



AŞIRI DOZDA AKIŞKANLAŞTIRICI KİMYASAL KATKI KULLANIMININ TAZE VE SERTLEŞMİŞ BETONUN BAZI ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİLERİ

(THE EFFECTS OF THE USE OF EXCESSIVE DOSAGES OF CHEMICAL PLASTICIZER ON SOME PROPERTIES OF FRESH AND HARDENED CONCRETE)

Selçuk TÜRKEL, Burak FELEKOĞLU*

ÖZET/ABSTRACT

Günümüz beton teknolojisinde akışkanlaştırıcı kimyasal katkı kullanımı işlenebilirlik açısından sağladığı kolaylıklarla bir zorunluluk haline gelmiştir. Kimyasal katkıların çeşitliliğinin ve etkinliğinin artması bunların kullanımında üreticiye daha kontrollü davranma zorunluluğunu getirmektedir. Katkı miktarları betonun diğer bileşenlerinin yanında çok küçük mertebelerde olduğundan, beton üretimi sırasında insan ve ekipman faktörlerinden kaynaklanan hatalardan dolayı aşırı dozda katkı kullanımı, uygulamada zaman zaman karşılaşılan bir sorundur.

Bu çalışmada, normal, süper ve hiper akışkanlaştırıcı sınıfına giren farklı kimyasal kökenlere sahip akışkanlaştırıcı katkıların üretici firmalar tarafından tavsiye edilen dozajlarda veya daha fazla miktarda kullanılması halinde betonun taze ve sertleşmiş haldeki özelliklerine etkileri araştırılmıştır.

Today, the use of plasticizing chemical admixtures is an obligatory for workability of concrete. The increase in type and effectivity of chemical admixtures forced the user to be more careful while using these products. While the quantity of admixtures is minor when compared to the other components of concrete, more quantity of admixtures than the computed one may be used because of the fault arise from human and equipment during the concrete production.

In this study, the effects of use of normal, super and hyper plasticizers having different chemical compositions at dosages similar to or higher than quantities recommended by producers, on the fresh and hardened concrete properties were investigated.

ANAHTAR KELİMELELER/KEYWORDS

Akışkanlaştırıcı kimyasal katkı, Çökme değeri, Stabilite, Basınç dayanımı
Plasticizing chemical admixture, Slump value, Stability, Compressive strength

* Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fak. İnşaat Mühendisliği Bölümü, İZMİR

1. GİRİŞ

Günümüzde özellikle hazır beton sektöründe akışkanlaştırıcı kimyasal katkı kullanımı oldukça yaygınlaşmıştır. 90'ların başında hazır beton sektöründe kimyasal katkı kullanım oranı % 20'yi bulmazken bugün hazır betonda katkı kullanımı vazgeçilmez bir unsur olarak kabul edilmektedir (Ramachandran ve Malhotra, 1984). Collepardi, akışkanlaştırıcıların kullanım amaçlarına göre taze ve sertleşmiş beton özelliklerini nasıl etkilediğini Şekil 1'de görüldüğü gibi şematize etmiştir (Collepardi, 1984). Ramachandran ve Malhotra'ya göre akışkanlaştırıcılar üç amaç için kullanılabilirler (Ramachandran ve Malhotra, 1984):

- a) Katkısız kontrol betonu ile aynı çimento dozajı ve işlenebilirliğe sahip, düşük su/çimento oranı ile beton üretiminde su kesme amaçlı olarak kullanılabilirler. Böylece betonda dayanım artışı sağlarlar.
- b) Hem su hem de çimento miktarını azaltarak katkısız kontrol betonu ile aynı işlenebilirlikte ve aynı dayanıma sahip beton üretiminde kullanılabilirler. Böylece çimentodan tasarruf edilmesini sağlarlar.
- c) Katkısız kontrol betonu ile aynı bileşenlere sahip katkılı betonun işlenebilirliğini artırma amacıyla kullanılabilirler.

Katkı miktarları betonun diğer bileşenlerinin yanında çok küçük mertebelerde olduğundan beton üretimi sırasında insan ve ekipman faktörlerinden kaynaklanan hatalardan dolayı hesaplanandan fazla miktarda katkının karışıma girmesi uygulamada zaman zaman karşılaşılan bir problemdir. Bu gibi durumlarda betonun çökme değeri aşırı artmakta, beton stabilitesini kaybederek ayrışabilmekte, hava sürüklenme etkisinde değişiklikler olmaktadır (Ramachandran ve Malhotra, 1984). Bazı kimyasal katkıların aşırı dozajda kullanımı ise betonda stabilite kaybına sebep olmamakta, fakat betonun priz almasını aşırı geciktirerek kalıp alma süresini haftalarca uzatabilmektedir. Öte yandan katkı oranı değişimiyle karakter değiştiren katkılarda rapor edilmiştir. Örneğin, CaCl_2 düşük dozajlarda (çimento ağırlığının % 0.1'i ile 0.3'ü) priz geciktirici, yüksek dozajlarda ise priz hızlandırıcı etki göstermektedir (Mehta ve Monteiro, 1997).

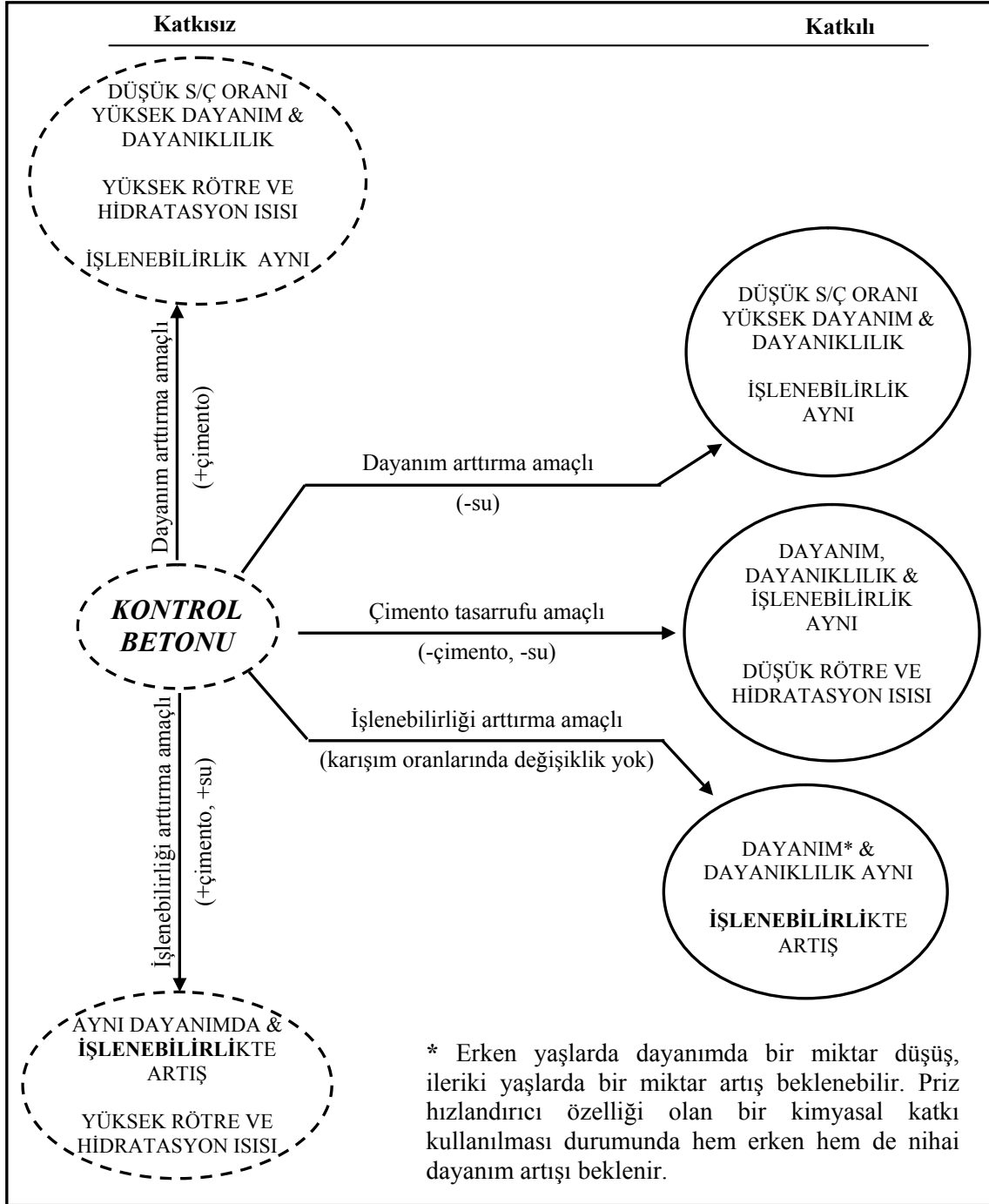
Yüksek dozajda katkı kullanımı halinde önlem olarak stabilizatör bir kimyasal katkıdan yararlanılabilir. Bir diğer çözüm de mümkünse karışıma çimento ilavesi yapılmasıdır. Yüksek oranda kimyasal katkı betonda iç kanamaya yol açarak kireç, kalsiyum sülfat ve kalsiyum karbonat gibi maddeleri su ile dolu boşluklara sürükler. Bu olaya kimyasal segregasyon denilmektedir (Ramachandran ve Malhotra, 1984). Kimyasal segregasyon betonun dayanıklılığını olumsuz yönde etkileyerek servis ömrünü kısaltır.

Bu çalışmada, farklı kimyasal kökenlere sahip akışkanlaştırıcı katkıların üretici firmalar tarafından tavsiye edilen dozajlardan fazla miktarda kullanılması halinde, betonun taze ve sertleşmiş özelliklerine etkileri araştırılmıştır.

2. AKIŞKANLAŞTIRICI KİMYASAL KATKILAR HAKKINDA GENEL BİLGİLER

1970'li yıllardan itibaren akışkanlaştırıcı katkıları yoğun olarak betonun bünyesine girmeye başlamış ve kullanım oranı arttıkça yeni türler üretilerek sürekli bir gelişme kaydedilmiştir. Öyle ki son yıllarda yeni üretilen bir katkının raf ömrü birkaç yılla sınırlı kalmakta; kimyasal modifikasyonlarla olumlu etkileri geliştirilip, olumsuz etkileri ise azaltılan katkıları yeni özelliklerle donatılarak piyasaya sunulmaktadır.

Akışkanlaştırıcı kimyasallar, beton üretiminde genellikle, sabit işlenebilirlikte su kesme amacıyla kullanılmaktadır. Bazı durumlarda ise örneğin yüksek işlenebilirliğe sahip kendiliğinden yerleşen beton uygulamaları gibi sadece işlenebilirliği artırmak amacıyla da kullanılabilirler.



Şekil 1. Akışkanlaştırıcıların taze ve sertleşmiş beton özelliklerine etkileri

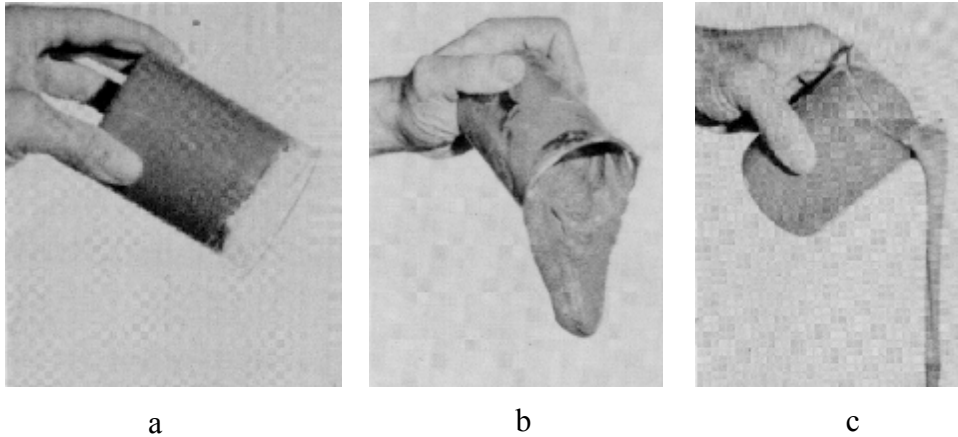
Akışkanlaştırıcılar su kesme yeteneklerine göre normal (% 10-15 arası su kesebilenler), süper (% 15-30 arası su kesebilenler) ve hiper (% 30'un üstünde su kesme özelliği olanlar) olarak sınıflandırılabilir (Ramachandran ve Malhotra, 1984). Bu sınıflandırma performansa dayalı bir sınıflandırma olduğundan katkının kimyasal özelliğini yansıtmaz. Ama çoğunlukla lignosülfonat bazlı katkılardan normal, melamin ve naftalin sülfona formaldehit bazlılardan süper ve polikarboksilat bazlılardan hiper akışkanlaştırıcılar üretilmektedir (Çil, 2000). Bir lignosülfonat bazlı katkıdan tek başına hiper akışkanlaştırıcı performans beklemek mümkün değildir. Fakat bu katkılarda yapılacak modifikasyonlarla su kesme ve priz ayarlama gibi

özellikleri değiştirilebilir. Bu sebeple pratikte, performansa dayalı bir sınıflandırma yapılması, kimyasal yapıya dayalı bir sınıflandırmadan daha uygundur.

Kimyasal katkıların tarihsel gelişim süreci incelendiğinde, uygulamada karşılaşılan sorunların ve bu sorunlara aranan çözüm yollarının katkıların gelişmesinde itici güç olduğu görülmektedir. Örneğin ilk akışkanlaştırıcılardan olan lignosülfonat bazlı katkılar yüksek oranda şeker içerdikleri için priz gecikmesine sebep olmuştur. Öte yandan, özellikle lignosülfonatların sürüklediği hava kabarcıklarının çapı donma çözülme direnci için etkili çaptan (0.2 mm) çok daha büyüktür. Bu nedenle lignosülfonatlar betonun bünyesinde sürüklenmiş hava boşluğundan çok daha fazla miktarda hapsolmuş hava boşluğu oluşturarak dayanım ve dayanıklılık kaybına sebep olurlar (Parlak ve Akman, 2002).

Lignosülfonatlar üzerinde çalışan araştırmacılar şekeri rafine ederek ayırtmış ve modifiye lignosülfonatlar (MLS) geliştirilmiştir. Ne var ki yüksek dozajda kullanılmaları halinde stabilite kaybı ve priz gecikmesi gibi önemli problemler yaratacağından, klasik lignosülfonatlarla betonda yakalanabilecek en yüksek su kesme oranı % 10'u geçememektedir.

İkinci nesil olarak adlandırılacak katkılar Melamin (SMF) ve Naftalin (SNF) Formaldehit Sülfonat esaslı Süper akışkanlaştırıcılardır. İlk olarak 60'lı yılların sonunda Japonya'da 70'lerin başında Almanya'da ve 1974'de Kuzey Amerika'da kullanılmışlardır (Ramachandran ve Malhotra, 1984). Bazı modifiye lignosülfonat türleri de süper akışkanlaştırıcı sınıfına sokulabilir, fakat en çok kullanılanları SNF ve SMF bazlı katkılardır. Bunların dışında poliakrilatlar, polistiren sülfonatlar da kullanılabilir. Süper akışkanlaştırıcılar gerek su kesme açısından gerekse akışkanlık sağlama açısından lignosülfonatlardan çok daha etkilidir. Şekil 2'de SMF esaslı bir süper akışkanlaştırıcının ve lignosülfonat bazlı bir normal akışkanlaştırıcının çimento ağırlığının % 0.3'ü oranında kullanılması ile sağladığı akışkanlaştırıcı etki görülmektedir. SNF ve SMF esaslı katkılar birbiriyle karşılaştırıldığında akışkanlaştırıcı etkinliği açısından, Naftalin bazlı süper akışkanlaştırıcıların daha etkili olduğu belirlenmiştir (Ramachandran ve Malhotra, 1984). Melamin ve Naftalin Sülfonat esaslı katkılarla uygulamada karşılaşılan en sık sorun zamanla betonda meydana gelen işlenebilirlik kaybıdır. Bu sorunun çözümünde işlenebilirliği azalmış karışıma ek katkı ilavesi düşünülmüş ve uygulanmıştır. Bu çözüm ekonomik olmamakla beraber bazı hazır beton üreticileri tarafından halen kullanılmaktadır. İşlenebilirlik kaybı sorununu çözmek için 3. nesil olarak adlandırılan Polikarboksilat bazlı katkılar geliştirilmiştir (Çil, 2000). Bu katkılar, yüksek oranda su kesme özelliğine sahip olup aynı zamanda yüksek işlenebilirlik etkisi sağlayan katkılardır.

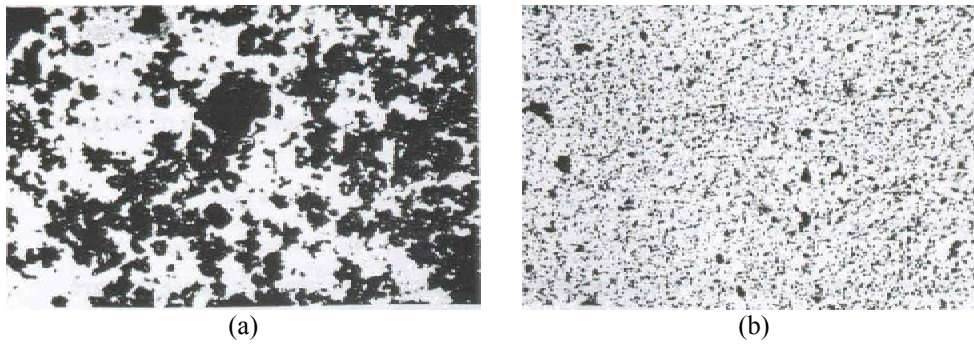


Şekil 2. Normal ve süper akışkanlaştırıcıların çimento hamurunda yarattıkları akışkanlaştırıcı etki (a: çimento+su, b: çimento+su+% 0.3 lignosülfonat, c: çimento+su+% 0.3 SMF)

Sürekli bir gelişme içinde olan kimyasal katkı sektörü, ihtiyaçlara cevap verebilecek katkıları geliştirmeye devam etmektedir. Bu üç nesil katkı işlevsellik açısından karşılaştırıldığında kimyasal katkıların nasıl bir gelişme gösterdikleri görülmüş olur. Ne yazık ki Türkiye’de hazır beton sektöründe ekonomik kaygılar ve rekabet sebebiyle halen çoğunlukla 1. nesil katkıları kullanılmaktadır.

Bir katkının etkinliği kullanım amacına göre değişir. Katkı kullanımı için beton özellikleri (istenen işlenebilirlik derecesi, dayanım kriteri için su kesme oranı) ve ortam koşulları (hava sıcaklığı ve bağıl nem), tam olarak belirlenmelidir. Etkinin olumlu olup olmadığı kullanım amacına göre de değiştiği için, her katkı kendi özelliklerinin maksimum fayda getireceği şekilde kullanılmalıdır. Örneğin, priz geciktirici katkıların kış aylarında kullanımı sorun yaratırken, yaz aylarında beton dökümünün sorunsuz yapılmasını sağlayarak fayda sağlamaktadır. Uygun kimyasal katkının uygun miktarda kullanımıyla olumsuz hava koşullarına karşı önlem alınabilir. Bu optimum değerlerin tespitinde her katkının kullanılacağı malzemeden özellikle çimento ile uyumluluğu ve hava sıcaklığıyla etkinliğinin nasıl değiştiği laboratuvar deneyleri ile tespit edilmelidir (Yamada vd., 1999). Amerika Birleşik Devletleri’nde kullanılan kimyasal katkıları için belli işlenebilirliği sağlamada hangi katkının hangi sıcaklıkta ne kadar kullanılması gerektiği ve sıcaklık yükselmesi veya düşüşü ile her santigrat derece için ne kadar katkı ilave edilmesi veya azaltılması gerektiği bir rapor halinde kamuoyuna sunulmaktadır (IDT, 2002).

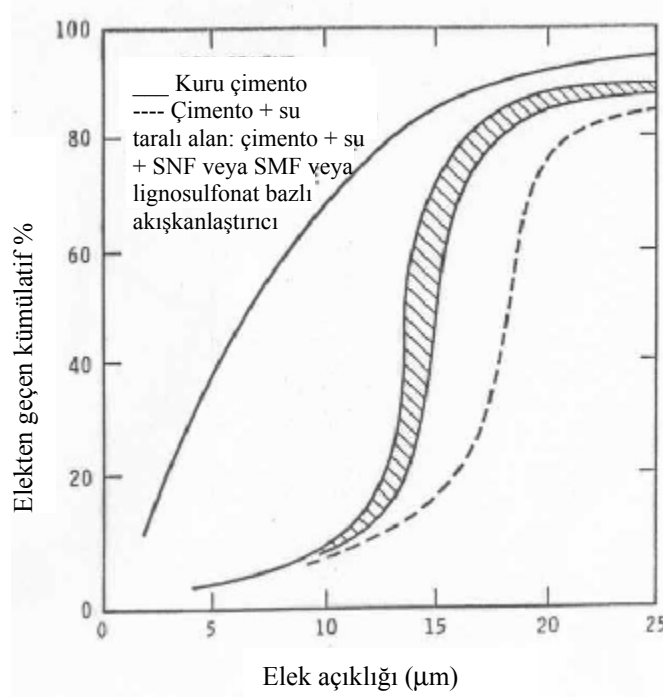
Kimyasal katkı maddeleri, çimento ile elektriksel, fiziksel ya da fizikokimyasal bir etkileşime girip çimentonun hidrasyon hızını ve oranını değiştirebilirler. Ancak temel etkisi fizikseldir. Kimyasal katkıları, çimento hamuru ile kimyasal bir tepkimeye girmemekte fakat dolaylı yoldan çimento hamurunun hidrasyonunda hızlandırıcı veya yavaşlatıcı etki gösterebilmektedirler. Bu etkiler araştırmacılar tarafından farklı mekanizmalarla (çökeltme, iyon konsantrasyonu değişimi, ayrıştırma veya kümeleştirme, yüzey alanını kaplayarak hidrasyonu engelleme vs.) açıklanmaktadır (Ramachandran Malhotra, 1984). Topaklaşmaya meyilli çimento tanecikleri kimyasal katkının ayırıcı etkisiyle (bu etki elektrostatik itki olarak adlandırılır) dağılır ve su ile temas eden yüzeyleri artar. Böylece hidrasyon kolaylaşır. Kimyasal katkının ayrıştırıcı etkisi Şekil 3’de verilen mikrofotografılarda ve Şekil 4’de verilen parçacık boyut dağılımı grafiklerinde açıkça görülmektedir (Mehta ve Monteiro, 1997).



Şekil 3. (a) Çimento-su süspansiyonunda topaklanmış çimento tanecikleri, (b) Çimento-su süspansiyonuna süper akışkanlaştırıcı ilavesi sonrası çimento tanecikleri (Siyah renk hava boşluklarını göstermektedir)

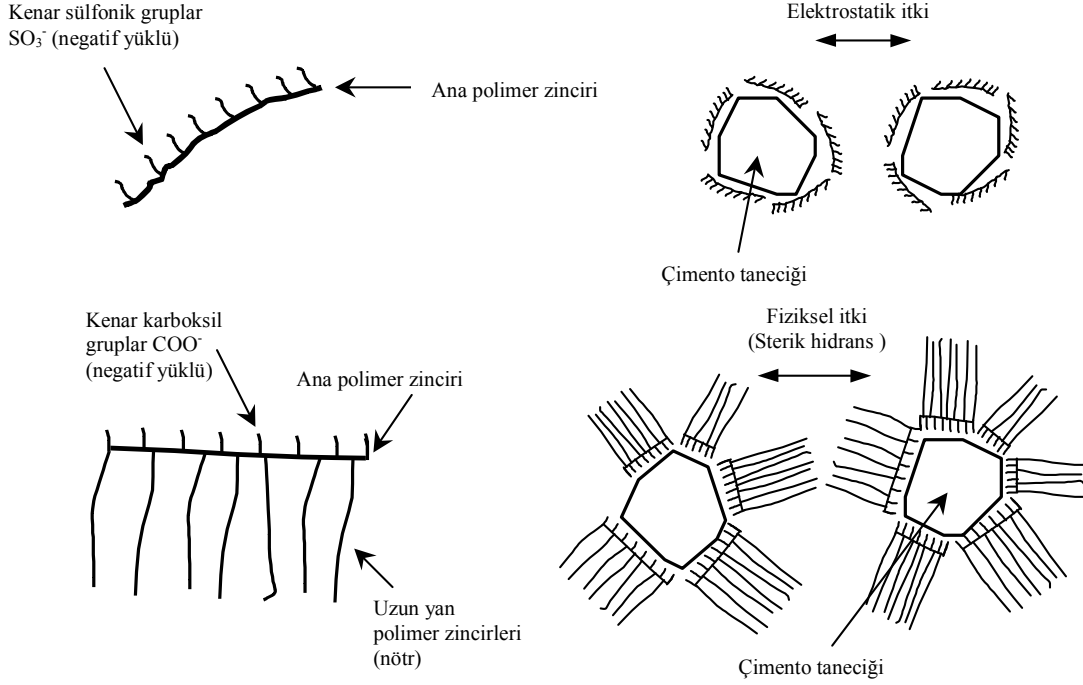
Polimer esaslı katkılarda elektrostatik itkinin yerini daha farklı ayırıcı etkiler alır (Bürge, 1999). Özellikle polimer bazlı katkılarda elektrostatik itkinin yanında polimer zincirlerinin çimento tanesinin üzerine yapışarak oluşturduğu fiziksel etki (stearik itki) daha baskındır (Çil, 2000). Elektrostatik itki ile fiziksel itki arasındaki farklılık Şekil 5’de şematik olarak verilmiştir. Stearik itkinin derecesi polimer zincirinin uzunluğuna, molekül ağırlığına, yan

zincir yapısına ve ortam koşullarına (sıcaklık, nem, pH, iyon konsantrasyonu) bağlıdır (Bürge, 1999). Özellikle polikarboksilat bazlı katkılarda stearik itki çimento dağılımını sağlayan temel faktördür. Ortamda aşırı miktarda katkı bulunması halinde çimento taneciklerinin yüzeyi tamamen sarılacağından bir miktar katkı açıkta kalacaktır. Artan katkının olumlu bir işlevselliği olmayacağından optimum miktar kullanılmalıdır. İşte bu kritik noktaya doyum noktası denir (Sağlam ve Akman, 2002). Her katkıyı doyum noktasında kullanmak ekonomik avantaj sağlar. Doygunluk noktasını aşan dozajda katkı ilavesi çimento hamurunun viskozitesinin aşırı düşmesine yol açar, hamur katı parçacıkları süspansiyonda tutamaz ve beton stabilitesini kaybederek ayırır. Bu sebeple katkı kullanırken üretici tavsiyesi olan üst sınırı aşmamakta yarar vardır.



Şekil 4. Kimyasal katkıların çimento hamurunda parçacık boyut dağılımına etkisi

Kimyasal katkıların akışkanlaştırıcı etkisini daha iyi anlayabilmek için çimento hamuru hidratasyonunun ilk saatlerinde etkileşimlerinin araştırılması gerekmektedir. Farklı araştırmacılar bu konuda birbiri ile çelişen sonuçlar elde etmişlerdir. Ramachandran ve Malhotra'ya göre, çimento ile suyun karışmasından sonraki ilk birkaç dakika içinde eğer ortama katkı ilavesi yapılırsa C_3A ve alçı bu katkıyı hızla absorbe ederek etkisini azaltırlar (Ramachandran ve Malhotra, 1984). Bu nedenle katkının karışıma 5 ila 30 dk gecikmeli ilavesi katkı etkinliğini artırır. Böylece çimentonun daha sonra hidratasyon reaksiyonuna giren silikat bileşenleri için ortamda akışkanlaştırıcı katkı kalmış olur ve işlenebilirlik daha uzun süre korunur. Öte yandan Bürge, akışkanlaştırıcı katkının erken kullanılmasını savunmaktadır (Bürge, 1999). Bürge'ye göre, hidratasyonun ilk anlarında oluşan etrenjit henüz hidratasyona girmemiş çimento tanecikleri ile zıt zeta-potansiyeline sahip olduğu için kümelenmeye sebep olur. Bu açıdan bakıldığında katkının karışıma mümkün olduğunca erken girip etrenjitin yarattığı kümelenmeyi engellemesi gerekmektedir.



Şekil 5. Elektrostatik ve fiziksel itki modelleri

3. DENEYSEL ÇALIŞMA

Kimyasal katkı tipinin ve aşırı miktarda kullanımının betonun taze halde işlenebilirlik (slump-çökme) ve sertleşmiş halde basınç dayanımı gelişimi özelliklerine etkisinin incelenmesi amacıyla 9 beton karışımı hazırlanmıştır. Tüm karışımlarda sabit bir beton dizaynı kullanılmış olup katkı tipi ve dozajının değişimi incelenmiştir.

3.1. Kullanılan Malzemeler

3.1.1. Agregalar

Beton dizaynında kullanılan agregalar kırma kireçtaşı ve doğal kum olup, fiziksel özellikleri Çizelge 1'de ve karışım gradasyonu Şekil 6'da verilmiştir.

2.1.2. Çimento

Deneyisel çalışmada İzmir Çimento fabrikasından temin edilen PÇ 42,5 tip çimento kullanılmıştır. Kullanılan çimentonun fiziksel, kimyasal ve mekanik özellikleri Çizelge.2'de verilmiştir.

Çizelge 1. Beton dizaynında kullanılan agregaların fiziksel özellikleri ve karışım oranları

	Özgül Ağırlık		Su abs. oranı	Karışım oranları
	(kuru)	(KYD)	(%)	(%)
Kırmataş (15-25mm)	2,68	2,69	0,2	23
Kırmataş (5-15mm)	2,64	2,66	0,6	26
Kırmataş (0-5mm)	2,63	2,66	1,01	24
Doğal kum	2,54	2,59	2,04	27

Çizelge 2. PÇ 42,5 çimentosunun kimyasal, fiziksel ve mekanik özellikleri

Kimyasal Kompozisyon (%)				Fiziksel Özellikler	
SiO ₂	19.69	MgO	0.92	Özgül Ağırlık	3.15
Al ₂ O ₃	5.19	Na ₂ O	0.00	Özgül yüzey (cm ² /g Blaine)	3390
Fe ₂ O ₃	3.56	K ₂ O	0.80		
CaO	63.62	SO ₃	2.54	Mekanik Özellikler	
Karma Bileşenler (%)				Basınç dayanımı (2 gün, N/mm ²)	26.9
C ₃ S	57.41	C ₃ A	7.73	Basınç dayanımı (7 gün, N/mm ²)	41.2
C ₂ S	13.12	C ₄ AF	10.82	Basınç dayanımı (28 gün, N/mm ²)	50.5

3.1.3. Akışkanlaştırıcı Kimyasal Katkılar

Üç farklı kimyasal kökene sahip akışkanlaştırıcı katkı kullanılmıştır. Bu katkılar su kesme özellikleri açısından normal, süper ve hiper akışkanlaştırıcı sınıflarına girmektedir. Kullanılan kimyasal katkıların standartlara uyumu ve fiziksel özellikleri Çizelge.3'de verilmiştir (ASTM C 494-99a, 2002).

Çizelge 3. Kimyasal katkı özellikleri

Akışkanlaştırıcı tipi	Normal	Süper	Hiper
Kimyasal yapı	Modifiye lignosülfonat	Naftalin Sülfonat Formaldehit Kondensatı	Modifiye polikarboksilat
ASTM C 494 'e göre tipi	A, B ve D	E, F	F
Betona etkisi	Su kesici ve priz geciktirici	Yüksek oranda su kesici ve priz hızlandırıcı	Çok yüksek oranda su kesici, kendiliğinden yerleşebilirlik sağlayıcı
Yoğunluk (kg/l)	1,4±0,02	1,2±0,02	1,1±0,02

3.2. Deney Yöntemi

Üç farklı akışkanlaştırıcının üç ayrı dozajdaki etkisini incelemek için 9 beton karışımı hazırlanmıştır. Aşağıda verilen katkı maddesi dozajları (çimentonun ağırlıkça %'si olarak) göz önüne alınmıştır:

- Normal akışkanlaştırıcı: N2, N3, N4
- Süper akışkanlaştırıcı: S2, S3, S4
- Hiper akışkanlaştırıcı: H0.65, H1, H1.5

Dozajlar belirlenirken akışkanlaştırıcılar için üretici firmaların tavsiye ettiği miktarın üstünde dozajlar seçilmiştir. Her karışımın katkı tipi ve dozajı hariç diğer malzeme oranları sabit olup Çizelge 4'de verilmiştir.

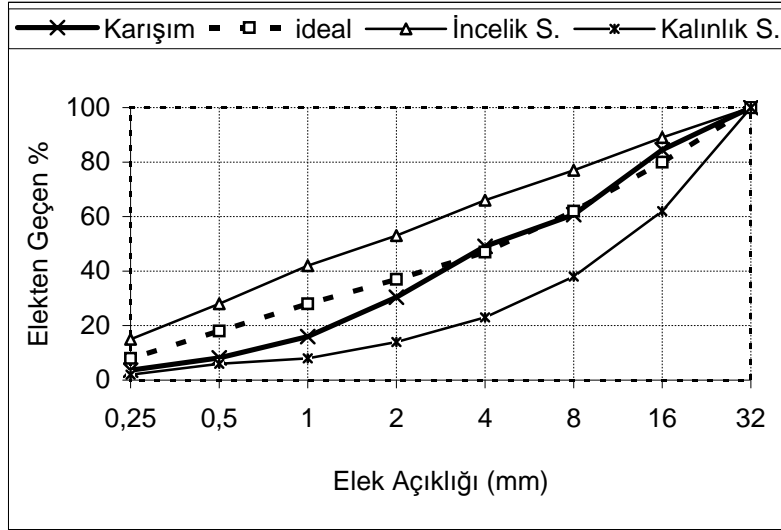
Farklı tipteki akışkanlaştırıcıların etkisinin tespiti amacıyla aynı bileşenlere sahip katkısız kontrol karışımı hazırlanmış ve K harfiyle simgelenmiştir.

Kullanılan agrega karışım gradasyonu Şekil 6'da görülmektedir. 40'ar dm³'lük karışımlar 18±2 °C sıcaklıkta yatay eksenli bir laboratuvar betoniyesi kullanılarak hazırlanmıştır. Karışım önce agregalarla çimentonun kuru karışımı, ardından da su ile karıştırılmış kimyasal katkının ilavesi şeklinde 3 dakikalık bir sürede hazırlanmıştır. Taze betonda çökme ve birim hacim ağırlık deneyleri yapıldıktan sonra 9 adet 15 cm ayrıtlı küp numune alınmıştır. Bu numunelerin üçerli gruplar halinde 1., 7. ve 28. günlerde tek eksenli basınç dayanımlarının

tespit edilmesi planlanmıştır. Fakat normal akışkanlaştırıcılarla üretilen betonlarda kalıp alma problemi doğması nedeniyle bu numunelerin ancak 7 ve 14. günlerde tek eksenli basınç dayanımları belirlenebilmiştir.

Çizelge 4. Kullanılan beton dizaynı

Su/Çimento	Çimento (kg/m ³)	İri agrega (kg/m ³)	Kum (kg/m ³)	Katkı dozajı
0.45	350	940	960	değişken



Şekil 6. Agrega karışım gradasyonu

3.3. Deney Sonuçları

3.3.1. Taze Beton Deney Sonuçları

Taze beton için çökme değerleri ve ayrışma gözlemleri Çizelge 5’de görülmektedir.

Çizelge 5. Taze betonda slump (çökme) değerleri ve ayrışma gözlemleri

	K	N2	N3	N4	S2	S3	S4	H0.65	H1	H1.5
Taze beton çökme (cm)	2	2	15	18	16.5	13	7	9	17	20
Ayrışma gözlemi	yok	yok	yok	var	yok	var	var	yok	yok	var

3.3.2. Basınç Dayanımı Deney Sonuçları

K, N, S ve H kodlu karışım serilerinin zamana bağlı basınç dayanımı değerleri Çizelge 6’da verilmiştir. Katkı dozajı artışıyla basınç dayanımında farklı yaşlarda meydana gelen değişiklikler Şekil 7, 8 ve 9’da görülmektedir. Ne var ki Şekil 9’da verilen normal akışkanlaştırıcı kullanılan serilerde erken yaşlarda düşük dayanım sorunu olduğundan sadece 28 günlük dayanımın değişimi incelenebilmiştir.

Süper ve hiper akışkanlaştırıcılar yüksek dozajlarda bile erken dayanımı etkilememiş tüm S ve H serileri 1 günde prizini almıştır. Fakat normal akışkanlaştırıcı tüm dozajlarda priz gecikmesine sebep olmuştur. Bu sebeple N serisinin hiçbirinde 1 günlük dayanım değeri elde

edilememiştir. Dozaj arttıkça priz geciktirme etkisi artmaktadır. N2 ve N3 karışımları sırası ile 3 ve 6 günde kalıptan alınabilir hale gelmiş ve 7 günlük basınç dayanımları belirlenmiştir. N4 karışımı ise ancak 14 günde kalıptan alınabilmiş, 14. günde dahi ortalama 2.1 MPa gibi düşük bir dayanım vermiştir. 28. gündeki dayanımları karşılaştırıldığında tüm katkı tiplerinde dozaj artışı ile dayanım azalması tespit edilmiştir.

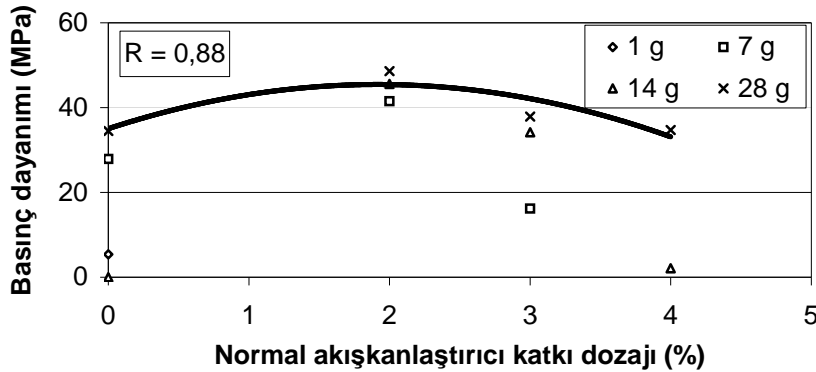
Çizelge 6. Deney serilerinin basınç dayanımının zamanla değişimi

Basınç dayanımı (MPa)	K	N2	N3	N4	S2	S3	S4	H0.65	H1	H1.5
1 g	5,4	*	*	*	22,1	17,1	11,5	15,3	17,9	9,9
7 g	27,9	41,5	16,2	*	40,9	35,8	32,4	39,1	40,1	28,5
14 g	-	45,6	34,2	2,1	-	-	-	-	-	-
28 g	34,5	48,6	37,9	34,7	46,9	39,3	35,4	44,5	42,7	32,5

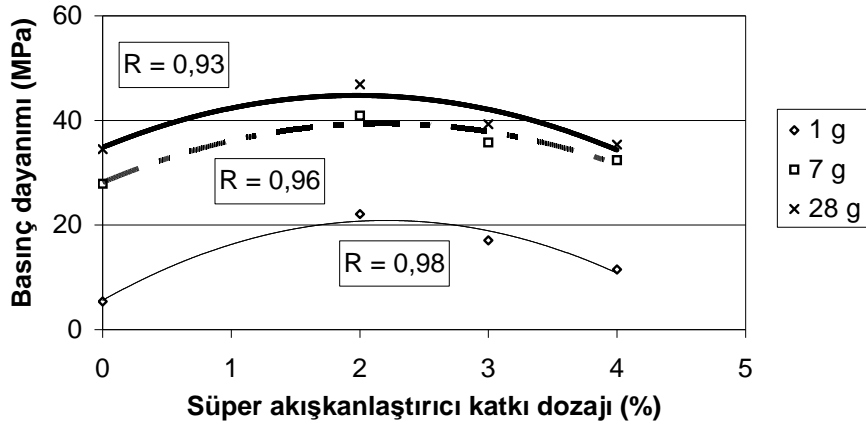
* Örnekler kalıptan alınamamıştır. - Belirtilen yaşta kırım yapılmamıştır.

S serisinde hem erken hem de sonraki yaşlarda katkı dozajı artışı ile paralel dayanım azalması kaydedilmiştir. Süper akışkanlaştırıcı dozajı artışıyla dayanım kaybının sebebi betonun stabilize kaybederek ayrışması ve homojenliğini kaybetmesi olarak düşünülmektedir. S serisinde elde edilen ilginç bir sonuç da, katkı dozajı arttıkça çökme değerlerinde elde edilen azalmalardır. Bunun sebebi de katkının aşırı dozda kullanıldığında ortaya çıkan ayrıştırıcı özelliğine bağlanabilir. S2 karışımında ayrışma gözlenmezken betonun oldukça plastik kıvamda olduğu ve 16.5 cm çökme değeri verdiği kaydedilmiştir. S3 ve S4 karışımlarında katkı dozajındaki artış betonun su kusmasına sebep olmuş ve bu su betonun bünyesini terk etmiştir. Böylece karışımında su kesme etkisi yaratmış ve çökme değerleri artacağına azalmıştır. Bu durumda 28. günde su kesmeden kaynaklanan dayanım artışı beklenebilir. Fakat 28 günlük basınç dayanımlarında, dozaj arttıkça azalma saptanmıştır. Dayanımdaki azalmaya sebep olarak karışım suyunun bir kısmının, stabilitenin kaybindan dolayı bünyeyi terk ederken önemli miktarda çimentoyu da sürüklemesi gösterilebilir.

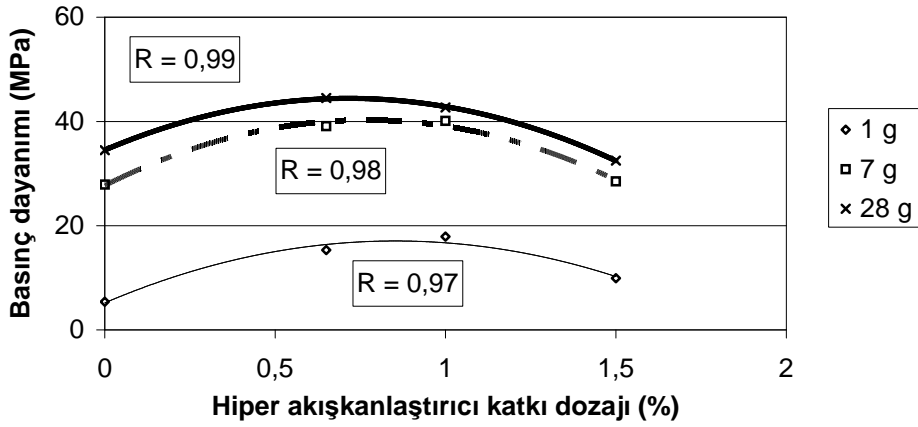
DeneySEL çalışmada kullanılan tüm akışkanlaştırıcı katkıları için 28 günde en yüksek basınç dayanımının elde edildiği optimum katkı dozajı belirlenmiştir. Bu oran çimento ağırlığının %'si cinsinden normal, süper ve hiper akışkanlaştırıcılar için % 1.9, 2.0 ve 0.7'dir (Şekil 7, 8 ve 9). Çalışmada incelenen katkıların yüksek oranda kullanılması gerekiyorsa belirlenen dozajların üzerine çıkmamak uygun olacaktır.



Şekil 7. Normal akışkanlaştırıcı katkı dozajı ile basınç dayanımı arasındaki ilişki

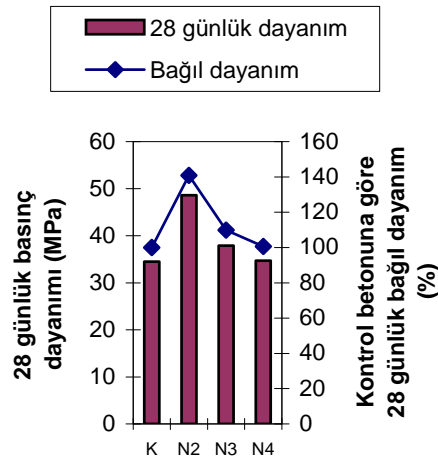


Şekil 8. Süper akışkanlaştırıcı katkı dozajı ile basınç dayanımı arasındaki ilişki

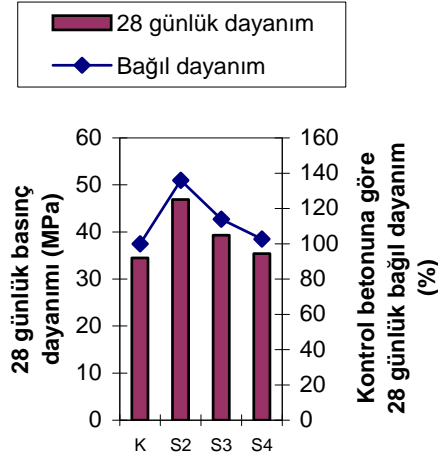


Şekil 9. Hiper akışkanlaştırıcı katkı dozajı ile basınç dayanımı arasındaki ilişki

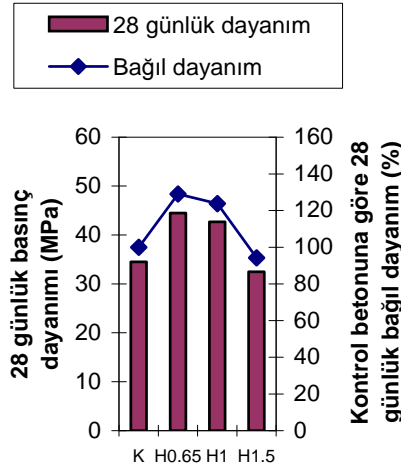
Katkı ilavesi ile stabilitesi bozulmayan karışımların basınç dayanımı, kontrol betonuna kıyasla daha yüksektir. Normal, süper ve hiper akışkanlaştırıcı kullanımıyla 28 günde kontrol karışımı dayanımının sırasıyla %141, 136 ve 129'una kadar çıkılmıştır (Şekil 10, 11 ve 12). Ayrışarak stabilitesini kaybeden karışımlarda basınç dayanımı azalmasına rağmen H1.5 karışımı haricindeki tüm karışımlarda basınç dayanımı kontrol dayanımının üzerindedir.



Şekil 10. N serisi 28 günlük basınç dayanımı bağıl değişimi



Şekil 11. S serisi 28 günlük basınç dayanımı bağıl değişimi



Şekil 12. H serisi 28 günlük basınç dayanımı bağıl değişimi

4. SONUÇLAR ve DEĞERLENDİRME

DeneySEL çalışmaların ışığı altında aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

1. Süper ve hiper akışkanlaştırıcılar yüksek dozajlarda bile erken dayanımı etkilememiş tüm S ve H serileri 1 günde prizini almıştır. Fakat normal akışkanlaştırıcılar tüm dozajlarda priz gecikmesine sebep olmuştur.

2. Malzeme bileşenleri sabit bir karışımın, katkı dozajı artışı ile çökme değeri her zaman artmayabilir. Bu durumun nedeni betonun katkı dozajı artışıyla su kusmasına sebep olması ve bu suyun betonun bünyesini terk etmesi ile açıklanabilir. Böylece karışımında su kesme etkisi oluşmakta ve çökme değerleri artacağına azalmaktadır.

3. Stabilitesini koruyamayan katkılı bir karışım, aynı özelliklere sahip kontrol karışımından daha yüksek basınç dayanımına sahip olabilir. Fakat ayrışan bu karışım geç yaşlarda dayanıklılık açısından sorun çıkarmaya adaydır. Yalnızca basınç dayanımı aşırı dozda katkı kullanımında yaşanan sıkıntıların tespitinde yeterli değildir. Taze beton deneyleri ile betonun stabilitesinin mutlaka incelenmesi gereklidir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın, deneysel kısmındaki katkılarından dolayı İnş. Müh. Volkan Ulubeli ve İnş. Müh. Harun Kaygısız'a teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- Bürge T.A. (1999): "Multi Component Polymer Concrete", First International RILEM Symposium on Self-Compacting Concrete, Rilem Publications S.A.R.L., pp. 411-424.
- Collepari M.M. (1984): "Concrete Admixtures Handbook–Part 6: Water Reducers", Noyes Publications, pp.286-287.
- Çil İ. (2000): "Yeni Kuşak Hiperakışkanlaştırıcı Beton Katkıları", YKS Vizyon Dergisi, SKW-MBT, Mart-Nisan-Mayıs, Sayı: 2, s.32-35.
- Illinois Department of Transportation (IDT) Bureau of Materials and Physical Research (2002): "Approved List of Concrete Admixtures", Standard Specifications for Road and Bridge Construction, Section 1021 (Adopted January 1, 1997 or January 1, 2002), May 10.
- Mehta P.K., Monteiro P.J.M. (1997): "Concrete Microstructure, Properties and Materials", Chapter 8: Admixtures, Indian Concrete Institute, Chennai, pp.256-271.
- Parlak N., Akman M.S. (2002): "Lignosulfonatların Üretimi, Özellikleri ve Süper Akışkanlaştırıcı Olarak Geliştirilmesi", Sika teknik bülten, 2002/1, 3-13.
- Ramachandran V.S., Malhotra M. (1984): "Concrete Admixtures Handbook–Part 7: Superplasticizers", Noyes Publications, pp. 462-463.
- Sağlam A.R., Akman M.S. (2002): "Yüksek Performanslı Betonlarda İşlenebilme Açısından Çimento ve Süper Akışkanlaştırıcı Katkının Uyumu", Sika Teknik Bülten, s.3-9.
- Yamada K., Yanagisawa T., Hanehara S. (1999): "Influence of Temperature on the Dispersibility of Polycarboxylate Type Superplasticizer for Highly Fluid Concrete", First International Symposium on Self-Compacting Concrete, Rilem Publications S.A.R.L., pp. 437-448.