

## SİLİS DUMANI VE SÜPERAKIŞKANLAŞTIRICI KATKILI HARÇLARIN ÖZELLİKLERİ

Osman ŞİMŞEK, Asena DUR, Hasbi YAPRAK\*  
Gazi Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Yapı Eğitimi Bölümü,  
06500 Teknikokullar, ANKARA  
\*Ankara Üniversitesi Kastamonu MYO, 37100 KASTAMONU

### ÖZET

Silis dumanı ve süper akışkanlaştırıcının birlikte çimentolu sistemlerde kullanılması, beton teknolojisinde yüksek dayanımlı ve kaliteli beton üretimine imkan vermektedir. Bu çalışmada, silis dumanı ve süper akışkanlaştırıcı katkı çimento harçlarının özellikleri araştırılmıştır. Ağırlıkça çimento ile %0, %7,5, %10, %12,5 ve %15 oranında silis dumanı ikame edilerek hazırlanan beş grup çimento harcına, melamin, naftalin ve modifiye lignosülfonat kökenli süper akışkanlaştırıcı ilave edilmiştir. Üretilen harçların normal kıvam, priz süresi, 7, 28 ve 90 günlük basınç ve eğilme dayanımları birbirleriyle karşılaştırılmıştır. %10 silis dumanı ikame edilmiş ve bağlayıcı ağırlığının % 1,05'i oranında melamin kökenli süper akışkanlaştırıcı ve %0,71'i oranında modifiye lignosülfonat kökenli süperakışkanlaştırıcı ilave edilmiş karışımlar en uygun sonuçları vermiştir.

**Anahtar Kelimeler** : Silis dumanı, süper akışkanlaştırıcı, basınç dayanımı

### PROPERTIES OF MORTARS ADDED SILICA FUME AND SUPERPLASTICIZER

#### ABSTRACT

High strength and high quality concrete production is possible in concrete technology by utilizing silica fume and superplasticizer together in cement systems. In this study, the properties of cement mortars containing silica fume and superplasticizer have been investigated. Melamine, naphthalene and modified lignosulphonate based superplasticizer was added to five set of cement mortars prepared by replacing 0, 7,5, 10, 12,5, and 15 % silica fume by weight of cement. The normal consistency, setting time, compressive and bending strength values for 7, 28, 90 days of the produced mortars have been compared with each other. Mixtures with 10 % silica fume replaced and added 1,05 % ratio of the weight of connector melamine based superplasticizer and added 0,71 % ratio of the weight of connector modified lignosulphonate based superplasticizer have given the most appropriate results.

**Key Words** : Silica fume, superplasticizer, compressive strength

### 1. GİRİŞ

Günümüzde beton katkı maddeleri, betonda hem teknik hem de ekonomik avantajlar sağlama-ları nedeniyle artık vazgeçilmez hale gelmişlerdir. Katkı maddelerinin sağladığı avantajların deza-vantaja dönüşmemesi için, katkı maddesinin ne oranda katılması gerektiğini iyi bilmek gerekir. Beton katkı maddeleri, kimyasal ve mineral olmak üzere ikiye ayrılır. Genellikle kimyasal katkı mad-desinin, priz geciktirici veya hızlandırıcı, su indir-geyici, hava sürükleyici ve işlenebilirliği artırıcı gibi bir çok özellik için kullanıldığı bilinmektedir. En yaygın kullanılan kimyasal katkı maddesinin başında, süper akışkanlaştırıcı (SA) katkıları gel-mektedir. SA katkıları, kimyasal bileşimlerine göre melamin formaldehid sülfonatlar, naftalin formaldehid sülfonatlar ve modifiye edilmiş lignosülfonatlar olarak sınıflandırılabilirler (1- 4).

Beton üretiminde kullanılan mineral bir katkı olan silis dumanı (SD), daha büyük çimento tanelerinin arasındaki su ile yer değiştirerek granülometriyi iyileştirir ve serbest su miktarını arttırır. Bu olumlu etkiye rağmen SD tanelerinin

ışlanması gereken çok büyük toplam yüzey alanın-dan dolayı su ihtiyacı, SD miktarı ile orantılı ola-rak artış göstermektedir (5, 6).

SD katkıları betonlarda dayanımın 90. günden sonra düştüğünü belirten araştırmacıların yanında bunun tersini belirtenler de bulunmaktadır (7, 8). Yüksek dayanımlı betonlarda, SD'nin çimento ağırlığının % 5-20'si oranında ikame edilerek ve işlenebilmeyi sağlamak için SA katkılarıyla birlikte kullanılması önerilmektedir (9, 10).

Uyan vd.'nin yaptıkları çalışmada (11), SA katkıları karışımların basınç dayanımları kontrol betonundan daha yüksek elde edilmiştir. Bu durum SA'ların, yüksek dayanımlı beton elde etmede önemli olduğunu ortaya koymuştur.

Tandırılı vd., melamin kökenli SA'ların be-ton özelliklerine etkisini incelemişlerdir. Sonuç olarak optimum dozajda kullanılan melamin kö-kenli SA'ların, beton karışımlarına iyi işlenebilirlik sağladığını belirlemişlerdir (12).

Taşdemir'in (13) yaptığı çalışmada, beş ayrı mikrofiller malzeme (MF) ile değiştirilmiş s/(ç+MF) oranı 0,40'da sabit tutulmuş ve sodyum

naftalin sülfonat esaslı bir SA kullanılmıştır. Çimentonun bir bölümüyle ikame edilen MF malzemenin, betonun basınç dayanımına ve gevreklik indisine etkileri incelenmiştir. SD içeren betonun basınç dayanımının, normal betona göre belirgin biçimde yüksek olduğu görülmüştür.

Özturan vd.'nin (14) yaptıkları çalışmada, yüksek dozlarda SA katkısının, hava sürüklenme etkisinin olabileceği, bu nedenle de betonun basınç ve eğilme dayanımlarında SA katkı oranının artışıyla azalmalar elde edildiği bildirilmiştir. SA kullanılan mineral katkı betonların basınç dayanımları, kontrol betonundan daha yüksek olurken, eğilme dayanımları daha düşük bulunmuştur.

Aruntaş (15) yaptığı çalışmada, s/ç oranı sabit betonlarda SA kullanılması durumunda daya-

Çizelge 1. PÇ 42,5 Çimentosunun teknik özellikleri

Kimyasal kompozisyon		Fiziksel Özellikler		Mekanik Özellikler, (MPa)		
CaO	63,35	Özgül ağırlık, g/cm <sup>3</sup>	3,08	Basınç dayanımı	2 gün	22,9 en az 22
SiO <sub>2</sub>	20,35	Özgül yüzey (blaine), cm <sup>2</sup> /g	3200 (en az 2800)		7 gün	47,2 en az 31,5
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,98	200 µm elek üstü, %	-		28 gün	57 en az 42,5
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,06	90 µm elek üstü, %	1,0		7 gün	7,4
MgO	1,89	Priz başlangıcı, saat	2,00 (en az 1)		28 gün	8,5
SO <sub>3</sub>	2,89	Priz sonu, saat	3,10 (en çok 10)		Eğilme dayanımı	
K <sub>2</sub> O	0,88	Hacim genleşmesi, mm	3,0 (en çok 10)			
Na <sub>2</sub> O	0,58					
K.K.	0,50					
Ç.K.	0,52					

nımların azaldığını, s/ç oranı azaltılan betonlarda ise SA'nın dayanımları artırdığını tespit etmiştir.

Ekinci (16) ve Yeğınobalı(17) yaptığı çalışmada, SD'nın çimento ile yer değiştireceği optimum oranı yaklaşık % 10 olarak saptamıştır. Diğer taraftan % 15 SD ile su azaltıcı katkı içeren betonlarda, priz başlangıç ve bitiş sürelerinde sırası ile 1 ve 2 saatlik gecikmelerin olduğu belirtilmektedir.

Bu çalışmanın amacı, SD oranlarının ve üç farklı kimyasal bazlı SA katkı maddesinin çimento harçlarına etkilerini belirlemektir.

## 2. MATERYAL ve METOT

### 2.1. Materyal

#### 2.1.1. Standart kum

Harç numunelerinin hazırlanmasında, TS 819'a uygun Trakya Set Çimento AŞ. ürünü Rilem-Cembureau kumu kullanılmıştır.

#### 2.1.2. Çimento ve su

Araştırmada, PÇ 42,5 çimentosu ve Ankara şehir içme suyu kullanılmıştır. Çizelge 1'de verilen PÇ 42,5 çimentosunun teknik özellikleri, Ankara Set Çimento Fabrikası laboratuvarında belirlen-

miştir.

#### 2.1.3. Silis dumanı (SD)

Deneylerde kullanılan SD, Antalya Etibank Elektrometalurji İşletmesinden temin edilmiştir. SD'nın kimyasal ve fiziksel özellikleri, Ankara Set Çimento Fabrikası laboratuvarında belirlenmiş ve sonuçlar Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. SD'nin kimyasal kompozisyonu ve fiziksel özellikleri

Kimyasal kompozisyon, %		Fiziksel Özellikler	
SiO <sub>2</sub>	94,62	Özgül Ağırlık (g/cm <sup>3</sup> )	2,36
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,20		
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,20	Özgül Yüzey (blaine) (m <sup>2</sup> /kg)	20000
CaO	1,40		
MgO	-		
SO <sub>3</sub>	0,21		
Kızdırma Kaybı	-		

#### 2.1.4. Süperakışkanlaştırıcı (SA)

Deneylerde, piyasada bulunan üç farklı firmanın SA katkı maddesi kullanılmıştır. Kullanılan melamin (M) ve naftalin (N) formaldehit sülfonat ve modifiye linyosülfonat (L) kökenli SA katkı

Çizelge 3. Harç karışımlarına giren malzeme miktarları

Harçlar	SD ikame oranı (%)	SA katkı oranı (%)	Çimento (g)	SD (g)	Su (g)	SA (g)	s/b
K <sub>0</sub>	—	—	450	—	225	—	0,5
M <sub>0</sub>	—	0,80	450	—	180	3,6	0,4
N <sub>0</sub>	—	0,71	450	—	180	3,2	0,4
L <sub>0</sub>	—	0,51	450	—	180	2,3	0,4
K <sub>7,5</sub>	7,5	—	416,3	33,7	239	—	0,53
M <sub>7,5</sub>	7,5	0,95	416,3	33,7	180	4,3	0,4
N <sub>7,5</sub>	7,5	0,80	416,3	33,7	180	3,6	0,4
L <sub>7,5</sub>	7,5	0,62	416,3	33,7	180	2,8	0,4
K <sub>10</sub>	10	—	405	45	257	—	0,57
M <sub>10</sub>	10	1,05	405	45	180	4,7	0,4
N <sub>10</sub>	10	0,99	405	45	180	4,4	0,4
L <sub>10</sub>	10	0,71	405	45	180	3,2	0,4
K <sub>12,5</sub>	12,5	—	393,7	56,3	266	—	0,59
M <sub>12,5</sub>	12,5	1,48	393,7	56,3	180	6,7	0,4
N <sub>12,5</sub>	12,5	1,06	393,7	56,3	180	4,8	0,4
L <sub>12,5</sub>	12,5	0,91	393,7	56,3	180	4,1	0,4
K <sub>15</sub>	15	—	382,5	67,5	279	—	0,62
M <sub>15</sub>	15	1,88	382,5	67,5	180	8,5	0,4
N <sub>15</sub>	15	1,55	382,5	67,5	180	6,9	0,4
L <sub>15</sub>	15	0,98	382,5	67,5	180	4,4	0,4

K: Kontrol, M: Melamin, N: Naftalin, L: Modifiye linyosülfonat, SD: Silis dumani  
SA: Süper akışkanlaştırıcı, s/b: su/ bağlayıcı oranı

maddeleri, ASTM C 494 tip F, kahverengi sıvı ve yoğunlukları 1,21 kg/lt civarındadır. Kullanım oranı, çimento ağırlığına göre L; % 0,4-1,0, M; % 0,6-3,0 ve N; % 0,2-2,2 arasındadır.

#### 2.2. Metot

Standart kum ile % 0, % 7,5, % 10, % 12,5 ve % 15 oranlarında ağırlıkça çimento yerine SD ikame edilmiş ve üç farklı kimyasal katkı maddesinin farklı oranlarıyla 40x40x160 mm boyutlu harç prizmaları hazırlanmıştır. Eğilme dayanımının tespit edilmesinde her karışım oranı için 3 örnek kullanılmıştır. Dayanımların dayanımında ise 6 örnek kullanılmıştır. Çimentoların priz başlangıç ve priz sonu ile harçların hazırlanması ve eğilme ve basınç dayanımları TS 24'te (18) önerilen metotlara göre yapılmıştır. Harç karışımlarına giren malzeme miktarları, Çizelge 3'te verilmiştir.

Deney sonuçlarına göre grafiklerin çiziminde ve regrasyon değerlerinin bulunmasında "Excel Paket Programı" kullanılmıştır.

#### 3. BULGULAR ve TARTIŞMA

##### 3.1. Çimento Hamurlarının Normal Kıvamı

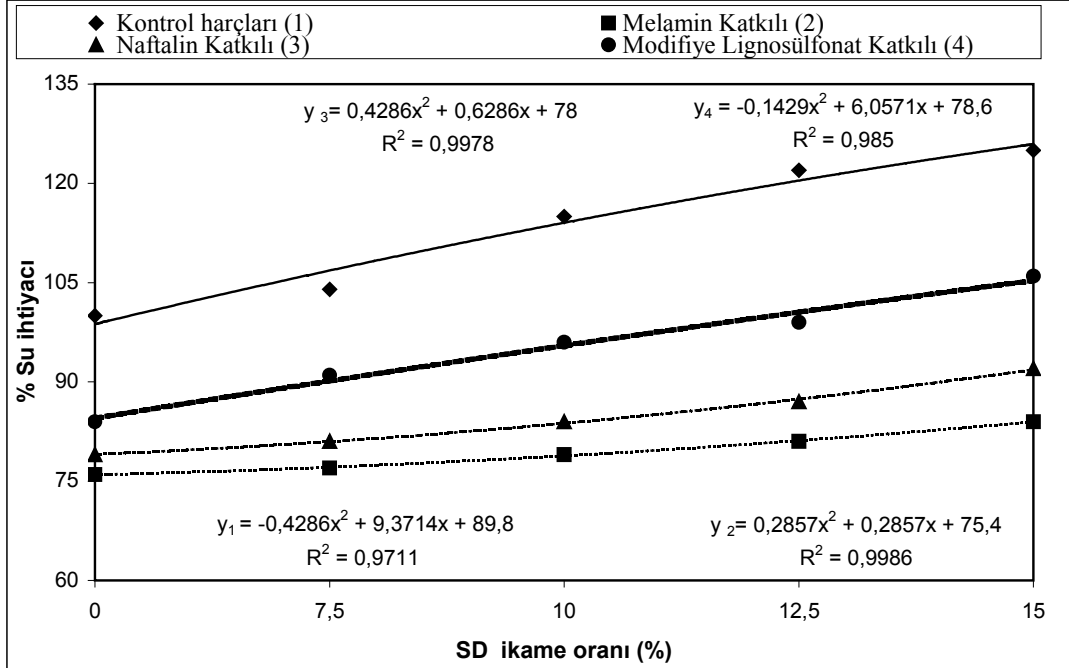
Kontrol çimento hamurlarının su ihtiyacı-SD ilişkisi Şekil 1'de incelenmiştir. K<sub>0</sub>, K<sub>7,5</sub>, K<sub>10</sub>, K<sub>12,5</sub> ve K<sub>15</sub> hamurlarında su ihtiyacı, ikame edilen SD miktarı artırdıkça artmaktadır. Bu sonuç, Khayat

ve Aitcin'in (4) araştırmasına paralellik göstermektedir. Çimentonun % 5'i kadar katılan SD su ihtiyacını fazla etkilememektedir.

SA katkılı ve SD ikameli çimento hamurlarının su ihtiyacı yüzde olarak Şekil 1'de incelendiğinde, çimento hamurlarının normal kıvamı için gereken suyu en fazla azaltan M kökenli SA'dır.

kontrol çimentosu ile aynı sürede olmuştur. M kökenli SA, çimento hamurlarının priz başlangıcını hızlandırmıştır.

M kökenli SA katkılı çimento hamurlarının priz süreleri, kontrol çimentosuna göre daha kısa olup priz süresi, SA ve SD oranlarının artışı ile doğru orantılı olarak artmaktadır.



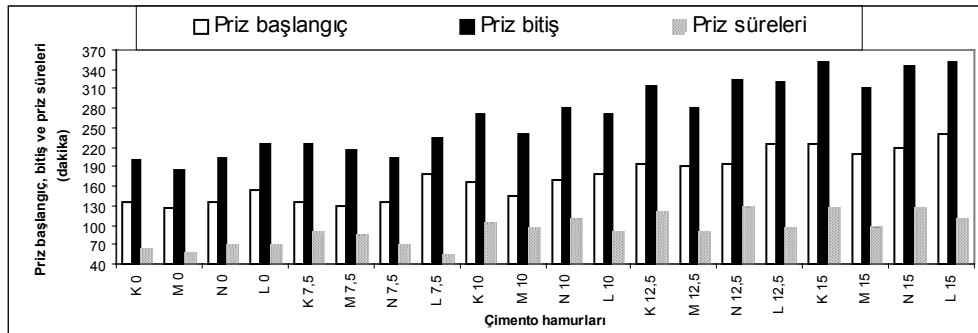
SD oranı arttıkça SA'ların azalttıkları su miktarı oranı da azalmaktadır. Su ihtiyacını en az azaltan ise L kökenli SA'dır.

### 3.2. Çimentonun Priz Süreleri

Çimento hamurlarının priz başlangıç ve bitiş süreleri Şekil 2'de incelendiğinde, genel olarak L kökenli SA, çimento hamurlarının priz başlangıç sürelerini geciktirmiştir. N kökenli SA katkılı

### 3.3. Çimento Harçlarının Basınç Dayanımı

SA katkı kullanılmayan SD ikameli kontrol harçlarının 7, 28 ve 90 günlük basınç dayanımları karşılaştırıldığında, en fazla basınç dayanımını % 15 SD ikameli "K<sub>15</sub>" harçları vermiştir (Şekil 3). Basınç dayanımı ile SD oranı ilişkisinin çok kuvvetli olduğu söylenebilir. SD oranının basınç da-

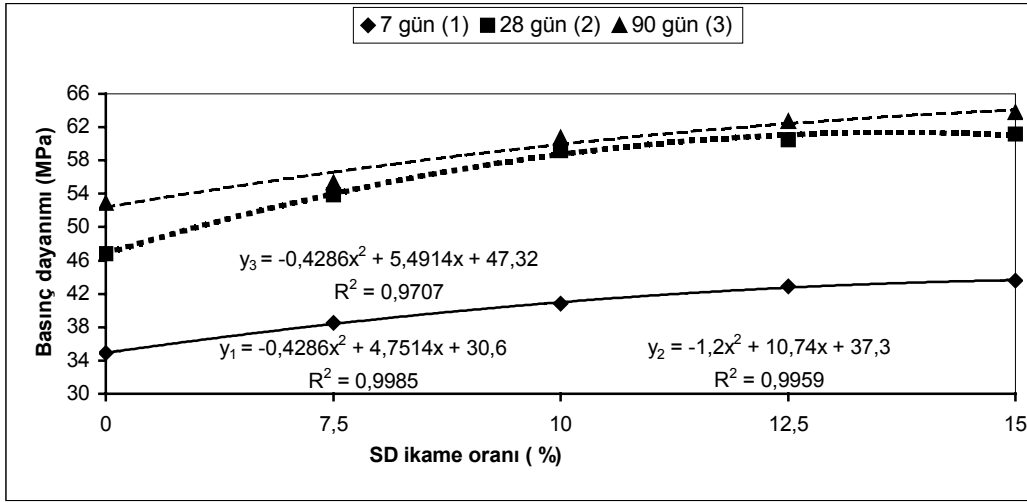


Şekil 2. Farklı SD ve SA katkılı çimentoların priz başlangıç, bitiş ve priz süreleri

çimento hamurlarının priz başlangıç süreleri,

yanımına etkisi ve artış oranları, Ekinci (15) ve Yeğınobalı'nın (16) yaptıkları çalışmalarla paralellik göstermiştir.

7,5 SD ikameli harçlarda ise M kökenli SA katkıli harçların basınç dayanımları daha büyük çıkmıştır. Basınç dayanımı ile SD oranı ilişkisinin, regresyon

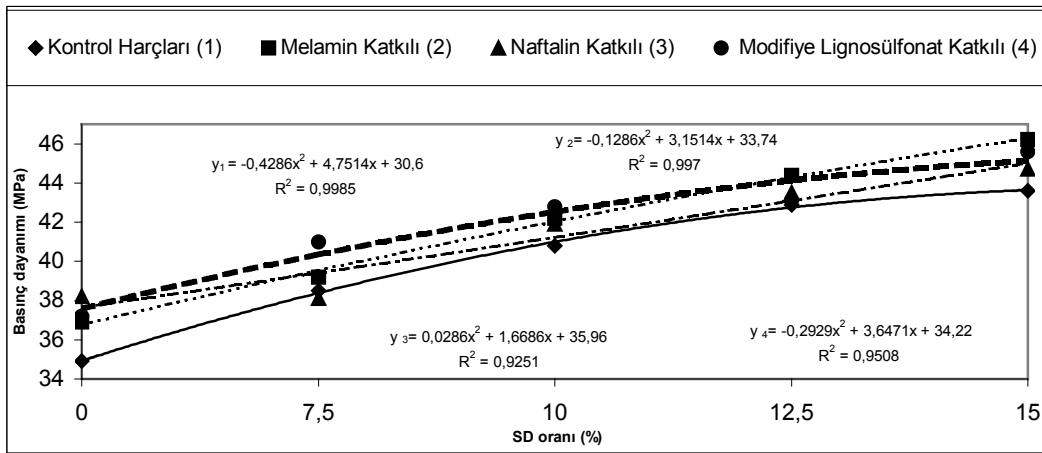


Şekil 3. Kontrol harçlarının basınç dayanımı-SD oranı ilişkisi

Şekil 4'te farklı oranlarda SD ikameli ve SA katkıli harçların 7 günlük basınç dayanımları karşılaştırıldığında, en büyük basınç dayanımını % 12,5 ve % 15 SD ikameli M kökenli SA katkıli harçlar vermiştir. SD ikame edilmemiş farklı kökenli SA katkıli harçlarda, N kökenli SA katkıli harçların 7 günlük basınç dayanımı en büyük değerleri vermiştir.

katsayılarına bakıldığında genel olarak çok güçlü olduğu söylenebilir.

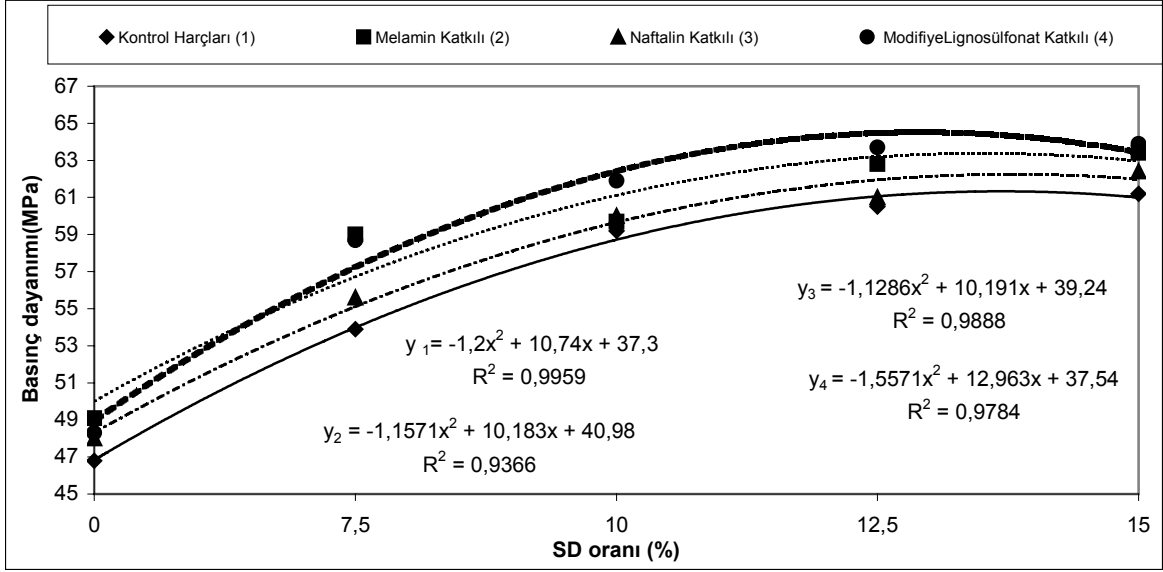
Harçların 90 günlük basınç dayanımı-SD oranı ilişkisi, Şekil 6'da gösterilmiştir. Genel olarak M ve L kökenli SA katkıli harçlar, daha iyi dayanım vermişlerdir. Güçlü ilişki, L katkıli harçlarda görülmektedir.



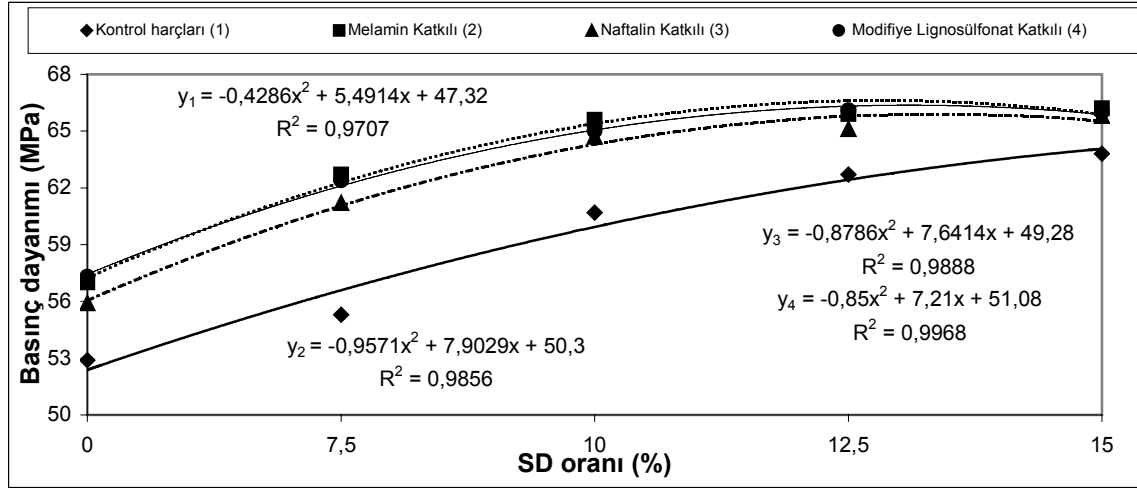
Şekil 4. SA katkıli harçların 7 günlük basınç dayanımı-SD oranı ilişkisi

Harçların 28 günlük basınç dayanımları Şekil 5'de incelendiğinde, % 15 SD ikameli ve SA katkıli harçlarda L kökenli SA katkıli harçların 28 günlük basınç dayanımı daha yüksek çıkmıştır. %

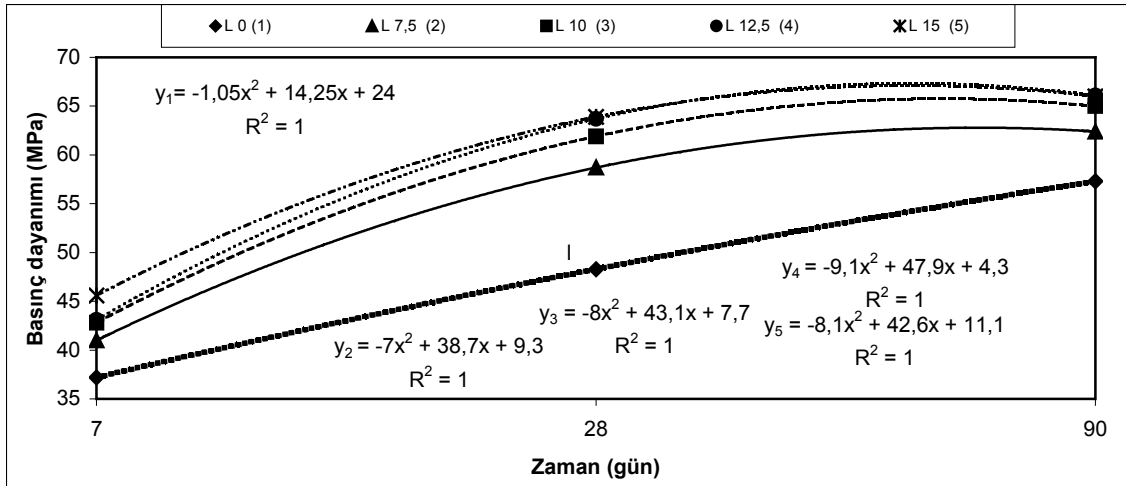
L kökenli SA katkıli harçların basınç dayanımı-zaman ilişkileri Şekil 7'de görülmektedir. "L<sub>12,5</sub>" ile "L<sub>15</sub>" harçlarında 28 ve 90 günlük basınç dayanımları birbirine çok yakın değerler almış, 90



Şekil 5. SA katkıli harçların 28 günlük basınç dayanımı-SD oranı ilişkisi



Şekil 6. SA harçların 90 günlük basınç dayanımı-SD oranı ilişkisi

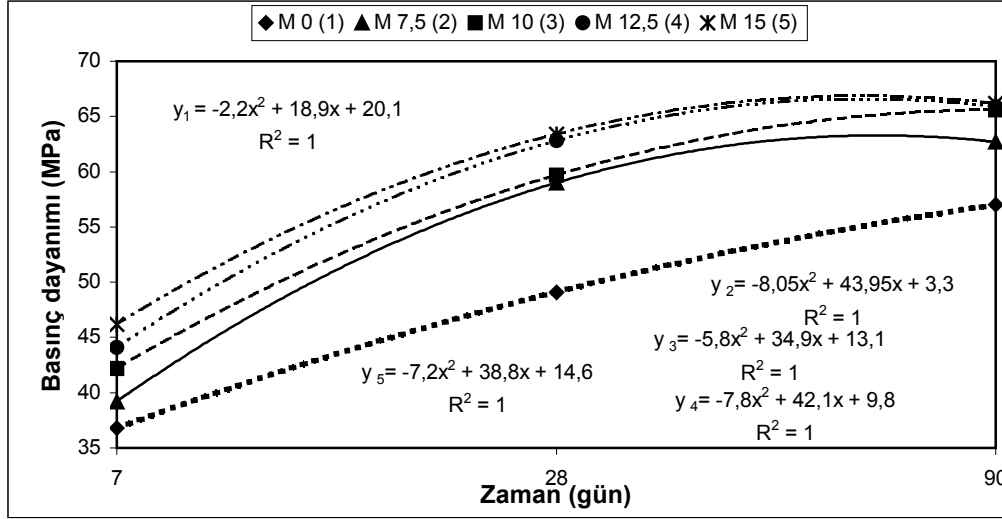


Şekil 7. L kökenli SA katkıli harçların basınç dayanımı-zaman ilişkisi

başlamıştır. “L<sub>0</sub>” harçları, SD ikameli harçların dayanım değerlerinden daha düşük değerler vermiştir. L kökenli SA katkılı harçların basınç dayanımı ve zaman ilişkisi çok güçlüdür.

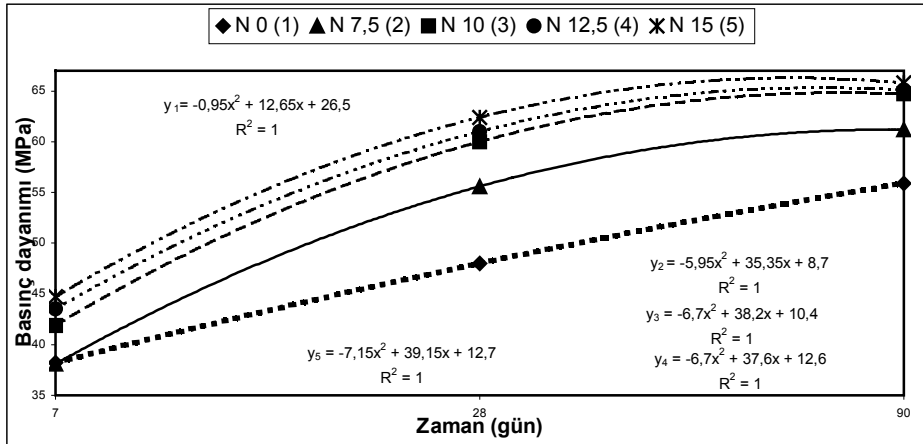
M kökenli SA katkılı harçların basınç dayanımı-zaman ilişkisi Şekil 8’de incelendiğinde M<sub>10</sub>, M<sub>12,5</sub> ve M<sub>15</sub> harçlarının 90 günlük basınç dayanımları birbirine yakın değerler vermiştir. 7 günlük basınç dayanımlarında ise M<sub>15</sub> harçları, en yüksek

N kökenli SA katkılı harçların basınç dayanımı-zaman ilişkisi, Şekil 9’da gösterilmiştir. Bu harçlarda da dikkat çekici sonuçlardan biri, SD ikame edilmemiş N<sub>0</sub> harçları ile % 7,5 SD ikameli N<sub>7,5</sub> harçlarının 7 günlük basınç dayanımlarının birbirine çok yakın olmasıdır. Harçların 90 günlük basınç dayanımı artış oranı düşmeye başlamıştır. N kökenli SA’ların basınç dayanımı-zaman ilişkisi, diğerlerinde olduğu gibi çok kuvvetlidir.



Şekil 8. M kökenli SA katkılı harçların basınç dayanımı-zaman ilişkisi

mukavemet değerlerini vermiştir. Harçların 28 günlük basınç dayanım artış oranları, 90 günlükten fazladır. 90. günden sonra dayanım artışları, M<sub>10</sub>



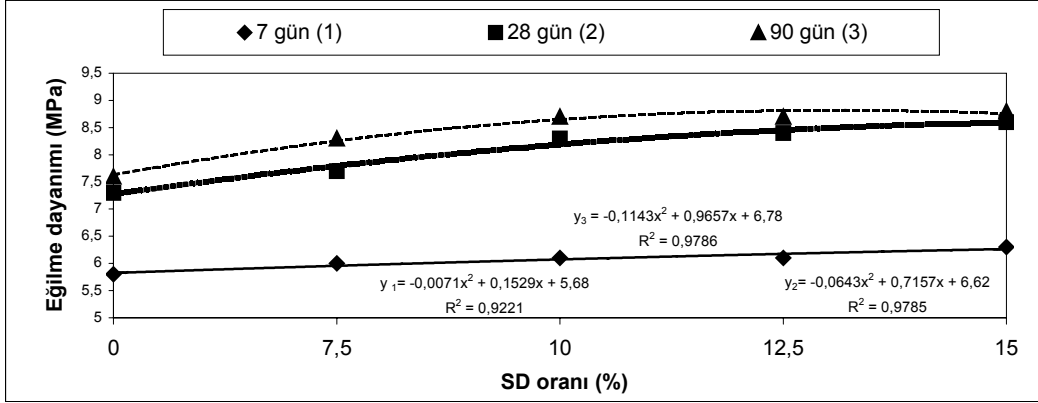
Şekil 9. N kökenli SA katkılı harçların basınç dayanımı-zaman ilişkisi

harçları hariç düşmeye başlamıştır. M kökenli SA’ların basınç dayanımı-zaman ilişkisinin de çok kuvvetli olduğu söylenebilir.

### 3.4. Çimento Harçlarının Eğilme Dayanımı

SD ikameli kontrol harçlarının 7, 28, 90 günlük eğilme dayanımları karşılaştırıldığında Şekil 10'da görüldüğü gibi en fazla eğilme dayanımını, % 15 SD ikameli  $K_{15}$  harçları göstermiştir. Her yaş için eğilme dayanımı, SD ikame oranı arttıkça göreceli olarak artmıştır.

Harçların 90 günlük eğilme dayanımı-SD ilişkisi; % 10, % 12,5 ve % 15 SD ikameli harçların eğilme dayanımları birbirine çok yakın değerler vermiştir. Şekil 10'da eğilme dayanımı-SD oranı ilişkilerinin 7, 28, 90 gün için regresyon katsayıları görülmektedir.

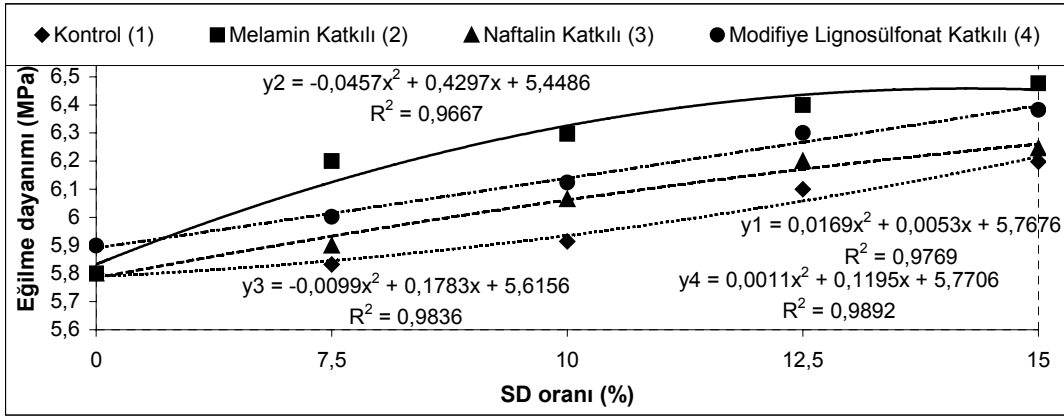


Şekil 10. Kontrol harçlarının eğilme dayanımı-SD oranı ilişkisi

$K_0$  harcının 7 günlük eğilme dayanımının %'si olarak farklı SD oranlarında SA kullanılmayan harçların 7 günlük eğilme dayanımları, % 12,5 SD ikameli  $K_{12,5}$  harçlarına kadar artış oranı % 2 ile % 5 arasında olmuştur. % 15 SD ikameli harçlarda ise % 4 oranında kalmıştır. 7 günlük eğilme dayanımlarının artış oranları, basınç dayanımı artış oranlarından düşük çıkmıştır.

Eğilme dayanımı-SD oranı ilişkisi, Khayat ve Aitcin (4) ile Ekinci'nin (15) çalışmaları ile paralellik göstermiştir.

SA katkılı harçların 7 günlük eğilme dayanımı sonuçları Şekil 11'de görülmektedir. N kökenli SA katkılı harçlar, kontrol harçlarına yakın değerler vermiştir. L kökenli SA katkılı harçlardaki artış oranı, karışıma katılan SA miktarının



Şekil 11. SA katkılı harçların 7 günlük eğilme dayanımı-SD oranı ilişkisi

Harçların 28 günlük eğilme dayanımları, SD ikame miktarına bağlı olarak paralel artış göstermiştir. % 10 SD ikameli  $K_{10}$  harçlarına kadar artış oranı % 5 ile % 9 arasında olmuştur.

artmasına bağlanmıştır. 7 günlük eğilme dayanımı-SD oranı ilişkileri incelendiğinde, regresyon katsayılarında en güçlü ilişki N kökenli SA katkıda görülmüştür.

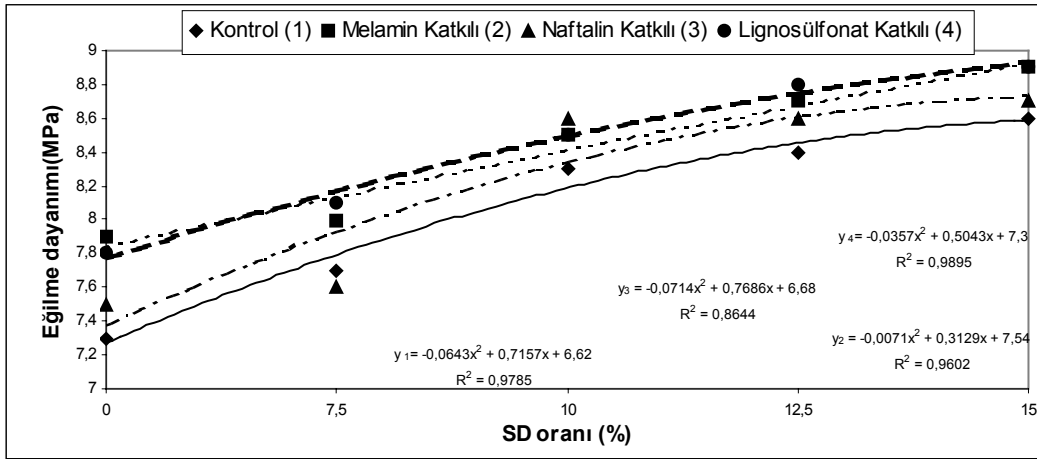


SA katkıli harçların 28 günlük eğilme dayanımı sonuçları Şekil 12’de incelendiğinde, % 10 SD ikameli harçların artış oranları yükselmiş, % 12,5 ve % 15 SD oranlarında ise artış oranı düşmüştür. N kökenli SA katkıli harçların % 10 SD ikame edildiğinde gösterdiği artış önemlidir. Bu da SA katkı oranının ve SD miktarının optimum oranlarda kullanıldığında önemli artışlar vereceğini göstermiştir. 28 günlük eğilme dayanımı-SD oranı ilişkisi genel olarak yüksektir.

miştir. 90 günlük eğilme dayanımı-SD oranı ilişkisi genel olarak çok kuvvetlidir. En güçlü ilişki, L kökenli SA katkıli harçlarda görülmektedir.

#### 4. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Normal kıvam deneyinde Melamin, Naftalin ve Modifiye lignosülfonat kökenli Süper akışkanlaştırıcıların, çimento hamurlarının su ihtiyacını % 12’den fazla azalttığı söylenebilir. % 15 oranında Silis dumanı ikameli çimentonun priz

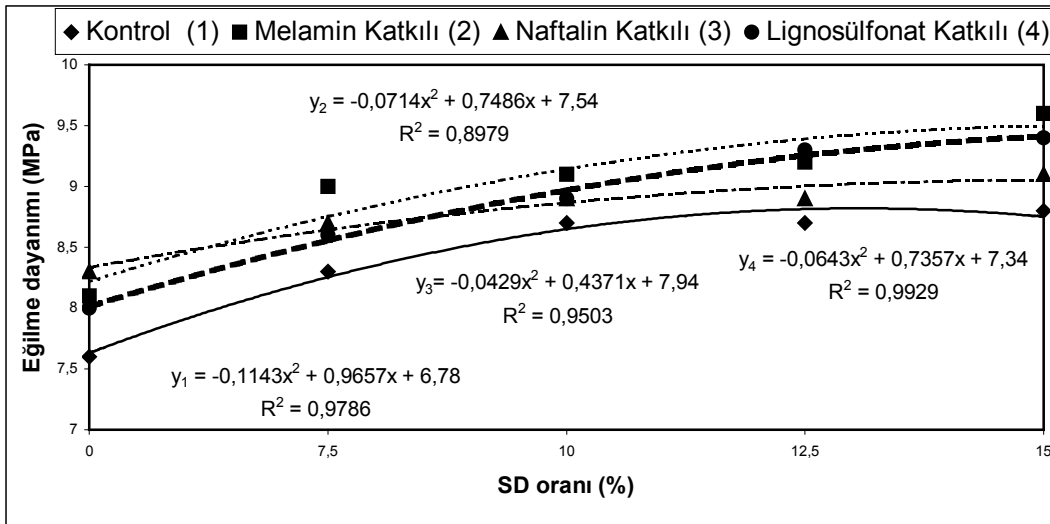


Şekil 12. SA katkıli harçların 28 günlük eğilme dayanım-SD oranı ilişkisi

SA katkıli harçların 90 günlük eğilme dayanımları, Şekil 13’de görülmektedir. Tüm SD oranlarında M kökenli SA katkıli harçlar, diğer harçlara oranla daha iyi eğilme dayanımları ver-

başlangıç süresi, Portland çimentosunun priz sürelerine göre 90 dakika gecikmiştir.

Priz bitiş süresi de 150 dakika uzamıştır.



Şekil 13. SA katkıli harçların 90 günlük eğilme dayanımı-SD oranı ilişkisi

Silis dumanı ikameli harçların basınç mukavemeti, Silis dumanı oranı artırıldıkça artmak-

tadır. En fazla dayanım artış oranı, % 10 Silis dumanı ikameli harçlarda görülmüştür. Tüm harçların 28 günlük mukavemet artışları, 7 ve 90 günlük artışlara göre daha büyük olmuştur.

Silis dumanı ve Süper akışkanlaştırıcıların birlikte kullanıldığı tüm harçlar, kontrol harçlarına göre daha iyi basınç dayanımı göstermişlerdir. Silis dumanı ve Süper akışkanlaştırıcıların optimum oranlarda beraber kullanılması, yüksek dayanımlı beton üretmek için mümkün olabilir.

SA ve Silis dumanının eğilme mukavemeti artış oranına etkisi, basınç mukavemetine göre daha düşüktür.

SA katkıları arasında en yüksek basınç ve eğilme dayanımını, Melamin kökenli Süper akışkanlaştırıcı katkı maddesinin verdiği söylenebilir.

#### KAYNAKLAR

1. Akman, M.S., “Kimyasal katkıların betona uygulanması”, TMMOB. İMO. 4.Ulusal Beton Kongresi ‘Beton Teknolojisinde Mineral ve Kimyasal Katkılar’, İstanbul, 1-11, (1996)
2. ACI Committee 212, “Chemical admixtures for concrete”, ACI Materials Journal.3R, Detroit, 297-324, (1989).
3. Malhotra, V.M., “Superplasticizers: Their effect on fresh and hardened concrete”, ACI Concrete International, Detroit, 3, 66-81, (1981).
4. Khayat, K.H., Aitcin, P.C., “Silica fume in concrete: an overview”, ACI Sp Publication SP-132, Detroit, 835-872, (1992).
5. ACI Committee 226, “Silica fume in concrete”, ACI Materials Journal, Detroit, 84(2), 158-166, (1987).
6. Xiaofeng, C. et al., “Role of silica fume in compressive strength of cement paste, mortar and concrete”, ACI Materials Journal, Detroit, 89(4), 375-388 (1993).
7. Carette, G.G., Malhotra, V.M., Aitcin, P.C., “Preliminary data on long-term strength development of condensed silica fume concrete”, CANMET Int. Workshop on Condensed Silica Fume in Concrete, Montreal, (1987).
8. Aitcin, P.C., Laplante, P., “Long term compressive strength of silica fume concrete”, J.Materials in Civil Engineering, 3(3), 164-170 (1990).
9. Yogendran, V. et al., “Silica fume in high strength concrete”, ACI Materials Journal, Detroit, 84(2),124-129 (1987).
10. Bentur, A., Goldman, A., “Curing effects, strength and physical properties of high strength silica fume concretes”, J. Materials in Civil Engineering, 1(1), 46-58(1989).
11. Uyan, M., Karagüler, M., Yücesoy, S., “Süperakışkanlaştırıcı katkıların portland çimento harçlarının rötresine etkisi”, TMMOB. İMO. 4. Ulusal Beton Kongresi ‘Beton Teknolojisinde Mineral ve Kimyasal Katkılar’, İstanbul, 81-93 (1996).
12. Tandırlı, M., Akalın, Ö., Arca, E., “The effect of melamine based superplasticizers on the properties of concrete”, Proceedings Second International Conference in Cement and Concrete Technology in the 2000 s, İstanbul, 1, 453-458 (2000).
13. Taşdemir, C., “Mikrofiller malzemelerin betonun mekanik özelliklerine etkisi”, TMMOB. İMO. 4. Ulusal Beton Kongresi ‘Beton Teknolojisinde Mineral ve Kimyasal Katkılar’, İstanbul, 199-208 (1996).
14. Özturan, T., Özel, M., Şigaher, A.N., “Süperakışkanlaştırıcı dozajının uçucu kül ve silis dumanı katkıli betonlarda işlenebilme ve dayanıma etkisi”, TMMOB. İMO. 4. Ulusal Beton Kongresi ‘Beton Teknolojisinde Mineral ve Kimyasal Katkılar’, İstanbul, 121-131(1996).
15. Aruntaş, H.Y., “Süperakışkanlaştırıcı bir katkının betonun fiziksel ve mekanik özelliklerine etkisi”, Çimento ve Beton Dünyası, 2, 9, 33-38, (1997).
16. Ekinci, C.E., “Antalya Etibank Elektrometalurji İşletmesi silis dumanlarının çimento ve betonda katkı maddesi olarak değerlendirilmesi”, Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 1-31(1995).
17. Yeğinobalı, A., “Silis dumanının betonda katkı maddesi olarak değerlendirilmesi”, Endüstriyel Atıkların İnşaat Sektöründe Kullanılması Sempozyumu Bildirileri, Ankara, 149-167 (1993).
18. TS 24, “Çimentoların fiziki ve mekanik deneyleri”, TSE, Ankara, (1985).

