
BETONDA AKIŞKANLAŞTIRICI KATKI KULLANIMINDA İSTENEN ŞARTLAR VE TÜRKİYEDEKİ DURUM

Y.Doç.Dr. Hasan YILDIRIM
İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi
İstanbul / Türkiye

Prof.Dr. Mehmet UYAN
İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi
İstanbul / Türkiye

ÖZET

Bu çalışmada kullanım alanlarının yaygınlığı nedeniyle normal, süper ve yeni jenerasyon (hiper) akışkanlaştırıcılar üzerinde durulmuştur. Çalışmada ilk olarak akışkanlaştırıcı katkıların kullanım amaçları, türleri, etki mekanizmaları anlatılmış, daha sonra Türkiye’de kullanılan bu türdeki katkıların uygunlukları araştırılmıştır. Bu araştırma için çeşitli firmalarca üretilen katkılarla İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Yapı Laboratuvarı’nda yapılmış deneyler ve elde edilen sonuçlar incelenmiştir. Yapılan incelemeler sonunda Türkiye’de kullanılan akışkanlaştırıcı katkıların çoğunluğunun istenilen nitelikleri sağladığı görülmüştür.

1. GİRİŞ

Günümüzde, beton özelliklerinde sağladığı iyileştirmelerden dolayı betonun vazgeçilmez bileşenlerinden biri haline gelen kimyasal katkılar, betonun karıştırma ve yerleştirme sürelerindeki sınırlamalarda, olumsuz hava koşullarında, yerleştirme sırasındaki problemlerde, pompalanabilir, yüksek dayanımlı, ve dürabilitesi yüksek beton üretiminde etkin bir rol oynarlar [1,2].

Kimyasal katkı maddeleri, çimento ile etkileşerek fiziksel, kimyasal, ya da fiziko-kimyasal bir reaksiyona girip betonun özelliklerini değiştirirler.

Genel anlamda harç ve betonun taze veya sertleşmiş haldeki özelliklerini değiştiren maddeler olarak tanımlanan [3] katkı maddeleri, son yıllarda Türkiye’de yoğun bir şekilde kullanılmaktadır.

Bu çalışmada, genel bölümde akışkanlaştırıcılarla ilgili bilgiler verildikten sonra, bu katkılardan istenen şartlar, Türkiye’deki bu tip katkıların durumu, istenilen şartlara uygunluğu üzerinde durulmuştur. Bunun için Türkiye’deki belli başlı firmaların son 10 yılda ürettikleri bu tip katkıların standartlara uygun olup olmadığı İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Yapı Malzemesi laboratuvarında yapılan deneylerden elde edilen sonuçlara göre değerlendirilmiştir.

2. GENEL BİLGİLER

Bu bölümde akışkanlaştırıcı katkıların kullanım amaçları, türleri, etki mekanizması, Türkiye’de kullanılan akışkanlaştırıcı katkı maddeleri ve akışkanlaştırıcı katkı maddelerinde aranan şartlar incelenmiştir.

2.1. Normal ve Süper Akışkanlaştırıcı Katkı Kullanım Amaçları

Normal akışkanlaştırıcılar uygulamada genelde üç amaçla kullanılmaktadır [4,5,10]:

- 1.Katkısız betonla aynı işlenebilmede olmak şartıyla su/çimento oranını azaltarak daha yüksek mukavemet sağlamak.
- 2.Kütle betonlarında hidrasyon ısısını düşürmek için çimento miktarının azaltılması durumunda aynı işlenebilmeyi kazanmak. Katkının bu şekilde kullanılması aynı zamanda daha ekonomik bir beton üretimi sağlaması anlamına gelmektedir.
- 3.Ulaşılamayan yerlere kolay yerleşmeyi sağlamak için işlenebilmeyi arttırmak.

Yukarıda normal akışkanlaştırıcı için belirtilen kullanım amaçları süper akışkanlaştırıcıların kullanım amaçlarını da kapsamaktadır. Ancak süper akışkanlaştırıcılar daha çok bunlardan 3. maddedeki amaçla kullanılmakta, yani “akıcı beton” üretiminde özellikle bu katkılardan yararlanılmaktadır. Süper akışkanlaştırıcıların ikinci bir kullanım alanı ise yüksek mukavemetli beton üretiminde olmakta, bu katkılar sayesinde çok düşük su/çimento oranlarında normal işlenebilmeler elde edilebilmektedir.

Süper akışkanlaştırıcıların olumlu etkileri olduğu gibi olumsuz yanları da vardır. Süper akışkanlaştırıcı kullanılarak elde edilen yüksek işlenebilirlik özelliği, 30 dakika içinde çökme kaybıyla azalmakta ve zamanla devam etmektedir [6]. Bu özellikteki kayıp, oldukça küçük yüzdelere de özel katkı ilavesiyle, iki saate kadar uzatılabilmektedir.

Hazır betonda akışkanlaştırıcılar en çok yukarıda belirtilen 1 ve 2. maddedeki amaçla kullanılmaktadır. Bu durum işlenebilirliği arttırmakta, mikserde karıştırmayı kolaylaştırmakta, mikser çeperine yapışmayı azaltmakta, daha kolay pompalanabilmeyi sağlamakta, betonun ayrışmasını önlemekte ve yerleşmeyi kolaylaştırmaktadır. Bunların dışında özel amaçlı kendiliğinden yerleşen beton uygulamalarında yeni jenerasyon yüksek oranda su azaltıcı olan hiper akışkanlaştırıcılar kullanılmaktadır. Akışkanlaştırıcıların türleri aşağıda verilmiştir.

2.2. Akışkanlaştırıcıların Türleri ve Etki Mekanizmaları

Çeşitli çalışmalarda katkı maddeleri kullanım amaçlarına göre gruplandırılmaktadır [7,8,9,10]. ACI Committee 212 raporunda [4,10] beton katkı maddelerini hava sürükleyen, priz hızlandırıcı, su azaltıcı ve priz süresini ayarlayan, akıcı beton katkıları ve diğer muhtelif özel amaç katkıları olmak üzere sınıflandırılmıştır. Normal akışkanlaştırıcılara göre daha yüksek oranda su azaltıcı olan katkıları (high range water reducers) veya süper akışkanlaştırıcı katkıları, su azaltıcı katkıları ve akıcı beton için katkıları grubuna dahil edilmiştir.

Normal akışkanlaştırıcı katkıları (ASTM C 494 Type A, TS EN 934-2) [11,12] aynı işlenebilirlik için daha az su kullanmayı, dolayısıyla daha yüksek dayanım elde etmeyi sağlarlar[13,14]. Normal akışkanlaştırıcı katkıları kimyasal esasları bakımından Ca, Na ve NH₄ tuzlarını içeren linyosülfonik asitler, Na, NH₄ veya trietanolamin tuzlarından meydana gelen hidrokarboksilik asitler, karbonhidratlar ve diğer organik bileşimler olmak üzere dört gruba ayrılırlar[15]. Linyosülfonatlar hidroksil (OH), metoksil (OCH₃), fenil zinciri (C₆H₅) ve sülfonik asit (SO₃H) gruplarının birleşmesinden meydana gelmiş bir polimer gibi düşünülebilir[15].

Bu bileşenlerin haricinde literatürde henüz pek yer almayan, ancak akışkanlaştırıcı katkı hammadesi olarak kullanılan bir bileşen de melastır.[16] Şekerin fabrikasyonunda, kristal şeker elde edilmesi için muhtelif pişirme ve temizleme işlemleri sonunda (son şeker lapasının santrifüjlenmesi sonunda) içinde % 50 kadar şeker bulunan koyu kahverengi şuruba şeker teknolojisinde melas adı verilir. İşletme hesaplarına göre pancar miktarının % 3,8-%4'ü kadar melas elde edilmektedir. Melasta kalan şekerin bir kısmı serbest ve bir kısmı da su ve organik potas tuzları ile bileşikler halinde bağlıdır. Genel olarak melasın %75-%86 sı kuru madde %14-%75 i sudur[16].

Akışkanlaştırıcı madde çimento taneleri tarafından adsorbe edilmeleri sonucu tane yüzeyine çökler. Tane yüzeyi çökelen bu maddelerin oluşturduğu film negatif elektrik yüklüdür. Bu şekilde negatif elektrik yüklenen taneler birbirlerini ittiklerinden bu maddelerin dağıtıcı etkisi ortaya çıkar. Bu maddelerin topaklaşmayı önlemeleri ve aynı zamanda tanelerin birbirleri üzerinde kaymalarını kolaylaştırdıklarından yağlayıcı etki göstermeleri, betonun iç sürtünmesini azaltır, bu da betonun işlenebilme yeteneğinin artmasına neden olur.

Süper Akışkanlaştırıcı katkıları yüksek performanslı betonların su/çimento oranlarını, çok yüksek basınç dayanımı sağlayacak şekilde düşürmektedir. Öte yandan akışkanlıkları kendiliğinden yerleşme (self-compacting) oluşturacak mertebede yüksek ve segregasyona yol açmayacak mükemmelliktedir. SA'ları üç ana grupta toplayabiliriz [10,17]: modifiye linyosülfonatlar, sodyum naftalen (veya melamin) sülfonat-formaldehit polikondanseleri (NSF veya MSF) ve karboksilat (veya hidroksi karboksilat) tuzları (HP). Bu üçüncü grup genellikle poliakrilat ana polimer zincirine aşılınmış polieter yan bağları içeren (tarak gibi) polimerik bir katkıdır. HP'ler birinci ve ikinci gruptaki katılardan daha sonra üretilmeye başladılar. Bunlara daha üstün nitelikler göstermelerinden ötürü (daha az miktarda daha yüksek su azaltma ve akışkanlık sağlama) hiperakışkanlar veya yeni nesil SA'lar adları piyasada verilmektedir [18].

Süper Akışkanlaştırıcı katkıların (SA) en önemli niteliği uzun makromoleküllerinin çimento taneleri üzerinde adsorplanması ve bunun sonunda taneleri dağıtılması (dispersion), böylece daha kapsamlı bir hidrasyona olanak sağlamaları, ayrıca sıvı ortamdaki viskoziteyi ve kayma eşiğini düşürerek yerleşmeyi kolaylaştırmalarıdır.

Birinci ve ikinci grup SA'larda çimento tane yüzeylerinin aynı negatif işaretli elektriksel şarjla yüklenmeleri nedeniyle, tanelerin birbirlerini elektriksel itmeleri (electrical repulsion) sonucu sağlanır. HP'lerde ise moleküllerin büyüklüğü ve steokimiyetik yapısı sonucu oluşan sterik engel dispersionun gerçekleşmesinde daha etkin olur. Genellikle piyasadaki HP'ler salt karboksilatlar değildir, içlerine bir miktar NSF veya MSF'de katılmıştır [17,18].

SA'ların yeterliliğinin sadece işlenebilme alanında denetlenmesi elbette yetersizdir. Bunun dışında hidrasyon, sertleşme, dayanım kazanma süreçlerinin de incelenmeleri doğal olarak zorunludur. Zira SA'lar arayer sıvısının birleşimini, hidrasyon ürünlerinin mikro yapılarını ve morfolojilerini de etkilerler. Bu değişimlerde çimento bileşimi ve alkali içeriği önemli yer tutarlar.

2.3. Türkiye'de Kullanılan Normal, Süper ve Hiper Akışkanlaştırıcılar

Ülkemizde bu tür katkıları üreten veya yurt dışından ithal ederek piyasaya süren firma sayısı gittikçe artmaktadır. Bunların piyasaya sundukları akışkanlaştırıcı katkıları aşağıdaki başlıklarda toplanabilir.

- Normal akışkanlaştırıcılar (priz geciktiricili veya hızlandırıcı)
- Uygulamada Orta (Mid-range) akışkanlaştırıcılar olarak adlandırılanlar
- Süper akışkanlaştırıcılar (ayrıca priz geciktiricili)
- Yeni jenerasyon süper (hiper) akışkanlaştırıcılar (işlenebilirliğini erken kaybeden veya işlenebilirliğini uzun süre koruyan)

Son 8 yılda İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Yapı Malzemesi Laboratuvarı'nda bu tür katkıların ilgili standarda [11] uygunluğunun araştırılması için başvuran ve katkılarındaki bileşim değişikliklerindeki performansı kontrol etmek için ikinci ve üçüncü defa gelen firmaların toplam sayısı 10'dur. Bu firmalar ait denenmesi istenen, önceki yıllardan sonra tekrar kontrol ettirilen katkı sayısı 17 adettir. 2002 yılından sonra EN 934-2 [12] standardı esaslarına göre deney yaptıran firmaların sayısı 6 dır. Denenmesi istenen akışkanlaştırıcı katkı sayısı ise 36 dır. Denenen katkıların kimyasal esasları normal akışkanlaştırıcılar için Lignosülfonat esaslı, süper akışkanlaştırıcılar için Naftalin formaldehid sülfonat ve Melamin formaldehid esaslıdır. Bunların dışında yeni jenerasyon katkı türleri standart esaslarına göre değil, araştırmalarda istenen amaçlara göre denenmesi istenmiştir. Normal akışkanlaştırıcılar çimento ağırlığının %0.2 ile %0.5 arasında, süper akışkanlaştırıcılar ise çimento ağırlığının %0.7 ~ %2.0'si arasında kullanılarak denenmişlerdir. Son zamanlarda, standartlarda rastlanmayan ancak Ülkemizde "orta akışkanlaştırıcı" olarak adlandırılan akışkanlaştırıcı katkıları yaygın şekilde kullanılmaya başlanmıştır. Bu katkıları çoğunlukla çimento ağırlığının % 0.5 ~ % 0.8 i arasında kullanılarak ve genelde normal akışkanlaştırıcı katkılardan istenen şartlara göre denenmişlerdir.

2.4. Akışkanlaştırıcı Katkı Maddelerinde Aranılan Şartlar

Katkı maddelerinden betonda kullanılması durumunda, eşit beton kıvamında, istenen şartlar aşağıdaki Tablo 1'de görülmektedir [11,12]. Bu katkıları ilgili değişikliğe uğramış standart no ları ise Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Akışkanlaştırıcı Katkı Kontrollerinde Değişikliğe Uğrayan Standartlar

Standart Tanımı	Eski Standart Numarası	Yeni Standart Numarası
Taze Beton Kıvam Deneyi	TS 2871	TS EN 12350-2 (Çökme) veya TS EN 12350-5 (Yayıma)
Basınç Dayanımı	TS 3114	PrEN 12390-3
Taze Betondaki Hava Miktarı	TS 2901	TS EN 12350-7
Sertleşmiş Betondaki Hava Boşluğu Karakteristikleri	-	TS EN 480-11
Yoğunluk	ASTM C494/C	ISO 758
pH	-	ISO 4316
% Katı Madde	ASTM C494/C	TSEN480-8
Suda Çözünen Klor (%)	ASTM C1218	TS EN 480-10
Etkin Bileşen (IR Spectrumu Sonucu)	ASTM C494/C	TS EN 480-6
Alkali Miktarı (Na ₂ O Eşdeğeri)	-	TS EN 48012

3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

3.1. Beton Bileşimleri

Yapılan deneysel çalışmalarda kontrol serisi ve katkılı deney serileri için üretilen karışımlarda, çimento ve agrega miktarları ilgili standartların öngördüğü gibi alınmıştır [11,12]. Katkisiz ve katkılı betonlardaki su miktarları aynı kıvamı verecek şekilde ayarlanmıştır. Bütün karışımlarda kullanılan malzeme miktarları ve taze beton özellikleri aşağıdaki Tablo 3'de verilmiştir.

Tablo 3. Beton Karışımlarında Kullanılan Malzeme Miktarları ve Taze Beton Özellikleri

Malzeme	Kontrol Betonu (TS EN)	Kontrol Betonu (ASTM)	Normal/Orta Akış. Betonlar (TS EN)	Normal Akış. Betonlar (ASTM)	Süper Akış. Betonlar (TS EN)	Süper Akış. Betonlar (ASTM)
Çimento (kg/m ³)	350±2	307±3	350±2	307±3	350±2	307±3
Su (kg/m ³)	208-222	180-211	175-196	160-193	165-186	149-193
Kum (kg/m ³)	342-356	661-670	351-364	669-683	348-365	677-684
İri Agr. (kg/m ³)	1418-1452	1216-1228	1461-1504	1224-1248	1450-1495	1244-1256
Çökme (cm)	6-8	5.1-7.5	6-8	5.1-7.5	6-8	5.1-7.5
BirimAğır. (kg/m ³)	2333-2362	2366-2385	2359-2395	2368-2405	2350-2399	2384-2403
Hava (%)	1.1-1.7	0.77-1.7	1.5-2.2	0.70-2.4	1.8-2.7	1.2-2.6
Katkı (%) (Çim.Ağ.)	-	-	0.5-0.8	0.2-0.5	1.0-1.5	0.7-1.5

3.2. Deney Sonuçları

3.2.1. Su Azaltma İle İlgili Deney Sonuçları

Çalışmalarda 1997 ile 2001 yılları arasında ASTM standartına uygun olarak 8 adet firmanın 8 adet normal akışkanlaştırıcısı, 7 adet süper akışkanlaştırıcısı denenmiştir. Denemeler sonucunda bir firmanın katkısı % 0.2 kullanımda diğer bir firmanın katkısı da % 0.3 kullanımda sırasıyla, % 3 ve % 4 su azaltarak standart'ın isteğini sağlamamış, onun dışında % 0.2 ile % 0.5 oranları arasında kullanılan 6 adet firmanın normal akışkanlaştırıcıları % 8 ile % 10 arasında su azaltarak standart'ın isteğini sağlamışlardır. Denenen 7 süper akışkanlaştırıcısının sadece bir tanesi % 1 kullanımda % 9 su azaltmasına rağmen, diğerleri % 0.7 ile % 1.5 kullanımda, % 15 ile % 21 mertebesinde su azaltması yaparak standart'ın isteğini sağlamışlardır.

EN standartına uygun olarak 2002-2005 yılları arasında 6 adet firmanın 18 adet orta akışkanlaştırıcısı, 19 adet süper akışkanlaştırıcısı denenmiştir. % 0.5 ile % 0.8 oranları arasında kullanılan 6 adet firmanın 18 orta akışkanlaştırıcısının hepsi % 9 ile % 16 arasında su azaltarak standart'ın isteğini sağlamışlardır. Denenen tüm 19 süper akışkanlaştırıcı % 1.0 ile % 1.5 kullanımda, % 12 ile % 23 mertebesinde su azaltması yaparak standart'ın isteğini sağlamışlardır.

3.2.2. Priz Süresi İle İlgili Deney Sonuçları

1997 ile 2001 yılları arasında normal ve süper akışkanlaştırıcıların priz sürelerine etkileri yalnızca çimento üzerinde TS24'e göre araştırılmıştır [19]. Yapılan deneyler sonucunda denen katkıların hiçbiri priz süreleri yönünden olumsuz sonuç vermemiştir.

3.2.3. Hava Miktarı İle İlgili Deney Sonuçları

Çalışmalarda 1997 ile 2001 yılları arasında 8 adet firmanın 10 adet normal akışkanlaştırıcısı, 7 adet süper akışkanlaştırıcısı beton üretiminde kullanılmıştır. Denemeler sonucunda hiç bir firmanın normal ve süper akışkanlaştırıcı katkısı % 3 olan maksimum hava sürüklenme miktarını geçmemiştir. EN standartına uygun olarak 2002-2005 yılları arasında 6 adet firmanın 18 adet orta akışkanlaştırıcısı, 19 adet süper akışkanlaştırıcısı beton üretiminde kullanılmıştır. Denemeler sonucunda hiç bir firmanın normal ve süper akışkanlaştırıcı katkısı kontrol karışımının hava miktarından % 2 den fazla hava sürüklemesi yapmamıştır.

3.2.4. Basınc Mukavemeti İle İlgili Deney Sonuçları

Çalışmalarda 1997 ile 2001 yılları arasında ASTM standartına uygun olarak 6 adet firmanın 8 adet normal akışkanlaştırıcısı, 8 adet firmanın 9 adet süper akışkanlaştırıcısı denenmiştir. Denemeler sonucunda bir firmanın normal

akışkanlaştırıcı katkısı ve diğer iki ayrı firmanın süper akışkanlaştırıcıları mukavemet yönünden istenen şartları sağlamamış, onu dışındaki diğer 7 normal akışkanlaştırıcı katkı ve 7 adet süper akışkanlaştırıcı istenen şartları sağlamıştır.

Çalışmalarda 2002 ile 2005 yılları arasında EN standartına uygun olarak 5 adet firmanın 18 adet orta akışkanlaştırıcısı, 5 adet firmanın 8 adet süper akışkanlaştırıcısı denenmiştir. Denemeler sonucunda normal akışkanlaştırıcı ve süper akışkanlaştırıcı amaçlı bütün katkıları mukavemet yönünden istenen şartları sağlamıştır.

Katkılı betonların basınç mukavemetlerinin kontrol karışımınıninkine oranı, yüzde olarak Tablo 4 ve 5 de verilmiştir.

Tablo 4. Üretilen Betonların Basınç Mukavemetleri ile İlgili Sonuçlar (ASTM C494)

Firmalar	Mukavemet Oranları (%)			
	1 günlük	3 günlük	7 günlük	28 günlük
1. Firma 1. Normal	-	102	106	92
2. Normal	-	122	117	109
2. Firma 1. Normal	-	123	124	124
2. Süper	-	139	134	128
3. Firma 1. Normal	-	121	125	121
2. Süper	-	164	156	120
4. Firma 1. Normal	-	106	112	112
5. Firma 1. Normal	-	126	128	106
2. Normal	-	116	112	126
3. Süper	139	113	115	102
4. Süper	-	145	147	128
6. Firma 1. Normal	-	110	120	117
2. Süper	-	-	67	61
7. Firma 1. Süper	-	158	158	139
8. Firma 1. Süper	103	111	105	106
9. Firma 1. Süper	157	153	151	134
10. Firma 1. Süper	157	153	151	134

Tablo 5. Üretilen Betonların Basınç Mukavemetleri ile İlgili Sonuçlar (TS EN 934 -2)

Firmalar	Mukavemet Oranları (%)			
	1 günlük	3 günlük	7 günlük	28 günlük
1. Firma 1. Normal	-	138	135	129
2. Normal	-	134	138	124
2. Firma 1. Normal	-	154	121	119
2. Süper	-	134	135	129
3. Süper	162	149	143	137
3. Firma 1. Normal	-	125	124	124

	2. Süper	-	141	131	123
4. Firma	1. Süper	183	147	148	138
5. Firma	1. Normal	132	124	122	117
	2. Normal	122	121	120	119
	3. Normal	116	142	138	128
	4. Normal	145	130	126	125
	5. Normal	132	138	139	130
	1. Süper	158	148	143	140
	2. Süper	141	139	140	139
	3. Süper	-	138	134	127
	4. Süper	-	139	133	135
	6. Firma	1. Normal	116	115	114
2. Normal		138	119	119	117
3. Normal		136	148	130	126
4. Normal		136	138	125	124
5. Normal		123	123	120	117
6. Normal		112	132	117	117
7. Normal		125	124	122	117
8. Normal		118	120	119	120
9. Normal		115	117	111	112
1. Süper		145	149	141	132
2. Süper		140	145	133	125
3. Süper		-	133	127	128
4. Süper		138	128	127	119
5. Süper		-	126	119	119
6. Süper		-	133	123	122
7. Süper		184	161	143	143
8. Süper		167	112	113	113
9. Süper	-	125	134	134	
10. Süper	176	139	140	140	
11. Süper	185	143	143	137	

4. SONUÇLAR

Yukarıda yapılan incelemelerin ışığı altında bu çalışmadan elde edilen belli başlı sonuçlar aşağıda sıralanmıştır.

1. Beton katkısı üreten firmaların çoğalması ülkemizde katkı kullanımının yaygınlaştığının bir göstergesidir.
2. En dikkat çekici husus; Literatürde rastlanmayan ancak Ülkemizde "orta akışkanlaştırıcı" olarak adlandırılan katkının yaygın şekilde kullanılıyor olmasıdır.

3. ASTM C494'e göre denenen 8 adet normal akışkanlaştırıcı katkıdan 2'si, 7 süper akışkanlaştırıcı katkıdan biri karma suyunda yeterli azaltmayı yapamamıştır. TS EN 934-2 ye göre bütün orta ve süper akışkanlaştırıcı katkıları karışım suyunda yeterli azaltmayı yapmıştır.
4. Katkılar priz süresi açısından olumsuzluk göstermemektedir.
5. ASTM standartı esaslarına göre üretilen betonlarda denenen katkıların hiçbirinde %3'ü aşan hava miktarı bulunmamıştır. EN standartına göre denenen katkıların hiçbirisi kontrol karışımına göre izin verilen maksimum % 2 hava miktarı farkını geçmemiştir.
6. ASTM standartına uygun olarak 6 adet firmanın 8 adet normal akışkanlaştırıcısı, 8 adet firmanın 9 adet süper akışkanlaştırıcısı denenmiş bunlardan bir adet normal ve iki adet süper akışkanlaştırıcı mukavemet yönünden istenen şartı yerine getirmemiştir. TS EN ye göre mukavemet açısından olumsuzluklar çıkmamıştır.
7. Genel olarak bakıldığında; gerek Türkiye'de üretilen, gerek ithal edilerek kullanılan katkıların çoğunluğunun bu katkılardan istenen nitelikleri genelde sağladığı ortaya çıkmıştır.

KAYNAKLAR :

1. Akman M.S., Kimyasal Katkıların Betona Uygulanması, 4. Ulusal Beton Kongresi, 30 Ekim-1 Kasım, İstanbul, s. 1-11(1996).
2. Pailerre A.M., and Ben Basat M., and Akman M.S., Guide for Admixture in Concrete.,(1992).
3. UYAN, M., ÖZKUL, H., "Beton Katkı Maddeleri ve Türkiye'de Durumu", Akdeniz Üniversitesi Isparta Müh. Fak., III. Mühendislik Haftası Bildirileri, (1985).
4. ACI COMMITTEE 212, "Chemical Admixtures for Concrete", ACI Materials Journal, May-June, p.297, (1987).
5. NEVILLE, A.M., BROOKS, J.J., "Concrete Technology", Longman Scientific and Technical, p.155, (1987).
6. UYAN, M., YILDIRIM, H., "Yüksek Dayanımlı Beton Üretiminde Süperakışkanlaştırıcı Beton Katkı Maddelerinin Etkinliği", TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası, 2. Ulusal Beton Kongresi, Yüksek Dayanımlı Beton, 27-30 Mayıs, (1991).
7. MALHOTRA, V.M., "Superplasticizers: Their Effect of Fresh and Hardened Concrete", ACI Concrete International, p.66., (May 1981).
8. MITSUI, K., KASAMI, H., "Properties of High-Strength Concrete with Silica Fume Using High-Range Water Reducer of Slump Retaining Type", ACI Sp. Publication SP-119, p.79.

-
9. RILEM COMMITTEE 11A, "Concrete Admixtures (Final Report)", RILEM, No.48,p.451 (1975).
 10. ACI COMMITTEE 212, "Chemical Admixtures for Concrete", ACI 212.3R-04, (2004).
 11. ASTM C 494-82 "Standard Specification for Chemical Admixtures for Concrete", (1982).
 12. TS EN 934-2 "Kimyasal Katkılar- Beton, Harç ve Şerbet İçin- Bölüm 2: Beton Katkıları- Tarifler ve Özellikler, Uygunluk, İşaretleme ve Etiketleme", (2002).
 13. Uyan M., Yıldırım H., Süvari Y., Akışkanlaştırıcı Katkıların Etkinliği, 4. Ulusal Beton Kongresi, 30 Ekim-1 Kasım, İstanbul, s. 13-23, (1996).
 14. Dodson V. H., (1990). Concrete Admixtures, Structural Engineering, USA.
 15. Ramachandran V.S., Concrete Admixtures Handbook, Noyes Publications, New Jersey, (1995).
 16. Altun, B., "Normal Akışkanlaştırıcı Katkıların Betonun Dürabilitesine etkisi",İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, (Haziran 2001).
 17. ACI COMMITTEE 212, " Guide for the Use of High-Range Water-Reducing Admixtures (Superplasticizers) in Concrete ", ACI 212,4R-04, (2004).
 18. Yıldırım, H., Akman, M., S., Pekmezci, B., Y., " Çimento Serbest Alkali İçeriğinin Yüksek Performanslı Beton Niteliklerine Etkisi " İNTAG 649: TÜBİTAK, (2003).
 19. Akman, M.S., "Yüksek Performanslı Betonların Taze Haldeki Özellikleri Üzerine Katkı Maddelerinin Etkisi", SİKA Teknik Bülten, Sayı 2000/1, ss.4-7, Sayı 2000/2, ss.4-7, (2000).
 20. TS 24, Çimentoların Fiziki ve Mekanik Deney Metotları, 1985.