



**SÜPER AKIŞKANLAŞTIRICILARIN BETONDAKİ
BAZI FİZİKSEL VE MEKANİK ÖZELLİKLERE ETKİLERİ**

**(THE EFFECT OF SUPERPLASTICIZERS ON THE SOME PHYSICAL AND
MECHANICAL PROPERTIES OF CONCRETE)**

Şemsi YAZICI*

ÖZET/ABSTRACT

Bu çalışmada altı değişik ticari süper akışkanlaştırıcının betonun bazı fiziksel ve mekanik özelliklerine etkileri 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 süper akışkanlaştırıcılar aynı esaslı olmalarına rağmen aynı agrega, aynı çimento ve aynı dozaj ile işlenebilme ve dayanım açısından birbirinden farklı sonuçlar vermiştir. Süper akışkanlaştırıcı katkılı betonlarda üretimden sonraki saatlerde işlenebilme problemleri ile karşılaşılacağı de görülmüştür. Bu handikap dışında, bu çalışmada kullanılan katkılar genelde şartnamece aranan nitelikleri sağlamaktadır.

In this study the effect of six different commercial super plasticizers on the some physical and mechanical properties of 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 high range 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 high range 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

Süper akışkanlaştırıcılar, Beton, İşlenebilme, Priz süreleri, Basınç dayanımı
Superplasticizer (High-range water-reducing agents), Concrete, Workability, Setting
Time, Compressive strength

*Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İZMİR

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 çağımızın 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 katkılar;

- 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 (1994 Akman, 1996; Uyan vd., 1996; Erdoğan, 1997).

Bu çalışmada; genel bilgiler bölümünde akışkanlaştırıcılar ve süper akışkanlaştırıcılar hakkında genel bilgiler verildikten sonra diğer bölümlerde altı ticari firmanın süper akışkanlaştırıcılarının betonun bazı fiziksel ve mekanik özelliklerine etkileri incelemiştir.

2. GENEL BİLGİLER

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

Akışkanlaştırıcılar kimyasal katkılar içerisinde uygulamada en çok kullanılan ve en çok bilinen katkılar grubunu oluştururlar. Akışkanlaştırıcılar normal akışkanlaştırıcılar ve süper akışkanlaştırıcılar olmak üzere iki gruba ayrılırlar. Normal akışkanlaştırıcıların kimyasal içerik bakımından çeşitli tipleri vardır. Ancak bu katkıların çoğunluğu kağıt üretiminde yan ürün olan sodyum ve kalsiyum linyosülfonatlardır (ACI 212, 1987). Son yıllarda yüksek performanslı betonlar genelde süper akışkanlaştırıcı denilen katkılar kullanılarak üretilmektedir. Süper akışkanlaştırıcılar yüksek oranda su indirgeyiciler olarak da bilinmektedir. Beton üretiminde kullanılan süper akışkanlaştırıcıların kimyasal içerikleri ise melamin folmaldehid sülfonatlar, modifiye edilmiş lignosülfonatlar, naftalin folmaldehid sülfonatlar ve yukarıdaki çökme kaybını önleyici maddeler (örneğin fonksiyonel sülfonik grup ve karboksil grup ile oluşturulmuş kopolimerler) karıştırılarak üretilenlerdir. Bunlardan naftalin sülfonat formaldehit (NSF) esaslı süper akışkanlaştırıcılar Japonlar, melamin sülfonat formaldehit (MSF) esaslı süper akışkanlaştırıcılar ise Almanlar tarafından 1970 'li yıllarda üretilerek beton sanayiinin kullanımına sunuldu. 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 gerilimini azaltır ıslatma gücünü artırırlar. Betoniyerde çeperlere yapışma olmaz, betonda agrega tanelerinin ayrışması minimum düzeye iner. Çimento hamuru ve agrega bağlantısı düzelir (Akman, 1996). Akışkanlaştırıcılar genelde üç amaç için kullanılırlar (Rixom, 1986; ACI 212, 1987; Uyan vd., 1991; Coppola, 1995; Uyan vd., 1996; 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 (Rixom ve Mailvanagam, 1986; Akman, 1996);

- Olumlu etkileri: sabit işlenebilmede su gereksinimini % 6.5 den fazla azaltabilir, her yaştaki basınç dayanımını %10 'dan fazla artırabilir, daha sıkı bir beton elde ederek donma çözülmeye, agresiv ortama dayanıklılık artar, geçirimsizlik sağlanır, yüzey görünümü düzelir.
- Olumsuz etkileri: priz gecikebilir, rötne artabilir, çökme kaybı meydana gelebilir.

Süper akışkanların betondaki etkileri de normal akışkanlaştırıcıların etkilerine benzer. Ancak bu katkılar suyun yüzey gerilimini normal akışkanlaştırıcılara göre daha az düşürdüklerinden aşırı miktarda hava sürüklemeler. Süper akışkanlaştırıcılar bu nedenle normal akışkanlaştırıcılardan daha yüksek oranlarda betonda kullanılabilirler (Uyan vd., 1996).

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.

3.1.2. Agrega

Beton üretiminde kireç taşı kökenli dört farklı boyutta kırılmış agrega kullanılmıştır. Tüm agrega 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.

Beton karışımlarında kullanılacak agrega 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. Agrega karışımının granülometrik dağılımı Çizelge 4'de ve granülometri eğrisi ise Şekil 1'de sunulmuştur.

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

Kimyasal özellikler		
Bileşenler	(%)	TS 19 Sınırları (%)
SiO ₂	20.42	En çok. 5.0
Al ₂ O ₃	5.11	
Fe ₂ O ₃	3.48	
CaO	64.13	
MgO	1.20	
Na ₂ O	-	
K ₂ O	0.80	
SO ₃	2.84	
Cl	0.0114	
Kızdırma kaybı	1.68	
Çözünmeyen kalıntı	0.72	
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

Çizelge 2. Agregaların elek analizi sonuçları

Elek açıklığı (mm)	Kümülatif geçen (%)			
	Kırmataş agregası			Doğal agregası
	(15-25) mm	(5-15) mm	(0-5) mm	Kum
31.5	100	100	100	100
16	27	100	100	100
8	0	51	100	100
4	0	5	98	91
2	0	2	74	62
1	0	1	47	41
0.5	0	0	28	23
0.25	0	0	17	10
Elek altı	0	0	0	0

3.1.3. Süper Akışkanlaştırıcılar

Bu deneysel çalışmada altı değişik ticari firmanın naftalin esaslı süper akışkanlaştırıcıları kullanılmıştır. Kullanılan süper 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; 1.18 (g/cm³), 1.21 (g/cm³), 1.17 (g/cm³), 1.2 (g/cm³), 1.18 (g/cm³) ve 1.15 (g/cm³) dür. Süper akışkanlaştırıcıların pH değerleri ise sırası ile; 7.9, 6.6, 7.5, 6.9, 7.9 ve 7'dir.

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)					TS 3529
Sıkışık	1526			1851	
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					TS 3694
100 devir, (%)	5			---	
500 devir, (%)	27			---	

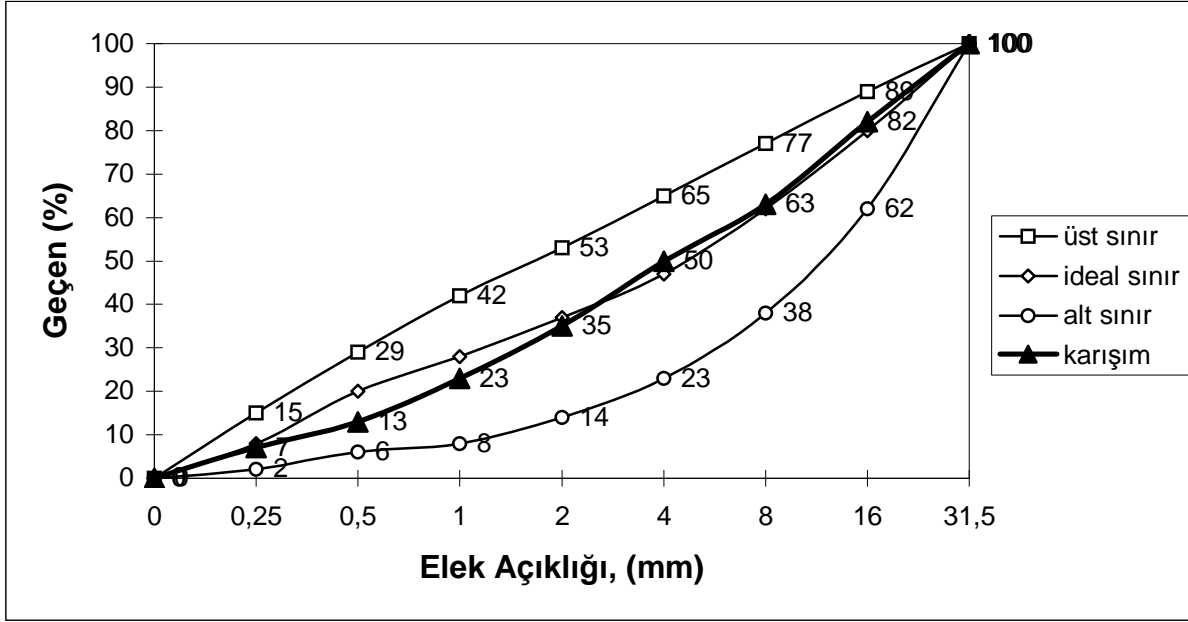
Çizelge 4. Beton üretiminde kullanılan agrega karışımının kompozisyonu ve granülometrik dağılımı

Elek açıklığı (mm)	Geçen (%)				Karışım
	Doğal kum	0-5 mm Kırmataş	5-15 mm Kırmataş	15-25 mm Kırmataş	
31.5	100	100	100	100	100
16	100	100	100	27	82
8	100	100	51	0	63
4	91	98	5	0	50
2	62	74	2	0	35
1	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

3.2. Beton Karışımları ve Deneyler

Bu deneysel çalışmada, altı değişik ticari firmanın aynı kökenli süper akışkanlaştırıcıları kullanılarak altı değişik 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. Üretilen kontrol ve katkıli betonlarda çimento dozajı 300 kg, tüm betonlarda çökme değeri 20 cm olarak belirlenmiş ve beton karışım hesapları bu iki kriteri esas alacak şekilde yapılmıştır. A, B, C, D, E ve F süper akışkanlaştırıcıları ile üretilen betonlarda kullanılan katkı miktarları çimento ağırlığına göre sırası ile % 1.5, % 1, % 1.2, % 1.5, % 1.2 ve % 1.4 oranlarında kullanılmıştır. Üretilen betonların 1 m³ 'üne giren malzeme miktarları Çizelge 5'de verilmiştir.

Beton üretiminde 50 lt 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 süper akışkanlaştırıcı ve karışım suyu karışımı ilave edilerek yeterli sürede karışım yapılmıştır.



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

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 bu numuneler üzerinde 3, 7 ve 28 günlerde basınç deneyleri yapılmıştır.

4. DENEY SONUÇLARI VE DEĞERLENDİRMELER

4.1. Karışım Suyu

Üretilen betonlar üzerinde yapılan deneyler sonucunda, betonların karışım suyu değerleri, katkıli betonların karma suyunun kontrol betonları karma sularına oranları, şartname sınırı ve birim katkı ile sağlanabilen karışım suyu azaltma değerleri aşağıdaki Çizelge 6'da görülmektedir. Ayrıca, kontrol betonlarına kıyasla katkıli betonlarda elde edilen karışım suyu azaltma oranları grafik olarak da Şekil 2 'de verilmiştir. Çizelge 6'da ki deney sonuçları incelendiğinde süper akışkanlaştırıcı katkıların su azaltma oranları 20 cm çökme değerini sağlayacak şekilde %14-22 arasında elde edilmiştir. Katkılardan en fazla su azaltan katkı D katkısı, en az su azaltan katkı ise B ve E katkıları oldukları görülmektedir. Bu çalışmada

kullanılan katkıların tümü ilgili şartname (TS 3452) sınırlarının altında su azaltmıştır. Burada elde edilen sonuçlar Uyan vd. tarafından yapılan çalışma sonuçlarını desteklemektedir (Uyan vd., 1996).

Çizelge 5. Süper akışkanlaştırıcı katkıları kullanılarak 1m³ beton üretilebilmek için gerekli olan düzeltilmiş malzeme miktarları

Beton türü	Çimento (kg)	Su (kg)	Kırmataş (kg)			Doğal kum (kg)	SA (kg)
			15-25 mm	10-15 mm	0-5 mm		
Kontrol A	300	228	429	466	531	348	---
Beton <u>A</u>	300	185	459	499	568	373	4.5
Kontrol B	300	228	429	466	531	348	---
Beton <u>B</u>	300	197	459	499	568	373	3
Kontrol C	300	228	429	466	531	348	---
Beton <u>C</u>	300	187	459	499	568	373	3.6
Kontrol D	300	228	429	466	531	348	---
Beton <u>D</u>	300	177	459	499	568	373	4.5
Kontrol E	300	228	429	466	531	348	---
Beton <u>E</u>	300	195	429	499	568	373	3.6
Kontrol F	300	228	429	466	531	348	---
Beton <u>F</u>	300	190	429	499	568	373	4.2

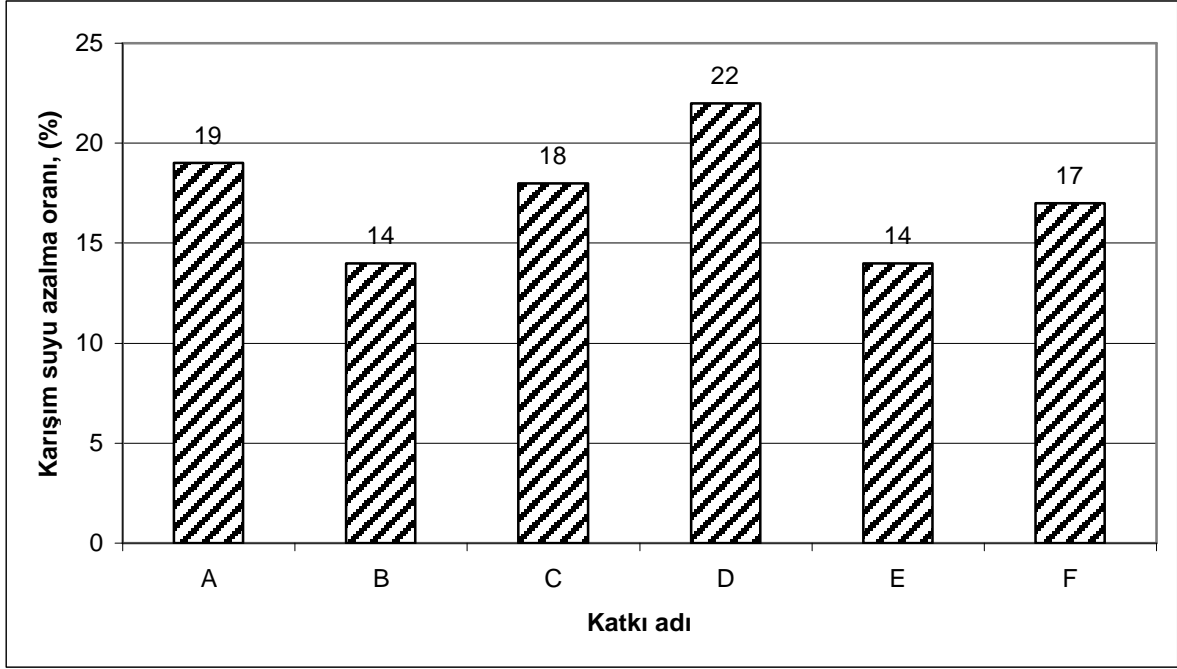
*SA: Süper akışkanlaştırıcı katkı

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

Beton Türü	Karışım suyu miktarları (lt)	Katkılı betonlarının kar. suyunun kontrol betonlarının kar. suyuna oranı, (%)	Şartname sınırı	Birim katkı ile sağlanan karışım suyu azalma miktarı, (lt)
Kontrol A	228	81	En çok % 88	9.6
Beton <u>A</u>	185			
Kontrol B	228	86		10.3
Beton <u>B</u>	197			
Kontrol C	228	82		11.4
Beton <u>C</u>	187			
Kontrol D	228	78		11.3
Beton <u>D</u>	177			
Kontrol E	228	86		9.2
Beton <u>E</u>	195			
Kontrol F	228	83	9	
Beton <u>F</u>	190			

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 3' de görülmektedir. Çizelgedeki deney sonuçları incelendiğinde süper akışkanlaştırıcı kullanılarak üretilen betonlarda işlenebilmenin bir saat sonra önemli oranda azaldığı görülmektedir. Bir saat sonunda işlenebilmedeki azalma; en çok % 55 mertebesinde C, en az azalma ise % 32 mertebesinde E katkılarında görülmüştür. Deney sonuçları daha önceki araştırma sonuçlarını desteklemektedir (Uyan ve Yıldırım, 1991; Uyan vd., 1996; Akman., 1996; Yıldırım vd., 1996).



Şekil 2. Kontrol betonuna kıyasla katkıli betonlarda karışım suyu azalma oranları

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	38.5
B	7.9	36.8
C	13.2	55.3
D	5.1	38.5
E	7.9	32.4
F	5	43.6

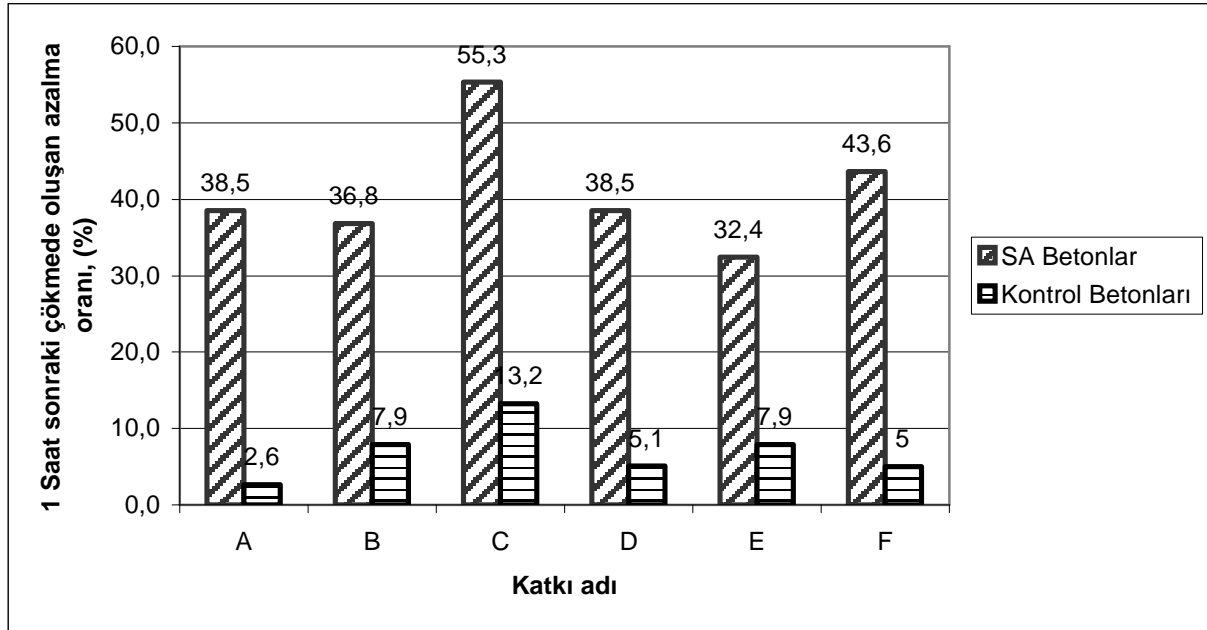
4.3. Hava Yüzdesi

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

4.4. Priz Süreleri

Bu çalışmada katkıli ve katkısiz betonlar üzerinde yapılan priz deneyleri sonuçları aşağıdaki Çizelge 9'da sunulmuştur. Çizelgedeki deney sonuçlarına göre akışkanlaştırıcı katkıli betonların priz başlangıç ve bitim sürelerini geciktirmektedir. İlgili şartname (TS 3452), priz başlangıç süresinde 60 dakikaya kadar erken başlamaya izin vermiş fakat gecikme için bir koşul belirtmemiştir. Aynı şartname; priz sona erme süresi için ise en çok 90 dakikaya

kadar bir gecikmeye izin vermektedir. Deneysel çalışma yapılan süper akışkanlaştırıcılardan A ve B isimli katkıları hariç diğerleri şartname sınırından 5 ila 20 dakika daha geç priz sona erme zamanına sahip olmuşlardır. Burada elde edilen sonuçlar Uyan vd. tarafından yapılan çalışma sonuçları ile çelişmektedir (Uyan vd., 1996). Uyan vd. yaptıkları çalışmada süper akışkanlaştırıcıların priz sürelerini olumsuz yönde etkilemediğini belirtmektedirler.



Şekil 3. Süper akışkanlaştırıcı kullanılarak üretilen betonlarda ve kontrol betonlarında 1 saat sonunda oluşan çökme kayıpları

Çizelge 8. Süper 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	18.5
Beton <u>A</u>	0.62	2386	2380	2,5	19.5	12
Kontrol B	0.76	2302	2355	1	19	17.5
Beton <u>B</u>	0.66	2384	2381	1.9	19	12
Kontrol C	0.76	2302	2351	1	19	16.5
Beton <u>C</u>	0.62	2385	2378	2.1	19	8.5
Kontrol D	0.76	2302	2359	1	19.5	18.5
Beton <u>D</u>	0.59	2386	2363	3,6	19.5	12
Kontrol E	0.76	2302	2351	1	19	17.5
Beton <u>E</u>	0.65	2385	2395	1,4	18.5	12.5
Kontrol F	0.76	2302	2365	1	20	19
Beton <u>F</u>	0.63	2385	2331	4	19.5	11

4.5. Basınç Dayanımı

Çalışma kapsamında üretilen kontrol ve süper akışkan katkıli 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 katkıli

betonlardaki 3, 7 ve 28 günlerdeki basınç dayanımı değerlerinin kontrol betonlarından daha yüksek olduğu görülmektedir. Süper akışkanlaştırıcı katkılı betonların basınç dayanımlarının kontrol betonlarının basınç dayanımlarına oranları tüm değişik firma katkılarında şartnamenin önerdiği 3 günlük en az % 125, 7 günlük en az % 115 ve 28 günlük en az % 110 değerlerinin üstünde elde edilmiştir. Yine tek eksenli basınç deneyi sonuçları incelendiğinde 28 günlük dayanımlarda basınç dayanımında en yüksek artış %156 oranında D süper akışkanlaştırıcı katkısı ile üretilmiş betonlarda elde edilmiştir. Bu sonuçlar Uyan vd., Yıldırım vd. ve Topçu tarafından yapılan çalışmaları desteklemektedir (Uyan vd., 1996; Topçu, 1996; Yıldırım vd., 1996).

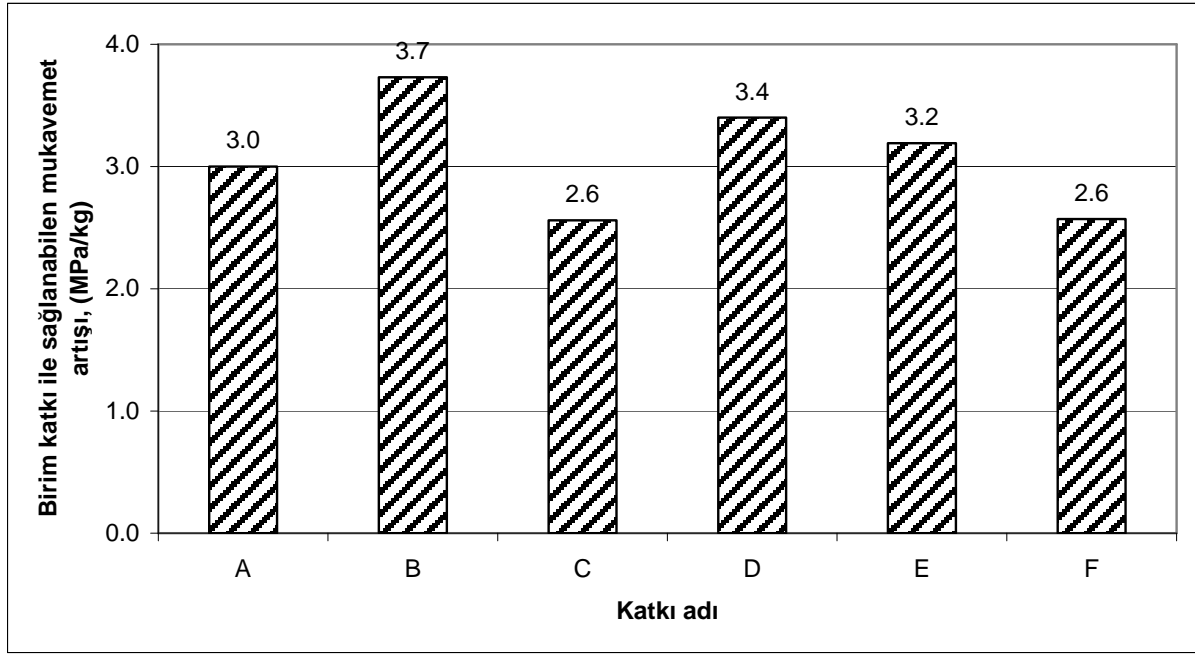
Çizelge 9. Süper akışkanlaştırıcı ile üretilen betonların priz süreleri ve şartname sınırları

Beton türü	Priz süresi (dak.)		Kontrol betonlarının priz süreleri göre		Şartname sınırları	
	Başlangıç	Sona erme	Başlangıç	Sona erme	Başlangıç	Sona erme
Kontrol A	195	280	35 dak. geç	75 dak. geç	En az 60 dakika erken	En çok 90 dakika geç
Beton <u>A</u>	230	355				
Kontrol B	170	240	40 dak. geç	60 dak. geç		
Beton <u>B</u>	210	300				
Kontrol C	170	245	60 dak. geç	235 dak. geç		
Beton <u>C</u>	230	480				
Kontrol D	160	240	85 dak. geç	95 dak. geç		
Beton <u>D</u>	245	335				
Kontrol E	165	240	95 dak. geç	110 dak. geç		
Beton <u>E</u>	260	350				
Kontrol F	180	265	120 dak. geç	115 dak. geç		
Beton <u>F</u>	300	380				

Bu çalışmada kullanılan süper akışkanlaştırıcılar ile birim katkı ile sağlanabilen basınç dayanımı artış oranları grafik olarak da Şekil 4 'de verilmiştir. Bu grafikten de görüldüğü gibi birim akışkanlaştırıcı ile sağlanabilen en yüksek basınç dayanımı artış miktarı (3.7 MPa/kg değerinde) B süper akışkanlaştırıcısı kullanılarak üretilen betonlarda elde edilmiştir.

Çizelge 10. Süper akışkanlaştırıcı ile üretilen betonların basınç dayanımları 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	167	168	147	En az 125	En az 115	En az 110
Beton <u>A</u>	34.0	40.7	42.4						
Kontrol B	20.2	23.5	28.0	145	139	140			
Beton <u>B</u>	29.3	32.7	39.2						
Kontrol C	20.8	23.4	28.4	145	149	132			
Beton <u>C</u>	30.1	34.8	37.6						
Kontrol D	18.6	22.7	27.5	168	165	156			
Beton <u>D</u>	31.3	37.4	42.8						
Kontrol E	18.3	24.1	28	158	136	141			
Beton <u>E</u>	29.0	32.8	39.5						
Kontrol F	19.7	23.2	27.9	154	134	139			
Beton <u>F</u>	30.4	31.0	38.7						



Şekil 4. Süper akışkanlaştırıcı kullanılarak üretilen betonlarda 1 kg süper akışkanlaştırıcı katkı ile kontrol betonlarına kıyasla sağlanabilen mukavemet artışları

5. SONUÇLAR

Yukarıdaki deneysel çalışmalardan elde edilen bilgilerden aşağıdaki sonuçlara varılmıştır:

- Üzerinde deneysel çalışma yapılan naftalin formaldehid sülfonat esaslı süper akışkanlaştırıcıların betonlarda genelde şartnamenin önerdiği oranların %2 ile %7 arasında değişen oranlarda su kesme özelliğine sahip oldukları görülmüştür.
- Deneysel çalışma yapılan tüm akışkanlaştırıcılar betonlarda %1 ile %3 arasında hava sürüklemektedirler.
- Çalışma yapılan altı süper akışkanlaştırıcı da bir saat sonunda önemli oranda işlenebilirlik kaybına uğramakta, bu da süper akışkanlaştırıcı ile üretilen betonların üretildikten kısa bir süre sonra kalıplara yerleştirilmesi gerektiğini göstermektedir. Bu sonuç süper akışkanlaştırıcılar için önemli bir dezavantajdır.
- Kullanılan tüm süper akışkanlaştırıcılar şartname önerilerinin dışında betonun prize başlamasına ve prizinin sona ermesine neden olmuşlardır. Bu durum işlenebilirlik açısından göz ardı edilmemesi gereken önemli sorunlardan birisidir.
- Deneysel çalışma yapılan katkılarla % 14 ile % 22 oranları arasında karışım suyunda azalma elde edilebilmiştir.
- Kullanılan katkıların tamamı şartname sınırlarının üzerinde dayanım artışı sağlamışlardır. Bu artış 1 kg katkı için ortalama 3 MPa civarındadır.
- Bu çalışmada kullanılan katkılarla katkısız kontrol betonunun iki sınıf üstünde basınç dayanımı elde edilebilmiştir.
- Beton üretiminde süper akışkanlaştırıcı kullanımında su azaltmak suretiyle dayanım kazanma beklentisinin yanında işlenebilirlik probleminin de göz önüne alınması, birim katkı ile dayanım ve işlenebilirlik ihtiyaçlarının bir arada değerlendirilerek katkı seçiminin yapılması gerektiği kanaatine varılmıştır.

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

TEŞEKKÜR

Araştırma süresince deneylerin gerçekleştirilmesinde katkılarından dolayı E.Ü.Müh. Fak. İnş. Müh. Bölümü öğrencilerinden Ali Atılım Kahraman 'a, deneylerde kullanılan malzemelerin temininde katkılarından dolayı Batıbeton Kalite Kontrol Müdürü İrfan KADİROĞLU'na ve önerilerinden dolayı E.Ü. Müh. Fak. İnş. Müh. Bölümü Öğretim Üyesi Doç. Dr. Kambiz RAMYAR'a teşekkür ederim.

KAYNAKLAR

- ACI Committee 212, "Chemical Admixtures for Concrete", ACI Material Journal , May-June 1987, p.297.
- Akman M.S. (1996): "Kimyasal Katkıların Betona Uygulanması", TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası, 4. Ulusal Beton Kongresi.
- Erdoğan Y.T. (1997): "Admixture for Concrete", Middle East Technical Published, ISBN 975-429-113-6, 1997. 188 s.
- Rixom M.R., Mailvaganam N.P. (1986): "Chemical Admixtures for Concrete", E&FN Spon, London.
- Topçu. İ.B. (1996): "Akışkanlaştırıcı ve Dona Dayanım Katkılarının Beton Özelliklerine Etkisi", TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası, 4. Ulusal Beton Kongresi.
- 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).
- Uyan M., Yıldırım H., Süvari Y. (1996): "Akışkanlaştırıcı Katkıların Etkinliği", TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası, 4. Ulusal Beton Kongresi.
- Yıldırım H., Yorulmazer V., Ardaç E. (1996): "Süper ve Normal Akışkanlaştırıcıların Çimento ile Uyuşumu", TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası, 4. Ulusal Beton Kongresi.

Veriler	8 Katlı Yapı	15 Katlı Yapı
Kat Yüksekliği (h)	3.00 m	3.00 m
Bina Yüksekliği (H)	24.00 m	45.00 m
Kiriş Enkesitleri	25/50 cm ²	
Perde Enkesitleri	30/525 cm ² ve 30/425 cm ²	
Kolon Enkesitleri	50/50 cm ²	60/60 cm ²
Beton Elastisite Modülü (E _C)	3.18x10 ⁶ t/m ²	
Çelik Elastisite Modülü (E _S)	2.10x10 ⁷ t/m ²	
Zemin Cinsi	Z ₄	
Etkin Yer İvme Katsayısı (A ₀)	0.40 (1.Derece Deprem Bölgesi)	
1. Mod Periodları (T ₁)	0.6684 sn	1.4312 sn
Bina Önem Katsayısı (I)	1.00	
Toplam Bina Ağırlığı (ΣW)	5 938.12 t	1 1432.25 t
Taban Kesme Kuvveti (V _t)	848.29 t	1123.63 t
P ₀	70.69 t/m	49.94 t/m