m³'üne giren malzeme miktarları Çizelge 5'te verilmiştir.

Beton üretiminde 50 L hacminde düşey eksenli laboratuvar tipi betonier kullanılmıştır. Betoniere sırası ile önce iri ve ince agregalar konulmuş, yeterli sürede karıştırıldıktan sonra çimento ilave edilmiş ve yine yeterli süre karıştırıldıktan sonra kuru karışıma akışkanlaştırıcı ve karışım suyu karışımı ilave edilerek yeterli sürede karışım yapılmıştır.

Üretilen taze betonlar üzerinde sırası ile çökme, birim hacim ağırlık, hava oranı, priz başlangıç ve bitim süresi deneyleri yapılmıştır. Betonlar üzerinde gerçekleştirilen çökme deneyi iki aşamalı olarak yapılmıştır. Birinci aşamada üretilen taze betonun ilk çökme deneyi yapılarak her bir beton için ayrı ayrı çökme değerleri belirlenmiştir. İkinci aşamada ise betonier içersinde bir saat bekletilmiş beton 30 sn karıştırıldıktan sonra yeni bir çökme deneyi yapılmış ve bir saat sonraki çökme değerleri her bir beton için bulunmuştur. Üretilen betonlardan standartların öngördüğü şekilde 15 cm çaplı 30 cm yükseklikli standart silindir şeklinde örnekler alınmış ve alınan örnekler 20°C'deki kirece doymun su içinde saklanmışlardır. Daha sonra 3, 7 ve 28 günlerde basınç deneyleri yapılmıştır.

4. DENEY SONUÇLARI VE DEĞERLENDİRMELER

4.1. Karışım suyu

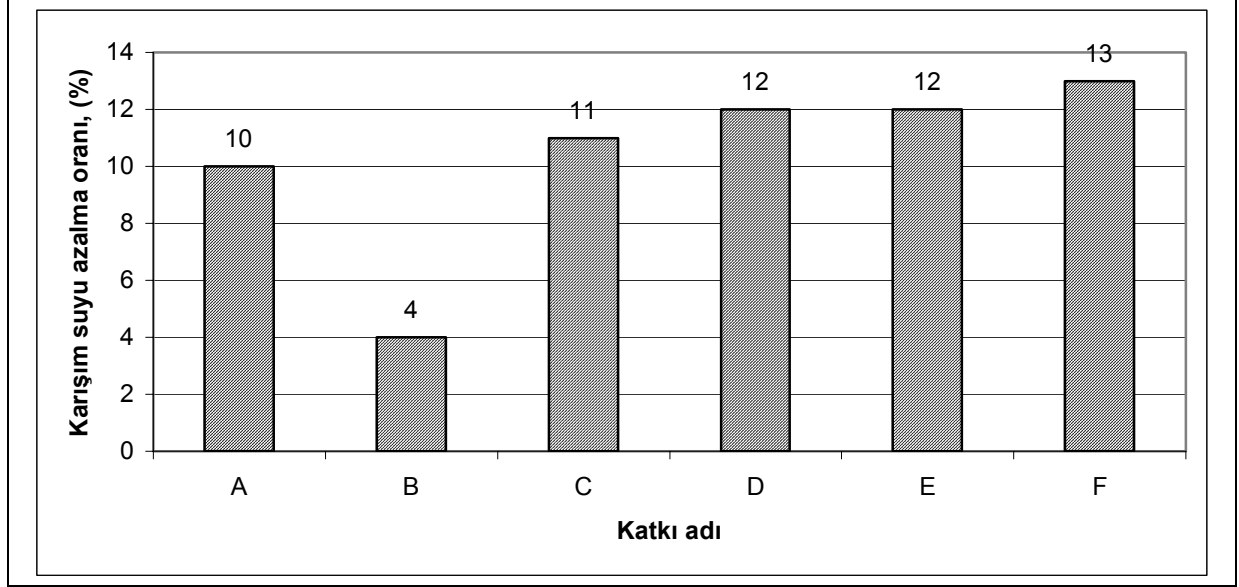
Üretilen kontrol ve katkıli betonlar üzerinde yapılan deneyler sonucunda betonların karışım suyu değerleri ve şartname sınırları aşağıdaki Çizelge 6'da görülmektedir. Çizelge 6'daki deney sonuçları incelendiğinde akışkanlaştırıcı katkıların su azaltma oranları 19 cm çökme değerini sağlayacak şekilde %10-%13 arasında oldukça dar bir aralıkta elde edilmiştir. F firması katkısının en fazla su azalttığı, A firması katkısının ise en az su azalttığı deney sonuçlarından görülmektedir.

Çizelge 5. Akışkanlaştırıcı katkıları kullanılarak 1m³ beton üretebilmek için gerekli olan düzeltilmiş malzeme miktarları

| Beton türü | Çimento (kg) | Su (kg) | Kırma taş (kg) | | | Doğal kum (kg) | A (kg) |
|----------------|--------------|---------|----------------|----------|--------|----------------|--------|
| | | | 15-25 mm | 10-15 mm | 0-5 mm | | |
| Kontrol A | 300 | 228 | 429 | 466 | 531 | 348 | --- |
| Beton <u>A</u> | 300 | 205 | 447 | 486 | 554 | 363 | 2.1 |
| Kontrol B | 300 | 228 | 429 | 466 | 531 | 348 | --- |
| Beton <u>B</u> | 300 | 219 | 447 | 486 | 554 | 363 | 1.8 |
| Kontrol C | 300 | 228 | 429 | 466 | 531 | 348 | --- |
| Beton <u>C</u> | 300 | 204 | 447 | 486 | 554 | 363 | 1.8 |
| Kontrol D | 300 | 228 | 429 | 466 | 531 | 348 | --- |
| Beton <u>D</u> | 300 | 200 | 447 | 486 | 554 | 363 | 2.1 |
| Kontrol E | 300 | 228 | 429 | 466 | 531 | 348 | --- |
| Beton <u>E</u> | 300 | 200 | 447 | 486 | 554 | 363 | 2.4 |
| Kontrol F | 300 | 228 | 429 | 466 | 531 | 348 | --- |
| Beton <u>F</u> | 300 | 198 | 447 | 486 | 554 | 363 | 2.4 |

*A: Akışkanlaştırıcı katkı

Yine Çizelge 6 incelendiğinde; 1 kg'lık C ve D katkıları ile benzer olarak 13.3 l'lik karışım suyu azalması elde edildiği görülmektedir. B katkısının 1 kg'lık miktarı kullanıldığında ise 5 l'lik su azalması elde edilmiştir. Şekil 2'de üretilen katkılı ve katkısız betonlarda; kontrol betonuna kıyasla katkılı betonlarda karışım suyu azalma oranları grafik olarak da görülmektedir.



Şekil 3. Kontrol betonuna kıyasla katkılı betonlarda karışım suyu azalma oranları

Çizelge 6. Akışkanlaştırıcı ile üretilen betonların karışım suyu miktarları ve şartname sınırları

| Beton türü | Karışım suyu miktarları (l) | Katkı miktarı, (kg) | Katkılı betonlarının kar. suyunun kontrol betonlarının kar. suyuna oranı, (%) | Şartname sınırı | Birim katkı ile sağlanan karışım suyu azalma oranı, (l/kg) | | | | |
|------------|-----------------------------|---------------------|---|-----------------|--|-------------|-------------|-------------|------|
| Kontrol A | 228 | --- | 90 | En çok % 95 | 11 | | | | |
| Beton A | 205 | 2.1 | | | | | | | |
| Kontrol B | 228 | --- | 96 | | En çok % 95 | 5 | | | |
| Beton B | 219 | 1.8 | | | | | | | |
| Kontrol C | 228 | --- | 89 | | | En çok % 95 | 13.3 | | |
| Beton C | 204 | 1.8 | | | | | | | |
| Kontrol D | 228 | --- | 88 | | | | En çok % 95 | 13.3 | |
| Beton D | 200 | 2.1 | | | | | | | |
| Kontrol E | 228 | --- | 88 | | | | | En çok % 95 | 11.7 |
| Beton E | 200 | 2.4 | | | | | | | |
| Kontrol F | 228 | --- | 87 | En çok % 95 | | | | | 12.5 |
| Beton F | 198 | 2.4 | | | | | | | |

4.2. Bir saat sonraki çökme kaybı

Taze beton üzerinde yapılan çökme ve bir saat sonraki çökme deneyleri verileri aşağıdaki Çizelge 7'de ve Şekil 4'de görülmektedir. Çizelgedeki deney sonuçları incelendiğinde akışkanlaştırıcı kullanılarak üretilen betonlarda işlenebilmenin bir saat sonra önemli oranda azaldığı görülmektedir. Bir saat sonunda işlenebilmedeki azalma; en çok % 32 mertebesinde D,

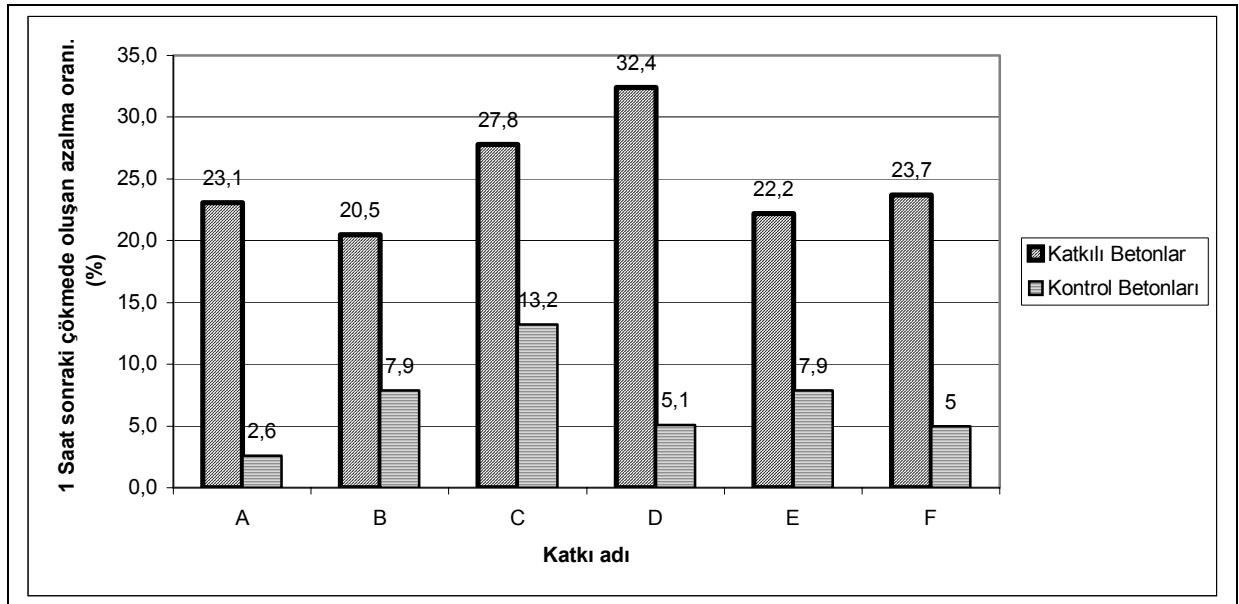
en az azalma ise % 20.5 mertebesinde B katkılarında görülmüştür. Deney sonuçları daha önceki araştırma sonuçlarını desteklemektedir (Uyan ve Yıldırım, 1991; Uyan vd., 1996; Akman, 1996; Yıldırım vd, 1996).

Çizelge 7. Kontrol ve katkıli betonlardaki bir saat sonraki çökme kaybı oranları

| Katkı adı | 1 saat sonraki çökme kaybı oranı, (%) | |
|-----------|---------------------------------------|--------------------|
| | Kontrol betonlarında | Katkılı betonlarda |
| A | 2.6 | 23.1 |
| B | 7.9 | 20.5 |
| C | 13.2 | 27.8 |
| D | 5.1 | 32.4 |
| E | 7.9 | 22.2 |
| F | 5 | 23.7 |

4.3. Hava yüzdesi

Üretilen betonlarda ölçülen hava yüzdesi değerleri ve diğer bazı taze beton özellikleri Çizelge 8’de görülmektedir. Çizelge 8’deki deney sonuçları incelendiğinde akışkanlaştırıcı katkıların betonlarda yaklaşık olarak % 1 ile % 3 arasında hava oluşturduğu görülmektedir. Katkılar içerisinde en fazla hava oluşturan katkıların F, en az ise B katkısının olduğu görülmektedir. Katkılarının beton içerisindeki hava miktarını artırdığı daha önceki literatür çalışmalarında görülmüştür (Uyan vd, 1996; Akman, 1996).



Şekil 4. Akışkanlaştırıcı kullanılarak üretilen betonlarda ve kontrol betonlarında 1 saat sonunda oluşan çökme kayıpları

4.4. Priz süreleri

Bu çalışmada katkıli ve katkısız betonlar üzerinde yapılan priz deneyleri sonuçları aşağıdaki Çizelge 9’da sunulmuştur. Çizelgedeki deney sonuçlarına göre akışkanlaştırıcı katkıların genel olarak betonların priz başlangıç ve bitim sürelerini geciktirmektedir. Priz sürelerindeki bu gecikme değerleri priz başlangıç için 15 dakika ile 185 dakika arasında, priz sona erme süresinde ise 0 dakika ile 245 dakika arasında olmuştur.

4.5.Basınç dayanımı

Çalışma kapsamında üretilen kontrol ve akışkan katkılı betonlar üzerinde 3, 7 ve 28 günlerde yapılan tek eksenli basınç deneyi sonuçları Çizelge 10'da verilmiştir. Betonların basınç dayanımları standart silindir örnekler üzerinde gerçekleştirilmiş ve sonuçlar üç örneğin ortalamasını göstermektedir. Çizelge 10'da sunulan sonuçlar incelendiğinde; akışkan katkılı betonlardaki 3, 7 ve 28 günlerdeki basınç dayanımı değerlerinin kontrol betonlarından daha yüksek olduğu görülmektedir. Akışkanlaştırıcı katkılı betonların basınç dayanımlarının kontrol betonlarının basınç dayanımlarına oranları tüm değişik firma katkılarında (C akışkanlaştırıcısı ile üretilen betonlardaki 3 günlük değer hariç) şartnamenin önerdiği 3 günlük en az % 125, 7 günlük en az % 100 ve 28 günlük en az % 100 değerlerinin üstünde elde edilmiştir. Yine tek eksenli basınç deneyi sonuçları incelendiğinde 28 günlük dayanımlarda basınç dayanımında en yüksek artış A akışkanlaştırıcı katkısı ile üretilmiş betonlarda elde edilmiştir.

Çizelge 8. Akışkanlaştırıcı ile üretilen betonların taze beton özellikleri

| Beton türü | S/Ç oranı | Teorik BHA (kg/m ³) | Sıkışık BHA (kg/m ³) | Hava yüzdesi (%) | Çökme (cm) | 1 saat sonraki çökme (cm) |
|----------------|-----------|---------------------------------|----------------------------------|------------------|------------|---------------------------|
| Kontrol A | 0.76 | 2302 | 2329 | 1 | 19.0 | 18.5 |
| Beton <u>A</u> | 0.68 | 2357 | 2359 | 1.95 | 19.5 | 15.0 |
| Kontrol B | 0.76 | 2302 | 2355 | 1 | 19.0 | 17.5 |
| Beton <u>B</u> | 0.73 | 2371 | 2358 | 1.65 | 19.5 | 15.5 |
| Kontrol C | 0.76 | 2302 | 2351 | 1 | 19.0 | 16.5 |
| Beton <u>C</u> | 0.68 | 2356 | 2362 | 2.10 | 18.0 | 13.0 |
| Kontrol D | 0.76 | 2302 | 2359 | 1 | 19.5 | 18.5 |
| Beton <u>D</u> | 0.67 | 2352 | 2353 | 2.75 | 18.5 | 12.5 |
| Kontrol E | 0.76 | 2302 | 2351 | 1 | 19.0 | 17.5 |
| Beton <u>E</u> | 0.67 | 2352 | 2360 | 2.85 | 18.0 | 14.0 |
| Kontrol F | 0.76 | 2302 | 2365 | 1 | 20.0 | 19.0 |
| Beton <u>F</u> | 0.66 | 2350 | 2321 | 4.1 | 19.0 | 14.5 |

Bu çalışmada kullanılan akışkanlaştırıcılar ile birim akışkanlaştırıcı ile sağlanabilen basınç dayanımı artış oranları grafik olarak da Şekil 5'de verilmiştir. Bu grafikten de görüldüğü gibi birim akışkanlaştırıcı ile sağlanabilen en yüksek basınç dayanımı artış oranı A akışkanlaştırıcısı kullanılarak üretilen betonlarda elde edilmiştir. Bu değer A akışkanlaştırıcısında 4.5 MPa/kg iken diğer akışkanlaştırıcılarda ortalama olarak 3 MPa/kg seviyesindedir.

5. SONUÇLAR

Yukarıdaki deneysel çalışmalardan elde edilen bilgilerden aşağıdaki sonuçlara varılmıştır:

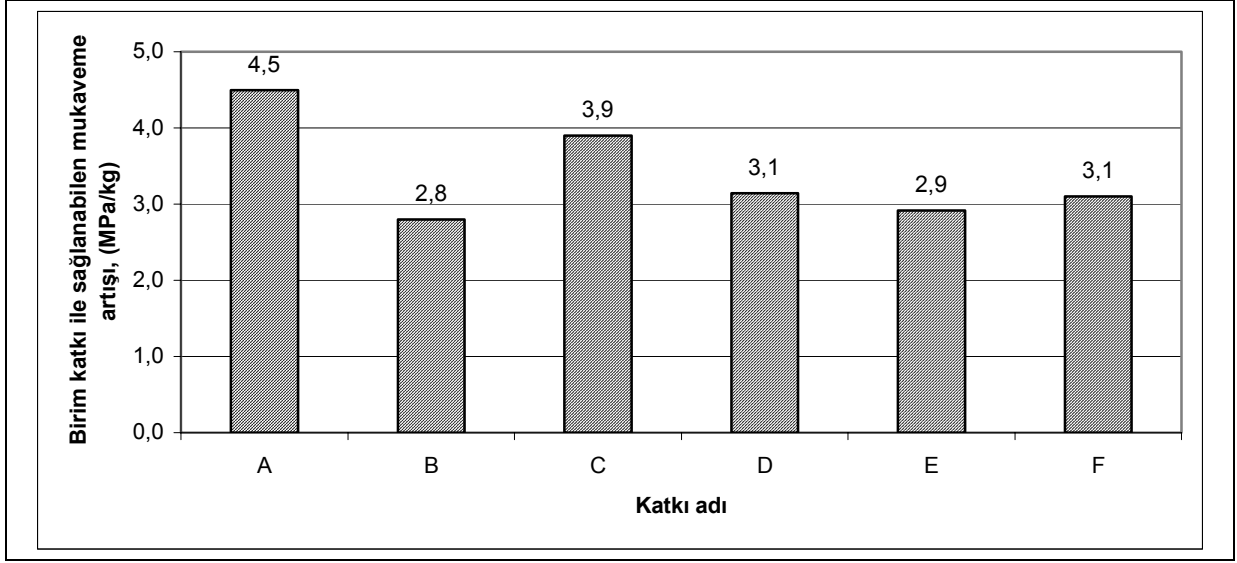
- Üzerinde deneysel çalışma yapılan linyosülfonat esaslı akışkanlaştırıcıların betonlarda genelde şartnamenin önerdiği oranlar civarında su kesme özelliğine sahip oldukları görülmüştür.
- Deneysel çalışma yapılan tüm akışkanlaştırıcılar betonlarda %1 ile %3 arasında hava sürüklemektedirler.
- Çalışma yapılan altı akışkanlaştırıcı da bir saat sonunda önemli oranda işlenebilme kaybına uğramakta, bu da akışkanlaştırıcı ile üretilen betonların üretildikten kısa bir süre sonra kalıplara yerleştirilmesi gerektiğini göstermektedir. Bu sonuç akışkanlaştırıcılar için önemli bir dezavantajdır.

Çizelge 9. Akışkanlaştırıcı ile üretilen betonların priz süreleri ve şartname sınırları

| Beton türü | Priz süresi (dak.) | | Kontrol betonlarının priz sürelerine göre | | Şartname sınırları | |
|----------------|--------------------|-----------|---|--------------|-----------------------|----------------------|
| | Başlangıç | Sona erme | Başlangıç | Sona erme | Başlangıç | Sona erme |
| Kontrol A | 195 | 280 | 45 dak. geç | 95 dak. geç | En az 60 dakika erken | En çok 90 dakika geç |
| Beton <u>A</u> | 240 | 375 | | | | |
| Kontrol B | 170 | 240 | 15 dak. geç | aynı | | |
| Beton <u>B</u> | 185 | 240 | | | | |
| Kontrol C | 170 | 245 | 140 dak. geç | 135 dak. geç | | |
| Beton <u>C</u> | 310 | 380 | | | | |
| Kontrol D | 160 | 240 | 165 dak. geç | 200 dak. geç | | |
| Beton <u>D</u> | 325 | 420 | | | | |
| Kontrol E | 165 | 240 | 185 dak. geç | 235 dak. geç | | |
| Beton <u>E</u> | 350 | 475 | | | | |
| Kontrol F | 180 | 265 | 180 dak. geç | 245 dak. geç | | |
| Beton <u>F</u> | 360 | 510 | | | | |

Çizelge 10. Akışkanlaştırıcı ile üretilen betonların basınç dayanımı değerleri ve şartname sınırları

| Beton türü | Basınç dayanımı (MPa) | | | Katkılı betonların basınç dayanımlarının kontrol betonlarının basınç dayanımlarına oranı (%) | | | Şartname sınırları (%) | | |
|----------------|-----------------------|-------|--------|--|-------|--------|------------------------|-----------|-----------|
| | 3 gün | 7 gün | 28 gün | 3 gün | 7 gün | 28 gün | 3 gün | 7 gün | 28 gün |
| Kontrol A | 20.4 | 24.2 | 28.9 | 125 | 130 | 133 | En az 125 | En az 100 | En az 100 |
| Beton <u>A</u> | 25.6 | 31.5 | 38.3 | | | | | | |
| Kontrol B | 20.2 | 23.5 | 28 | 114 | 120 | 118 | | | |
| Beton <u>B</u> | 23.1 | 26.3 | 33 | | | | | | |
| Kontrol C | 20.8 | 23.4 | 28.4 | 124 | 126 | 125 | | | |
| Beton <u>C</u> | 25.7 | 29.6 | 35.4 | | | | | | |
| Kontrol D | 18.6 | 22.7 | 27.5 | 130 | 133 | 124 | | | |
| Beton <u>D</u> | 24.1 | 30.1 | 34.1 | | | | | | |
| Kontrol E | 18.3 | 24.1 | 28 | 142 | 120 | 124 | | | |
| Beton <u>E</u> | 25.9 | 29 | 34.6 | | | | | | |
| Kontrol F | 19.7 | 23.2 | 27.9 | 139 | 133 | 127 | | | |
| Beton <u>F</u> | 27.4 | 30.8 | 35.4 | | | | | | |



Şekil 5. Akışkanlaştırıcı kullanılarak üretilen betonlarda 1 kg akışkanlaştırıcı katkı ile kontrol betonlarına kıyasla sağlanabilen mukavemet artışları

- Kullanılan tüm akışkanlaştırıcılar şartname önerilerinin dışında betonun prize başlamasına ve prizinin sona ermesine neden olmuşlardır. Bu durum işlenebilme açısından göz ardı edilmemesi gereken önemli sorunlardan birisidir.
- Deneysel çalışma yapılan akışkanlaştırıcılarla ortalama % 10 civarında karışım suyunda azalma elde edilebilmiştir.
- Kullanılan akışkanlaştırıcıların tamamı şartname sınırlarının üzerinde dayanım artışı sağlamışlardır. Bu artış 1 kg katkı için ortalama 3.4 MPa civarındadır.
- Beton üretiminde akışkanlaştırıcı kullanımında su azaltmak suretiyle dayanım kazanma beklentisinin yanında işlenebilme probleminin de göz önüne alınması, birim katkı ile dayanım ve işlenebilme ihtiyaçlarının bir arada değerlendirilerek katkı seçiminin yapılması gerektiği kanaatine varılmıştır.

Ayrıca akışkanlaştırıcı katkıları kullanımdan önce, mutlaka ön deneylerden geçirilip betona sağlayacakları olumlu ve olumsuz getirilerinin belirlenmesi gereklidir.

TEŞEKKÜR

Araştırma süresince deneylerin gerçekleştirilmesinde yardımlarından dolayı EÜ Müh. Fak. İnş. Müh. Bölümü öğrencilerinden Ali Atılım Kahraman'a, deneylerde kullanılan malzemelerin temininde katkılarından dolayı Batıbeton Kalite Kontrol Şefi İnş. Müh. İrfan KADİROĞLU'na, öneri ve yardımlarından dolayı EÜ Müh. Fak. İnş. Müh. Bölümü Öğr. Üyesi Doç. Dr. Kambiz RAMYAR'a teşekkürlerimi sunarım.

KAYNAKLAR

- ACI Committee 212 (1987): “Chemical Admixtures for Concrete”, ACI Material Journal, May-June, p.297.
- Akman M.S. (1996): “Kimyasal Katkıların Betona Uygulanması”, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası, 4. Ulusal Beton Kongresi , 30-31 Ekim – 1 Kasım.
- Coppola P.Z., Colepardi P. (1995): “Development in Chemical Admixtures for High Performance Ready Mixed Concrete”, Proc. of XIth European Ready Mixed Concrete Congress, 21-23 June, Istanbul, Turkey.
- Erdoğan Y.T. (1997): “Admixture for Concrete”, Middle East Technical Published, ISBN 975-429-113-6, 188 s.
- Rixom M.R., Mailvaganam N.P. (1986): “Chemical Admixtures for Concrete”, E&FN Spon, London.
- Uyan M., Yıldırım H. (1991): “Yüksek Dayanımlı Beton Üretiminde Süperakışkanlaştırıcı Beton Katkı Maddelerinin Etkinliği”, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası, 2. Ulusal Beton Kongresi (Yüksek Dayanımlı Beton), 27-28-29-30 Mayıs.
- Uyan M., Yıldırım H., Süvari Y. (1996): “Akışkanlaştırıcı Katkıların Etkinliği”, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası, 4. Ulusal Beton Kongresi, 30-31 Ekim–1 Kasım.