
FARKLI DAYANIM SINIFLARINDAKİ BETONLAR İÇİN AKIŞKANLAŞTIRICI KİMYASAL KATKILARIN SU AZALTMA PERFORMANSLARI

Burak FELEKOĞLU
Araş. Gör.
DEÜ Müh. Fak. İnşaat Müh.
Bölümü.
İzmir, Türkiye

Selçuk TÜRKEKEL
Yrd. Doç. Dr.
DEÜ Müh. Fak. İnşaat Müh.
Bölümü
İzmir, Türkiye

ÖZET

Bu çalışmada farklı kimyasal kökene sahip akışkanlaştırıcı kimyasal katkıların, farklı dayanım sınıflarındaki beton karışımlarında su azaltma performansları incelenmiştir. Üç farklı özellikteki akışkanlaştırıcı kimyasal katkı için üç farklı beton dizaynı hazırlanmıştır. Normal, orta ve yüksek dayanım sınıfı olarak adlandırılan beton karışımlarında dayanım sınıfını değiştirmek amacıyla farklı çimento miktarları ve mineral katkı türleri kullanılmıştır. Deneyler sonucunda farklı özellikteki akışkanlaştırıcı kimyasal katkıların su azaltma ve basınç dayanımını artırma performansları kullanım oranına bağlı olarak belirlenmiş ve teknik açıdan optimum kullanım oranları ortaya konulmuştur.

GİRİŞ

Günümüz beton teknolojisinde, akışkanlaştırıcı kimyasal katkı kullanımı işlenebilirlik ve dayanım açısından sağladığı avantajlarla bir zorunluluk haline gelmiştir. Kimyasal katkıların çeşitliliğinin ve etkinliğinin artması, bunların kullanımında üreticiye daha kontrollü davranma zorunluluğu getirmektedir [1-3]. Farklı dayanım sınıflarındaki beton karışımlarında hangi akışkanlaştırıcı kimyasal

katkının hangi oranda kullanılması gerektiği yapılacak araştırmalarla ortaya konulmalıdır.

AMAÇ

Bu çalışmada üç farklı kökene sahip akışkanlaştırıcı kimyasal katkıının farklı dayanım sınıflarındaki beton karışımlarında su azaltma performansları incelenmiştir. Yapılan deneylerde beton karışımlarının taze halde çökme, birim hacim ağırlık, hava içeriği, sıcaklık gibi özellikleri tespit edilmiştir. Sertleşmiş betonun ise 1, 7 ve 28 günlük basınç dayanımları belirlenmiştir. Böylece farklı akışkanlaştırıcı katkıların su azaltma ve dayanım kazandırma özelliklerinin ortaya konulması amaçlanmıştır.

DENEYSEL ÇALIşMALAR

Kullanılan Malzemeler

Tüm karışımlarında TS EN 197-1 [4] standardına uygun CEM I 42.5 R tipi Portland çimentosu kullanılmıştır. Dizaynlarda kullanılan en büyük agrega çapı 32 mm'dir. Agrega tane boyut dağılımı tüm karışımlarda sabit tutulmuş olup ideal dağılıma yakındır. Orta ve yüksek dayanım sınıflarına giren beton karışımlarında hamur hacmini zenginleştirmek ve kıvamı iyileştirmek için uçucu kül katkısı, ayrıca yüksek dayanım sınıflarına giren beton karışımlarında hamur hacmini zenginleştirmek ve kıvamı iyileştirmek için silis dumanı katkısı da kullanılmıştır. Kullanılan C sınıfı uçucu kül, Soma - B Termik santralinden temin edilmiştir. Uçucu külün özgül ağırlığı 2.2'dir. TS EN 450 [5]'ye göre 28 günlük puzolanik aktivite indeksi %93.8'dir. Kullanılan mikrosilikanın özgül ağırlığı 2.21 olup, %95.5 oranında SiO₂ içermektedir

Normal dayanım sınıfları için Smartflow LS 350 (L) isimli modifiye edilmiş lignosülfonat bazlı bir su kesici, orta dayanım sınıflarında Smartflow MS 43 (M) isimli naftalin formaldehit sülfonat bazlı bir su kesici ve yüksek dayanım sınıflarında Smartflow HS 100 (H) isimli polikarboksilat bazlı yeni nesil bir su kesici kimyasal katkı kullanılmıştır. Kimyasal katkıların yoğunluk, katı madde oranı ve pH tespitinde sırasıyla TS 781 ISO 758 [6], TS EN 480-8 [7] ve TS 6365 EN 1262 [8] standartları kullanılmıştır. L katkısının yoğunluğu 1.17±0.02 g/cm³ arasında değişmektedir. Katı madde oranı %37±2 ve pH değeri 4-6 arasındadır. M

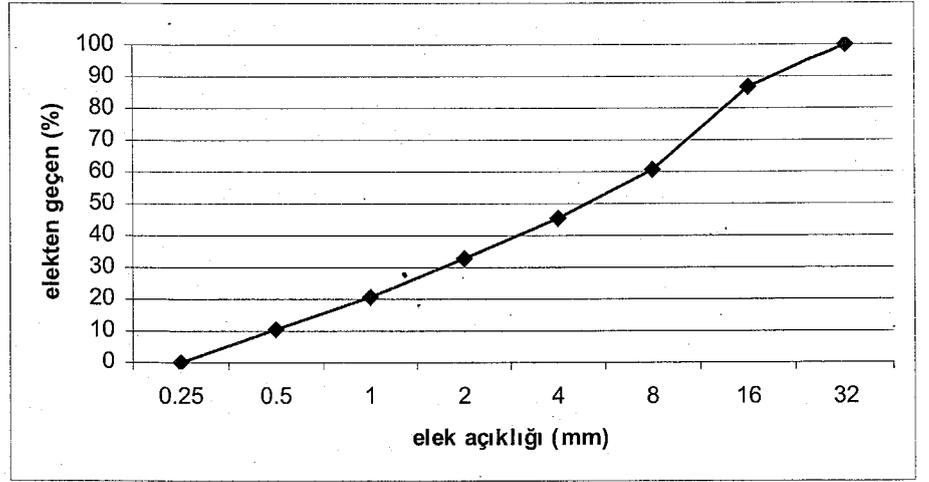
katkısının yoğunluğu $1.12 \pm 0.02 \text{ g/cm}^3$ arasında değişmekte olup, katı madde oranı $\%30 \pm 2$ ve pH değeri 7.0-8.0 arasındadır. H katkısının yoğunluğu ise 1.08 ile 1.10 g/cm^3 arasında değişmektedir. Katı madde oranı 40 ± 2 ve pH değeri 5-7 arasındadır.

Deney Programı ve Karışım Oranları

Deneyel çalışmada üç farklı katkı için üç farklı beton dizaynı hazırlanmıştır. Bu dizaynlarda hiç akışkanlaştırıcı kimyasal katkı içermeyen karışımlar kontrol betonu olarak adlandırılmıştır. Normal, orta ve yüksek dayanım sınıfı olarak adlandırılan beton karışımlarında dayanım sınıfını değiştirmek amacıyla farklı çimento miktarları ve mineral katkı türleri kullanılmıştır.

Deney programı ve karışım bileşenleri Tablo 1 ve 2'de sunulmuştur. Karışımlarda kullanılan agrega tane boyut dağılımı sabit olup dağılım eğrisi Şekil 1'de verilmiştir.

Toplam 12 karışım hazırlanmıştır. Tüm karışımlarda $200 \pm 2 \text{ mm}$ çökme değeri hedeflenerek farklı miktarlarda su kesilmiştir. Taze betonun; slump (çökme) değerleri, kimyasal katkıların hava sürüklenme miktarları, betonun sıcaklığı ve birim hacim ağırlığı gibi özellikleri saptanmış, ayrıca bu karışımların her birinden 9'ar adet olmak üzere toplam 108 adet küp örnek alınmış ve 1, 7, 28 günlük basınç dayanımları belirlenmiştir.



Şekil.1. Agrega karışımının tane boyut dağılımı

Tablo 1. Deney programı

Katkı tipi	Katkı dozajı (%Ç)	Katkı tipi	Katkı dozajı (%Ç)	Katkı tipi	Katkı dozajı (%Ç)
KL	0	KM	0	KH	0
L	0.6	M	0.8	H	0.8
L	1.0	M	1.2	H	1.2
L	1.5	M	1.8	H	1.8

Tablo 2. Beton karışım bileşenleri

Karışım oranları (kg/m ³)	LK	L 0.6	L 1.0	L 1.5	MK	M 0.6	M 1.2	M 1.8	HK	H 0.8	H 1.2	H 1.8
Çimento	296	297	300	300	347	351	353	356	394	405	411	416
uçucu kül	-	-	-	-	69	70	72	73	86	89	91	93
silis dumanı	-	-	-	-	-	-	-	-	23	25	25	27
Su	229	214	203	192	246	229	208	189	276	213	198	174
İri agrega 5-15	618	629	636	635	533	539	551	565	484	508	527	539
İri agrega 15-25	357	364	368	367	301	305	311	319	273	289	299	310
Kum	761	775	783	782	725	733	749	769	660	691	715	736
Kimyasal katkı	-	1.8	3.0	4.5	-	2.1	4.3	6.6	-	2.9	4.6	7.0
S/B	0.7	0.7	0.6	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4	0.5	0.4	0.3	0.3
	7	2	8	4	9	4	9	4	5	1	8	2

Deney Sonuçları ve Tartışma

Katkısız, L, M ve H kodlu katkılarla üretilen beton karışımlarının taze beton özellikleri sırasıyla Tablo 3'de verilmiştir. Taze beton birim hacim ağırlığı L katkılı seride 2323-2409 kg/m³ arasında değişmektedir. M katkılı seride 2305-2350 kg/m³ arasında değişmektedir. H katkılı seride ise 2279-2332 kg/m³ arasında değişmektedir.

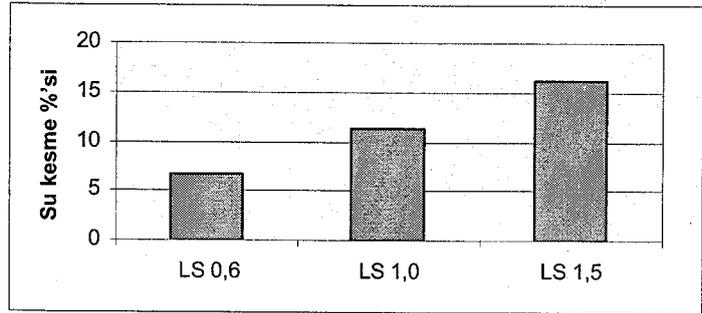
L katkısının yüksek oranda kullanımı halinde aşırı hava sürükleyebileceği literatürde de vurgulanmaktadır [9]. Bunun nedeni kullanılan katkının Lignosülfonat içermesidir. Lignosülfonat yüzey aktif bir kimyasal olup, çimento hamuru içinde küresel şekilli hava kabarcıkları oluşmasına yol açar.

M katkısı ise belirli kullanım oranına kadar hava içeriğini arttırmakta ancak daha yüksek kullanım oranlarında hava içeriğinde düşüş meydana gelmektedir. H katkılı betonlarda da benzer durum görülmüştür.

Tablo 3. LS katkılı tazé betonun özellikleri

	BHA (kg/m ³)	çökme (mm)	hava %'si	hava sıcaklığı (°C)	beton sıcaklığı (°C)
LK	2323	190	1.2	22	22
L 0.6	2409	200	1.5	22	22.5
L 1.0	2388	190	2.2	21	21.5
L 1.5	2361	195	2.8	21	22
MK	2323	190	1.3	20	21
M 0.6	2305	200	2.2	20	21
M 1.2	2320	200	2.6	20	20.5
M 1.8	2350	180	2.5	20	20.5
HK	2279	200	1.2	21	21
H 0.8	2290	220	3.7	21	21
H 1.2	2326	240	2.7	20	21
H 1.8	2332	220	2.6	20	21

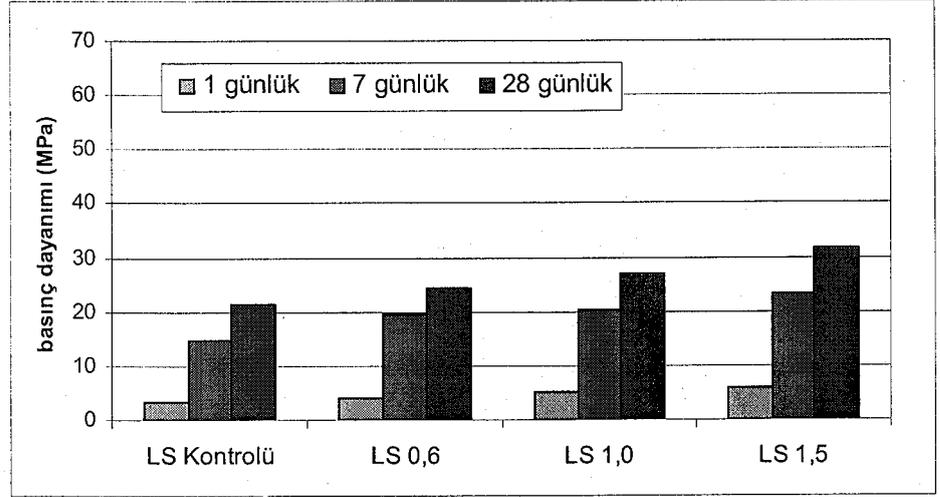
L serisi betonların farklı oranlarda kullanımı ile elde edilen su kesme miktarları ve basınç dayanımı gelişimleri Şekil 2 ve 3'de görülmektedir. L katkısının su kesme performansını belirlemek üzere hazırlanan kontrol betonu 190 mm çökme değerine sahip olup karışım suyu miktarı 229 kg/m³'tür. 28 günlük küp basınç dayanımı 22 MPa olup yaklaşık C18 beton sınıfını temsil etmektedir.



Şekil 2. L serisi betonların su kesme oranları

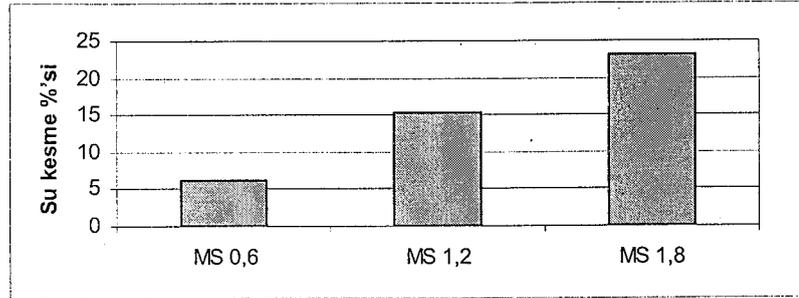
L katkısının %0.6 oranında kullanılması halinde 200 mm çökme değeri elde edebilmek için kullanılan karışım suyu 214 kg/m³'e düşmüştür. Yani %6-7 oranında su kesilmiştir. Aynı zamanda 28 günlük basınç dayanımı da 24 MPa'a yükselmiştir. Katkı dozajı %1.5'e çıkarıldığında su kesme oranı %16'ya yükselmiş,

195 mm çökme değeri için gerekli karışım suyu da 192 kg/m^3 'e düşmüştür. Buna bağlı olarak 28 günlük basınç dayanımı 32 MPa'a yükselmiş olup, yaklaşık C25 beton sınıfını temsil etmektedir.



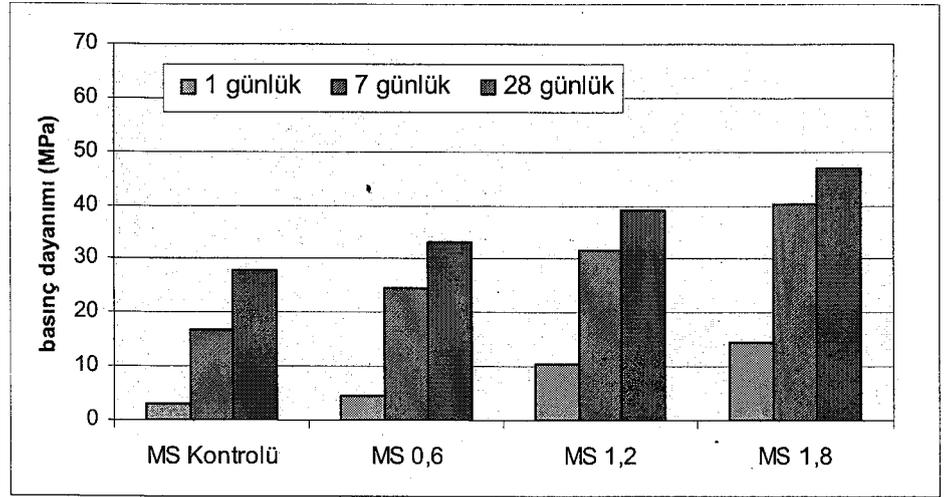
Şekil 3. L serisi betonların basınç dayanımı gelişimleri

M serisi betonların farklı oranlarda kullanımı ile elde edilen su kesme miktarları ve basınç dayanımı gelişimleri Şekil 4 ve 5'de görülmektedir. M katkısının su kesme performansını belirlemek üzere hazırlanan kontrol betonu 190 mm çökme değerine sahip olup karışım suyu miktarı 246 kg/m^3 'tür. 28 günlük küp basınç dayanımı 28 MPa olup yaklaşık C25 beton sınıfını temsil etmektedir.



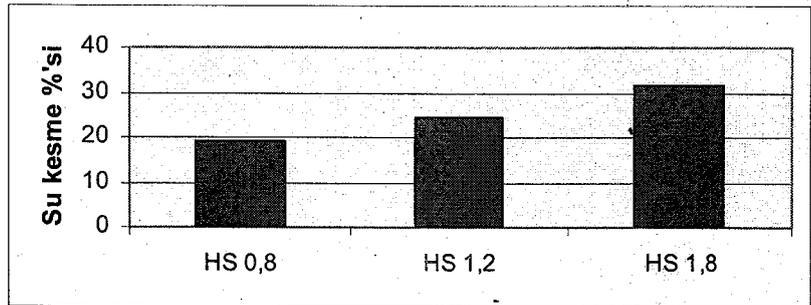
Şekil 4. M serisi betonların su kesme oranları

M katkısının %0.6 oranında kullanılması halinde 200 mm çökme değeri elde edebilmek için kullanılan karışım suyu 229 kg/m^3 'e düşmüştür. Yani %6-7 oranında su kesilmiştir. Aynı zamanda 28 günlük basınç dayanımı da 32 MPa'a yükselmiştir. Katkı dozajı %1.8'e çıkarıldığında su kesme oranı %23'e yükselmiş, 180 mm çökme değeri için gerekli karışım suyu da 189 kg/m^3 'e düşmüştür. Buna bağlı olarak 28 günlük basınç dayanımı 47 MPa'a yükselmiş olup yaklaşık C40 beton sınıfını temsil etmektedir.



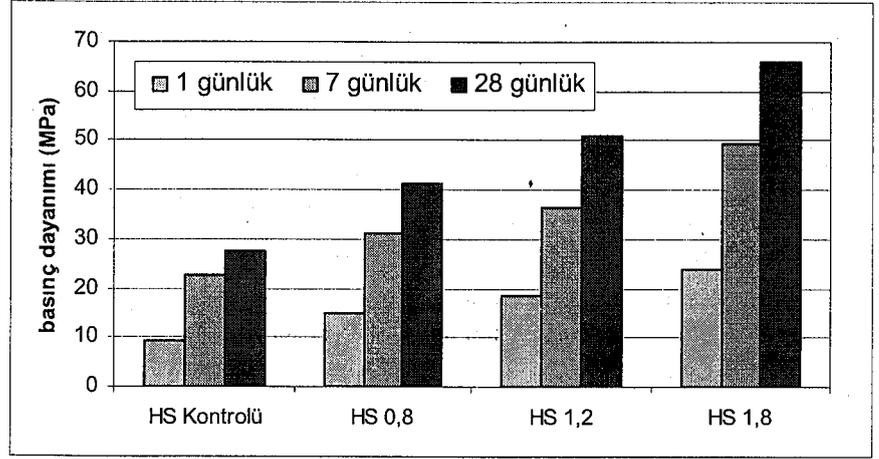
Şekil 5. M serisi betonların basınç dayanımı gelişimleri

H katkılı betonların farklı oranlarda kullanımı ile elde edilen su kesme miktarları ve basınç dayanımı gelişimleri Şekil 6 ve 7'de görülmektedir. H katkısının su kesme performansını belirlemek üzere hazırlanan kontrol betonu 200 mm çökme değerine sahip olup karışım suyu miktarı 276 kg/m^3 'tür. 28 günlük küp basınç dayanımı 28 MPa olup yaklaşık C25 beton sınıfını temsil etmektedir.



Şekil 6. H serisi betonların su kesme oranları

H katkısının %0.8 oranında kullanılması halinde 220 mm çökme değeri elde edebilmek için kullanılan karışım suyu 213 kg/m^3 'e düşmüştür. Yani %19.2 oranında su kesilmiştir. Aynı zamanda 28 günlük basınç dayanımı da 41 MPa'a yükselmiştir. Katkı dozajı %1.8'e çıkarıldığında su kesme oranı %31.5'e yükselmiş, 220 mm çökme değeri için gerekli karışım suyu da 174 kg/m^3 'e düşmüştür. Buna bağlı olarak 28 günlük basınç dayanımı 66 MPa'a yükselmiş olup yaklaşık C50 beton sınıfını temsil etmektedir.



Şekil 7. H serisi betonların basınç dayanımı gelişimleri

SONUÇ

Yapılan deneysel çalışmalara bağlı olarak aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

1. Akışkanlaştırıcı katkıların oranı, beton dizaynı ile değişmekle beraber kullanım oranı arttıkça daha çok su azalttığı görülmüştür. Katkı miktarını belli bir değere kadar arttırdıkça daha fazla su azaltabilmesinden dolayı, basınç dayanımlarında su azaltma miktarlarıyla orantılı olarak artış gözlenmiştir. Çökme değeri sabit tutularak üretilen tüm beton karışımlarında; L katkısının %1.5 oranında kullanılması durumunda kontrol betonuna kıyasla %16 su kesme ve 28 günlük basınç dayanımında %50 artış, M katkısının %1.8 oranında kullanılması durumunda kontrol betonuna kıyasla %23 su kesme ve 28 günlük basınç dayanımında %70 artış, H katkısının %1.8 oranında kullanılması durumunda kontrol betonuna kıyasla %31 su kesme ve 28 günlük basınç dayanımında %140 artış elde edilmiştir.

2. Taze beton birim hacim ağırlığı akışkanlaştırıcı katkı miktarı artırılıp, karışım suyu azaldıkça artmaktadır. Taze beton birim hacim ağırlığı arttıkça basınç dayanımı da artmaktadır.
3. L katkılı betonda hava %'si katkı miktarı arttıkça artarken, M ve H katkılı betonlarda katkı miktarını arttırdıkça hava içeriği belli bir dozaja kadar artmış daha sonra azalmıştır. Bu durum özellikle H katkılı betonlarda daha belirgindir.
4. M katkısının 1 günlük dayanımları diğer katkılara göre daha yüksek oranda arttırdığı belirlenmiştir. M katkısının %1.8 oranında kullanılması halinde 1 günlük dayanım kontrol betonuna kıyasla %360 artış göstermiştir. Bu sonuca göre bu katkı tipi ve oranının özellikle erken dayanım ve erken kalıp alma gereken durumlarda büyük ölçüde yararlı olacağını söylemek mümkündür.

TEŞEKKÜR

Deneysel çalışmaların gerçekleştirilmesindeki katkılarından dolayı İnş. Müh. Hasan Koray Atıl ve İnş. Müh. Taner Akman'a, akışkanlaştırıcı kimyasal katkı ve çimento teminindeki katkılarından dolayı Konsan Bilgi - Teknoloji Üretimi AŞ Kimya Grubuna ve İzmir Çimento Fabrikası'na teşekkürü bir borç biliriz.

KAYNAKLAR

1. Ramachandran, V.S., Malhotra, M., *Concrete Admixtures Handbook – Part 7: Superlaticizers*, Noyes Publications, 1984, pp.462-463.
2. Ulubeli V., Kaygısız H., *Akışkanlaştırıcı Kimyasal Katkı Dozajının Taze ve Sertleşmiş Betonun Bazı Özelliklerine Etkileri*, DEÜ Mühendislik Fakültesi İnşaat Müh. Bölümü Bitirme Projesi, 2003, 61s.
3. Türkel, S., Felekoğlu, B., *Aşırı dozda akışkanlaştırıcı kimyasal katkı kullanımının taze ve sertleşmiş betonun bazı özellikleri üzerine etkileri*, DEÜ Fen ve Mühendislik Dergisi, Cilt:6, Sayı:1, 2004, s:79-91.
4. *Türk Standartları, Çimento Bölüm 1: Genel çimentolar, bileşim, özellikler ve uygunluk kriterleri (TS EN 197-1)*, Türk Standartları Enstitüsü, 2002.
5. *Türk Standartları, Uçucu kül – Betonda kullanılan, tarifler, özellikler ve kalite kontrol (TS EN 450)*, Türk Standartları Enstitüsü, 1998.
6. *Türk Standartları, Kimyasal Katkılar - Beton, Harç ve Şerbet İçin- Deney Metotları- Bölüm 8: Katı Madde Muhtevası Tayini (TS EN 480-8)*, Türk Standartları Enstitüsü, 2001.
7. *Türk Standartları, Sanayide Kullanılan Sıvı Kimyasal Ürünler, 20°C'da Yoğunluk Tayini, (TS 781 ISO 758)*, Türk Standartları Enstitüsü, 1998.
8. *Türk Standartları, Yüzev Aktif Maddeler-Yüzev Aktif Madde Çözeltileri veya Dispersiyonların pH Değerlerinin Tayini, (TS 6365 EN 1262)*, Türk Standartları Enstitüsü, 1999.
9. Parlak, N., Akman, M.S., *Lignosülfonatların Üretimi, Özellikleri ve Süper Akışkanlaştırıcı Olarak Geliştirilmesi*, Sika teknik bülten, 2002/1, s.3-13.

