

AKIŞKANLAŞTIRICI KATKILARIN ETKİNLİĞİ

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

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

Araş. Gör. Yıldırım SÜVARİ
İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi
İstanbul / Türkiye

ÖZET

Akışkanlaştırıcı katkıların Türkiye'de çok yaygın olarak kullanıldığı görülmektedir. Bu çalışmada kullanım alanlarının yaygınlığı nedeniyle normal ve süper akışkanlaştırıcıların etkinlikleri üzerinde durulmuştur. Çalışmada ilk olarak akışkanlaştırıcı maddelerin 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 deneyler yapılmış ve elde edilen sonuçlar incelenmiştir. Yapılan incelemeler sonunda Türkiye'de kullanılan akışkanlaştırıcı katkıların çoğunluğunun istenilen nitelikleri sağladığı görülmüştür.

1. GİRİŞ

Genel anlamda harç ve betonun taze veya sertleşmiş haldeki özelliklerini değiştiren maddeler olarak tanımlanan [1] katkı maddeleri, son yıllarda Türkiye'de yoğun bir şekilde kullanılmaktadır.

Çeşitli çalışmalarda katkı maddeleri kullanım amaçlarına göre gruplandırılmaktadır [2,3]. ACI Committee 212 raporunda [4] beton katkı maddelerini hava sürükleyen, priz hızlandırıcı, su azaltıcı ve priz süresini ayarlayan, akıcı beton katkıları ve diğer muhtelif

katkılar olmak üzere sınıflandırmıştır. Normal akışkanlaştırıcılara göre daha yüksek oranda su azaltıcı olan katkılar (high range water reducers) veya süper akışkanlaştırıcı katkılar, su azaltıcı katkılar ve akıcı beton için katkılar grubuna dahil edilmiştir.

Bu çalışmada genel bölümde akışkanlaştırıcılarla ilgili bilgiler verildikten sonra, 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 üretilen akışkanlaştırıcı katkı maddeleri ve akışkanlaştırıcı katkı maddelerinde aranan şartlar üzerinde durulmuştur.

2.1. NORMAL ve SÜPER AKIŞKANLAŞTIRICI KULLANIM AMAÇLARI

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

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

Yukarıda normal akışkanlaştırıcılar için belirtilen kullanım amaçları süperakışkanlaştırıcıların 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 işlenebilme özelliği, 30 dakika içinde çökme kaybıyla azalmakta ve zamanla devam etmektedir [6]. Bu özellikteki kayıp, oldukça küçük yüzdelerde katkı ilavesiyle, iki saatten sonraya uzatılabilmektedir.

Hazır betonda akışkanlaştırıcılar en çok yukarıda belirtien 2. maddedeki amaçla kullanılmaktadır. Bu durum işlenebilmeyi arttırmakta, daha kolay pompalanabilmeyi sağlamakta, betoniyerde karıştırmayı kolaylaştırmakta, betoniyer çeperine yapışmayı azaltmakta, betonun ayrışmasını önlemekte ve yerleştirmeyi kolaylaştırmaktadır.

2.2. AKIŞKANLAŞTIRICILARIN TÜRLERİ

Normal akışkanlaştırıcıların kimyasal esasları bakımından çeşitli türleri vardır. Ancak bu katkıların çoğunluğu Lignosülfonik asit ve bu asitin tuzları ve bunların değişime uğramış türleriyle üretilmektedir.

Süper akışkanlaştırıcılar kimyasal bileşimlerine göre esas olarak aşağıdaki şekilde sınıflandırılabilir [4,7,8]:

- a.* Melamin formaldehid sülfonatlar
- b.* Naftalin formaldehid sülfonatlar
- c.* Modifiye edilmiş lignosülfonatlar
- d.* Yukarıdakilere çökme kaybını önleyici maddeler (örneğin fonksiyonel sülfonik grup ve karboksil grup ile oluşturulmuş kopolimer) karıştırılarak üretilenler.

Normal akışkanlaştırıcıların ASTM/C 494 standardındaki kodları Tip A, süper akışkanlaştırıcıların ki ise Tip F ve Tip G 'dir [9].

2.3. AKIŞKANLAŞTIRICI KATKILARIN ETKİ MEKANİZMASI

Normal akışkanlaştırıcılar beton içine hava sürükleyerek ve çimento tanelerinin birbirlerine yapışmasını, topaklaşmasını önleyerek etki gösterirler [10]. Akışkanlaştırıcı madde çimento taneleri tarafından adsorbe edilmeleri sonucu tane yüzeyine çöker. 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 akışkanlaştırıcıların etkisinde normal akışkanlaştırıcılarınkine benzemektedir. Ancak bu katkılar suyun yüzey gerilimini normal akışkanlaştırıcılara göre daha az düşürdüklerinden aşırı miktarda hava sürüklemeler. Süper akışkanlaştırıcılar bu nedenle normal akışkanlaştırıcılara göre daha yüksek oranlarda kullanılabilirler.

2.4. TÜRKİYE'DE KULLANILAN NORMAL ve SÜPER AKIŞKANLAŞTIRICILAR

Ülkemizde bu tür katkıları üreten veya yurt dışından ithal ederek piyasaya süren firma sayısı gittikçe artmaktadır.

Son 10 yılda İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Yapı Malzemesi Laboratuvarı'nda bu tür katkıların ilgili standarda [9] uygunluğunun araştırılması için başvuran ve katkılarındaki bileşim değişikliklerindeki performansı kontrol etmek için ikinci ve üçüncü defa gelen firmaların toplam sayısı 8'dir. Bu firmalara ait denenmesi istenen, önceki yıllardan sonra tekrar kontrol ettirilen katkı sayısı 15 adettir. Denenen katkıların kimyasal esasları normal akışkanlaştırıcılar için Lignosülfonat esaslı, süper akışkanlaştırıcılar için Naftalin formaldehid sülfonat ve Melamin formaldehid esaslıdır. Normal akışkanlaştırıcılar çimento

ağırlığının %0.2 ile %0.5 arasında kullanılarak, süper akışkanlaştırıcılar ise çimento ağırlığının %0.7 ~ %2.0'si arasında kullanılarak denenmişlerdir.

2.5. BETON AKIŞKANLAŞTIRICI KATKI MADDELERİNDE ARANAN SARTLAR

İlgili satandardın normal akışkanlaştırıcı (Tip A) ve süper akışkanlaştırıcı (Tip F) olarak adlandırılan katkı maddelerinden aradığı şartlar aşağıdaki Tablo 1'de görülmektedir [9].

Tablo 1. Tip A ve Tip F Katkı Maddelerinden Aranılan Şartlar

Katkı Tipi	Tip A Normal Akışkanlaştırıcılar	Tip F Süper Akışkanlaştırıcılar
Katkılı Betonun Su Miktarı (Kontrol karışımı su ihtiyacının %'si olarak max.)	95	88
Katkılı Betonun Basınç Mukavemetinin Kontrol Karışımıninkine Oranı (%de olarak min.)		
1 günlük	—	140
3 günlük	110	125
7 günlük	110	115
28 günlük	110	110
Priz Süresinin Kontrol Karışıminkinden Farkı (saat olarak)		
Priz Başlangıcı (en çok)	1 saat erken	1 saat erken
Priz Sonu (en çok)	1.5 saat geç	1.5 saat geç
Katkılı Betonun Eğilmede Çekme Dayanımının Kontrol Karışımıninkine Oranı (% olarak en az)		
3 günlük	100	100
7 günlük	100	100
28 günlük	100	100

Standard yapıda kullanılan malzeme ile ve yapıda kullanılan karışımlar üzerinde 6.3 ± 1.2 cm çökme elde edilecek şekilde biri katkısız (kontrol serisi), diğeri katkı (deney

serisi) olmak üzere iki seri üzerinde karşılaştırmalı deneyler yapılmasını öngörmüş ve katkı miktarının üreticinin tavsiye ettiği miktarda olmasını istemiştir. Ayrıca betonlarda katkısız ve katkılı serilerin hava yüzdelerinin %3.0'ü aşmamaları, her iki serinin hava yüzdeleri arasındaki farkın da %0.5'i aşmaması şart konulmuştur.

Standard taze beton numuneleri üzerinde katkısız ve katkılı olmak üzere birim ağırlık, gerçek dozaj, su ve hava miktarları, çökme deneylerinin yapılmasını öngörmüştür. Bunların yanısıra sertleşmiş betonda ise katkısız ve katkılı beton karışımlarından üretilecek 15x30 cm boyutlu silindir numuneler üzerinde her seferinde 3'er numune ile 1, 3, 7 ve 28 günlük basınç mukavemetlerinin tayinini istemektedir.

3. ÜRETİLEN KARIŞIMLAR

Kontrol serisi ve deney serileri için üretilen karışımlarda, çimento ve agrega miktarları ile ilgili standardın öngördüğü gibi alınmıştır [9]. Katkısız ve katkılı betonlardaki su miktarları aynı kıvamı verecek şekilde ayarlanmıştır. Bütün karışımlarda kullanılan malzeme miktarları ve taze beton özellikleri aşağıdaki gibidir.

Tablo 2. Beton Karışımında Kullanılan Malzeme Mikarları ve Taze Beton Özellikleri

Malzeme	Kontrol Betonu	Normal Akışkanlaştırıcılı Betonlar (Tip A)	Süper Akışkanlaştırıcılı Betonlar (Tip F)
Çimento (kg/m ³)	307±3	307±3	307±3
Su (kg/m ³)	180-211	160-193	149-193
Kum (kg/m ³)	661-670	669-683	677-684
İri Agrega (kg/m ³)	1216-1228	1224-1248	1244-1256
Çökme (cm)	5.1-7.5	5.1-7.5	5.1-7.5
Birim Ağırlık (kg/m ³)	2366-2385	2368-2405	2384-2403
Hava (%)	0.77-1.7	0.70-2.4	1.21-2.6
Katkı (Çimento ağırlığına göre %)	—	0.2-0.5	0.68-2.0

4. DENEY SONUÇLARI

4.1. BETON KARMA SUYU ile İLGİLİ DENEY SONUÇLARI

Yapılan deneyler sonucunda, katkılı betonların su miktarı (kontrol karışımı su ihtiyacı yüzdesi olarak) aşağıdaki Tablo 3. 'de verilmiştir.

Tablo 3. Üretilen Betonların Karma Suyu ile İlgili Sonuçları

Firmalar	Normal Akışkanlaştırıcılar		Süper Akışkanlaştırıcılar	
	Çimento Ağırlığının Yüzdesi Olarak Katkı	Kontrol Karışımı Suyunun Yüzdesi Olarak Su	Çimento Ağırlığının Yüzdesi Olarak Katkı	Kontrol Karışımı Suyunun Yüzdesi Olarak Su
1.Firma	1. katkı	0.28	97	—
	2. katkı	0.4	89.5	—
2. Firma		0.2	91	0.68
3. Firma		0.2	92	1.5
4. Firma		0.2	96	—
5. Firma	1. katkı	0.4	92	1.2
	2. katkı	0.4	92	1.2
6. Firma		0.5	91	1.0
7. Firma		—	—	1.5
8. Firma		—	—	1.5

Yukarıdaki tablodan görüldüğü gibi 1. firmanın 1. katkısı ve 4. firma katkısıyla üretilen betonlar karma suyu ile ilgili şartları yerine getirmemesine rağmen, diğer normal akışkanlaştırıcı betonlar bu şartı yerine getirmiştir.

2., 3., ve 4. firmalara ait normal akışkanlaştırıcı katkı oranları eşit olmasına rağmen 4. firmanın karma suyu miktarı farklı çıkmıştır.

Süperakışkanlaştırıcıları kullanılan 2. ve 6. firmalarının üretiminde karma suyu ile ilgili sonuçlara bakıldığında, daha az katkı yüzdesi kullanılmakla daha etkin su azaltma olabildiği görülmektedir.

Karma suyu ile ilgili deney sonuçlarından görüldüğü üzere süper ve normal akışkanlaştırıcı katkıları genelde karma suyu ile ilgili şartları yerine getirmektedir.

4.2. BASINÇ MUKAVEMETİ ile İLGİLİ DENEY SONUÇLARI

Katkılı betonların basınç mukavemetlerinin kontrol karışımıninkine oranı, yüzde olarak Tablo 4.'de verilmiştir.

Tablo 4. Üretilen Betonların Basınç Mukavemetleri ile İlgili Sonuçlar

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

Yukarıdaki tablodan da görüldüğü gibi 1. firmanın 1. tür normal akışkanlaştırıcısı ile 4. firmanın normal akışkanlaştırıcısı istenilen mukavemet şartlarını Tablo 3. 'deki oranlarla kullanıldığında sağlamamıştır.

5. firmaya ait 3. sıradaki süper akışkanlaştırıcı ve 6. firmanın süper akışkanlaştırıcısı istenen şartları yerine getirmemektedir. Özellikle 6. firmanın süper akışkanlaştırıcısı mukavemetlerde artış değil %30-40 oranında düşüşe neden olmuştur.

Mukavemetlerle ilgili sonuçlara bakıldığında karma suyu sonucunda olduğu gibi bu katkıların çoğunluğu mukavemet yönünden de istenilen şartları sağlamıştır

4.3. PRİZ SÜRESİ İLE İLGİLİ DENEY SONUÇLARI

1. firmaya ait iki adet normal akışkanlaştırıcıdan 2. tür olanında, taze beton üzerinde ilgili standard'a [9] göre yapılan deneyde kontrol karışımına göre priz başlangıcını 12 dakika, priz sonunu ise 1 saat uzatmıştır.

Diğer katkıların priz sürelerine etkileri yalnızca çimento üzerinde TS24'e göre araştırılmıştır [11]. Her bir katkı türü için bir de katkısız kontrol üretimi yapılmıştır. Yapılan deneyler sonucunda denenen katkıların hiçbirisi priz süreleri yönünden olumsuz sonuç vermemiştir.

4.4. HAVA MİKTARI İLE İLGİLİ DENEY SONUÇLARI

Katkılı betonların ve kontrol betonlarının hava miktarları aşağıdaki tabloda verilmiştir. Burada belirtilen hava boşlukları hesapla bulunmuştur.

Tablo 5. Üretilen Betonların Hava Boşlukları

Firmalar	Kontrol Betonu (%)	Normal Akışkanlaştırıcı Beton (%)	Süper Akışkanlaştırıcı Beton (%)
1. Firma 1. katkı	1.7	2.4	—
2. katkı	1.7	2.3	—
2. Firma	0.8	1.4	1.2
3. Firma	1.0	1.6	2.6
4. Firma	0.8	0.7	—
5. Firma 1. katkı	1.0	1.2	2.5
2. katkı	1.0	1.4	2
6. Firma	1.0	2.7	—
7. Firma	0.7	—	2
8. Firma	1.1	—	1.7

Tablo 5.'den de görüldüğü gibi hiçbir katkı %3.0 üzerinde hava sürüklememiştir. Kontrol karışımı ile katkılı üretim arasındaki hava miktarı farkı açısından 3. firmanın normal ve süper, 5. firmanın süper, 6. firmanın normal, 7. firmanın süper ve 8. firmanın süper akışkanlaştırıcıları üretimleri yerine getirilmesi istenen şartı sağlamamıştır. Bu sonuçlar standardın istediği hava miktarı farkının % 0.5'den fazla olmaması şartının fazla sert olduğunu düşündürmektedir.

5. 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 göstergesi olduğu kabul edilebilir.
- 2- Denenen 8 adet Tip A katkısından 2'si, 7 Tip F katkısından 2'si karma suyuyla yeterli azaltmayı yapamamıştır.
- 3- Mukavemet yönünden 15 değişik katkı içinden 2 adet Tip A ve 3 adet Tip F katkısı olumsuz sonuç vermiştir.
- 4- Katkılar priz süresi açısından olumsuzluk göstermemektedir.
- 5- Denenen katkıların hiçbirinde %3'ü aşan hava miktarı bulunmamıştır. Yalnız 15 katkı türünden 2 adet Tip A ve 5 adet Tip F katkısı kontrol karışımına göre aralarında olmasına izin verilen % 5 hava miktarı farkını sağlamamıştır.
- 6- Çalışmamızdan gerek Türkiye'de üretilen, gerek ithal edilerek kullanılan katkıların çoğunluğunun bu katkılardan istenen nitelikleri genelde sağladığı ortaya çıkmıştır.

6. KAYNAKLAR

- [1] UYAN, M., ÖZKUL, H., "Beton Katkı Maddeleri ve Türkiye'de Durumu", Akdeniz Üniversitesi Isparta Müh. Fak. , III. Mühendislik Haftası Bildirileri, 1985.
- [2] RILEM COMMITTEE 11A, "Concrete Admixtures (Final Report)", RILEM, No. 48, p.451, 1975.
- [3] ACI COMMITTEE 212, "Admixtures for Concrete", ACI Manuel of Concrete Practice, Part 1, 1986.
- [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, May 1981, p.66.
- [8] MITSUI, K., KASAMI, H., "Properties of High-Strength Concrete withh Silica Fume Using High-Range Water Reducer of Slump Retaining Type", ACI Sp. Publication SP-119, p.79.
- [9] ASTM C 494-82 "Standard Specification for Chemical Admixtures for Concrete".
- [10] UYAN, M., "Isıl İşlem Uygulaması ile Birlikte Katkı Kullanımının Beton Özelliklerine Etkisi", Doçentlik Tezi, İnşaat Fak., Mart , 1982.
- [11] TS 24 , Çimentoların Fiziki ve Mekanik Deney Metotları, 1985.

