

PRİZ HIZLANDIRICI PÜSKÜRTME BETON KATKILARININ DAYANIMA ETKİSİ

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

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

İnş.müh.M.Kerem Kemerli
İNKA Kimya Sanayii
İzmir / Türkiye

ÖZET

Püskürtme beton, özellikle metro, tünel inşaatı gibi uygulamalarda oldukça önem kazanmaktadır.

Püskürtme beton üretiminde kullanılan priz hızlandırıcı katkıları genelde, sertleşmiş betonun mukavemetinin düşmesine sebep olmaktadır. Bu nedenle bu çalışmada sodyum alüminat esaslı priz hızlandırıcı bir katkının değişik çimentolarla birlikte kullanıldığında dayanıma etkileri araştırılmıştır. Bu tür katkının, çimentolarda puzolan oranı arttıkça ilk yaşlardaki mukavemeti daha hızlı arttırdığının belirlenmesi bu çalışmadan elde edilen en önemli bulgu olmuştur.

1.GİRİŞ

Püskürtme beton katkısı, onarım veya yapım amacı ile, önceden hazırlanmış olan kuru veya ıslak betonun, hava basıncı yardımıyla, yüksek hızla uygulama alanına püskürtülerek elde edilen betonlarda ani ve erken priz almasını sağlamaktadır.

İlgili yayınlarda [1.2.3.4], püskürtme betonun özelliklerini istenilen yönde değiştirmek amacıyla ve yerleştirme güçlüklerinin ortaya çıktığı durumlarda katkı kullanımı gerektiği

belirtilmiştir. TS11747 standardı püskürtme beton için kullanılabilecek katkıları; priz hızlandırıcı, hava sürükleyici, su azaltıcı ve geciktirici katkılar olarak gruplandırmıştır. Bu çalışmada püskürtme betonlarda en çok kullanılan priz hızlandırıcı katkıların değişik tür çimentolarla birlikte kullanıldığında betonun dayanımına olan etkisi incelenmiştir.

2. GENEL BİLGİLER

Bu bölümde püskürtme betonda kullanılan katkıların özellikleri, püskürtme betonun tanımı ve bileşimi, püskürtme betonda kalite kontrol ele alınmıştır.

2.1. Püskürtme Betonda Kullanılan Katkıların Özellikleri

Priz hızlandırıcılar genellikle ıslak ve kuru usulle üretilen püskürtme betonunda prizi ve mukavemet kazanımını hızlandırmak için kullanılırlar. Püskürtme beton hızlandırıcıları ya suda eriyebilir, inorganik alüminatlar, karbonatlar, silikatlar ve bunların kombinasyonundan veya organik kimyasal maddelerden oluşmaktadır. Bu dört farklı hızlandırıcı grubu çimento-su reaksiyonu üzerine farklı şekilde etkir. Karbonat ve alüminatların her ikisi de Portland çimentosuyla üretilen püskürtme betonun nihai mukavemetini düşürürler. Eriyebilir silikatlarda, çimento taneleri arasındaki ara yer suyunda çözünürler ve burada kalsiyum silikat hidrateler halinde çökerek yine süratli prize neden olurlar. Ancak eriyebilir silikatlarda yine ileri yaşlardaki mukavemeti düşürürler.

Organik hızlandırıcılar genellikle temel çimento-su reaksiyonlarını değiştirmediklerinden dolayı ileri yaşlardaki mukavemet kayıplarına neden olmazlar. Bunlar yalnızca reaksiyonların engellenmeden ilerlemesini sağlarlar.

Hammadeleri farklı kaynaklardan gelen çimentoların priz süreleri farklılık gösterir. Doğal olarak bu durum hızlandırıcı katkının etkinliğinde de kendini gösterecektir.[2]

Bazı çalışmalarda priz hızlandırıcı püskürtme beton katkı kullanımının 28 günlük basınç dayanımlarında, referans karışımlarına göre %20~25 azalışa neden olduğu görülmektedir[5]. Bu mukavemet azalışının, katkı miktarı daha da arttırılırsa % 50 mertebelerine ulaştığı geçmiş çalışmalarda belirtilmiştir [6,7,8].

2.2. Püskürtme Betonun Tanımı ve Bileşimi

Tanım : Püskürtme beton çimento, agrega ve suyun karıştırılarak basınçlı hava ile istenilen yüzeye püskürtülebilen beton olarak tanımlanabilir.

Kullanıldığı yerler : Kalıp yapmanın zor olduğu veya ekonomik olmadığı yerlerde, betonun yerleştirilmesi ve sıkıştırılmasının güç olduğu veya betonun ince bir tabaka olarak tatbik edilmesi gereken yerlerde kullanılması uygundur (Onarım işleri, kabuk veya katlanmış plak biçimindeki çatılar, tünel ve kanal gibi yapıların betonlanması).

Bileşim : Karışım hazırlanmasında kuru ve ıslak olmak üzere iki metod vardır. Püskürtme ucundan, kuru uygulamada, su ve hava ile püskürtülür, ıslakta ise basınçlı havadan yararlanılır.

Çimento : Standartlara uygun Portland çimentosu kullanılabilir. Kullanılan en büyük tane çapına göre dozaj $300 \sim 500 \text{ kg/m}^3$ arasında olur [1]. Maksimum agrega boyutu 8 mm. olduğunda ve püskürtmenin yukarıya doğru olması durumunda dozaj 400 kg/m^3 üzerine çıkarılabilir.

Agrega : Sürekli granülometrilili, doğal yuvarlak taneli agrega tercih edilmelidir. Granülometri DIN 1045 veya TS 706'da [9,10] normal beton için verilen eğriler arasında olmalıdır. Tabaka kalınlığının 1,5~5cm kalınlığında olması durumunda maksimum dane boyutu 16 mm. seçilebilir. Ayrıca maksimum dane boyutunun hortum çapının 1/3'ünden küçük olmasına dikkat edilmelidir.

Su/çimento oranı : Kuru ve ıslak metotta bu oran sırası ile 0.35 ile 0.55 arasında alınması gerekmektedir [1].

Katkı : Püskürtme betonun kısa bir süre içinde katılaşmasını sağlamak için kullanılacak katkı dozu o şekilde ayarlanmalıdır ki çimento ile "uyuşma deneyinde" ölçülecek priz süreleri priz başlangıcı için 3 dakika, priz sonu için 12 dakika aşılmasın [5].

Konuyla ilgili, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Yapı Malzemesi Laboratuvarında yapılmış örnek bir deney Şekil 1'de görülmektedir [11].

2.3. Püskürtme Betonda Kalite Kontrol

Püskürtme beton kalite kontrolünde, paneller üzerine beton püskürtülerek oluşturulacak beton plakalardan numuneler alınmalıdır. Beton kalitesini tayin etmek için gerekli görülen yaşlarda basınç mukavemeti deneyinde kullanılmak üzere her 40m³ püskürtme beton için, deney panelleri püskürtme yüzeyi üzerine tesbit edilerek uygulama şartları ile aynı şartlarda beton ile doldurulur. Oluşturulan panel, deney yaşına kadar esas betonla aynı şartlarda muhafaza edilir. Deney anından iki gün önce panel 23±2°C sıcaklıktaki kirece doymun su içerisine konulur. Daha sonra panelden her yaş için üç numune alınır ve deneye tabi tutulur. 28 günlük basınç mukavemeti, deney sonunda bulunan üç numune basınç mukavemeti aritmetik ortalaması proje mukavemetinin en az %85'i olmalı ve her bir numune basınç mukavemeti de proje mukavemetinin % 75'inden daha düşük olmamalıdır [1].

Bu çalışmada laboratuvarda karşılaştırmalı deneyler yapıldığı için numuneler küp şeklinde üretilerek denenmişlerdir.

3.DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Deneyisel çalışmalar İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Yapı Malzemesi Laboratuvarında yapılmıştır.

3.1. Üretilen Betonların Özellikleri ve Parametreler

Çalışmada şahit (kontrol) ve katkılı betonlar üretilmiştir. Aslan çimento üretimi değişik tip çimentolar (PÇ42,5, KÇ 32,5 ve TÇ 32,5) kullanılarak beton dozajı 425 kg/m³ olarak seçilmiştir. Püskürtme betonun kısa bir süre içinde katılaşmasını sağlamak için kullanılacak katkı dozları %2, %3 ve %4 oranında incelenmiştir. Bu oranlardaki katkılar ile çimentoların uyuşum deneyleri sonucunda, priz başlangıcı ve sonu için gerekli üç ve oniki dakika şartları, denenen bütün oranlardaki katkılar için sağlanmış, böylece Şekil 1'in dışında bir davranış ortaya çıkmıştır. Bu bakımdan %1 oranında katkının püskürtme esnasında beton içerisine homojen bir şekilde karışması zorluğundan ve %4 oranında katkı kullanımı, %3 oranında

katkı kullanımına göre ekonomik olmadığından, beton üretimlerinde %3 oranında katkı kullanımına karar verilmiştir.

Kum, kırmataş kumu, kırmataş 1 ve 2 agregaları kullanılarak elde edilen karışım gronölometrisi TS 706, A16-B16 eğrileri arasında ve B16 eğrisine yakın olacak şekilde seçilmiştir. Tüm karışımlarda su/çimento oranı 0,48 olacak şekilde hazırlanmıştır. Çalışmada 3 tür çimento ile kontrol (katkısız) ve katkılı olmak üzere toplam 6 karışım yapılmıştır. Betonların karıştırma süresi 30sn. tutulmuş ve kalıpların içerisine yerleştirilmeleri toplam 4 dakikada gerçekleştirilmiştir.

3.2. Kullanılan Katkının Türü

Çalışmada sodyum alüminat esaslı bir priz hızlandırıcı püskürtme beton katkısı kullanılmıştır.

4. DENEY SONUÇLARI

Üretilen katkısız (kontrol) ve katkılı betonların 1 m³'üne giren gerçek malzeme miktarları ve taze beton özellikleri Tablo 1' de, çimento - katkı uyuşumu için priz deneyi sonuçları Tablo 2'de verilmiştir. Her karışım için 15x15x15 cm boyutunda küp numuneler üretilerek 1,3,7 ve 28. günlerde basınç deneyleri yapılmıştır. Basınç dayanımı ile ilgili sonuçlar Tablo 3'de verilmiştir.

5. DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Tablo 2'den çimento-katkı uyuşumu için priz deneyi sonuçlarından görüleceği üzere kullanılan püskürtme beton katkısı denenen her oran için uygun sonuç vermektedir. % 3'den düşük ve yüksek oranlarda da katkı kullanmak olasıdır. %1 ve %2 gibi oranlarda katkı kullanmanın homojen karışım olmadığı durumlarda malzeme kaybı ve dökülmelere yol açacağı düşünülürse yüksek oranlarda katkı kullanmanın gerektiği ortaya çıkmaktadır.

Yüksek oranlarda katkı kullanmak ise ekonomik açıdan uygun olmayabilir. Bu bakımdan %3 oranında katkı kullanmak optimum bir çözüm olmaktadır.

Tablo 3'ten ve Şekil 2'den görüldüğü üzere PÇ42,5 ile püskürtme beton katkısı (priz hızlandırıcı) kullanıldığında bütün yaşlarda katkılı betonların mukavemetleri katkısızlara göre bir miktar düşük olmaktadır. Örneğin, 28 günlük katkılı beton dayanım sonuçları katkısızın %85'ine ulaşmaktadır. Buna göre, PÇ 42,5 türü çimentolarda %3 oranında priz hızlandırıcı püskürtme beton katkısı kullanabileceği ortaya çıkmaktadır.

Tablo 3'ten ve Şekil 3'ten görüldüğü gibi KÇ 32,5 türü çimentolarda katkı kullanıldığında mukavemetler 1.günde aynı, 3. günden itibaren 28. güne kadar giderek düşmektedir. Yani bu tür çimentolarda beton yaşı arttıkça mukavemetler arası fark açılmaktadır.

TÇ 32,5 türü çimentolarda Tablo 3'ten ve Şekil 4'ten anlaşılabacağı üzere, püskürtme beton katkısı 1. günde yüksek, 7. günden itibaren düşük mukavemete sebep olmaktadır.

Yukarıdaki sonuçlardan, kullanılan katkının çimentolarda puzolan oranı arttıkça ilk yaşlardaki mukavemeti daha hızlı arttırdığı anlaşılmaktadır. Yani ilginç bir bulgu olarak, çimentolarda tras yüzdesi arttıkça katkının etkinliği artmaktadır. Elde edilen sonuçlara göre %3 oranında priz hızlandırıcı püskürtme beton katkısı kullanmak PÇ ve TÇ ile üretilen betonların 28 gündeki basınç dayanımlarını %15, KÇ ile üretilenlerde %20 oranında düşürmektedir. Ancak bu düşüşler standardın öngördüğü sınırlar içinde kalmaktadır[1].

Tablo 4'te tüm betonların katkısız PÇ 42,5 çimentolarla üretilmiş betonların basınç dayanımlarına oranla değişimleri görülmektedir. İlk yaşlarda KÇ ve TÇ tipi çimentolu betonların mukavemetleri PÇ tipi çimento kullanılarak üretilenlerden oldukça düşük olurken, ileri yaşlarda KÇ 32,5 ve TÇ 32,5 çimentolu üretimlerin dayanımlarının PÇ 42,5 çimentolu betonların dayanımına da yaklaşmıştır.

SONUÇLAR

Yukarıdaki yapılan incelemelerin ışığı altında ve çalışmada kullanılan firmanın priz hızlandırıcı püskürtme beton katkısı kullanılmak suretiyle elde edilen belli başlı sonuçlar aşağıda sıralanmıştır.

- 1- %3 oranında priz hızlandırıcı katkı kullanımı değişik çimentoların (PÇ42,5; KÇ32,5; TÇ 32,5) priz başlama ve sona erme sürelerinden istenilen şartları sağlamaktadır.
- 2- %3 oranında priz hızlandırıcı püskürtme beton katkısı kullanmak PÇ ve TÇ ile üretilen betonların 28 gündeki basınç dayanımlarını %15, KÇ ile üretilenlerde %20 oranında mukavemeti düşürmektedir.
- 3- Sodyum alüminat esaslı katkı, çimentolarda puzolan oranı arttıkça ilk yaşlardaki mukavemetin daha hızlı artmasına neden olmaktadır.

Tablo 1. 1 m³ beton bileşimi için gerçek malzeme miktarları ve taze beton özellikleri

Beton Türü	Kum (kg)	KT Tozu (kg)	KT1 (kg)	Çimento (kg)	Su (kg)	su/çimento (%)	Katkı Oranı (%)	Hava (hesap)	Ve-Be (sn)	Çökme (cm)	Kompasite (m ³ /m ³)	Birim Ağırlık (kg/m ³)
Kontrol(PÇ)	462	318	973	421	202	48	0	11 lt	4	3,5	0,787	2376
Katkılı (PÇ)	446	309	941	439	211	48	3	5 lt	-	-	-	2359
Kontrol(KÇ)	461	318	972	423	204	48	0	5 lt	3	3,8	0,791	2378
Katkılı (KÇ)	443	306	934	439	211	48	3	6 lt	-	-	-	2346
Kontrol(TÇ)	457	315	964	424	204	48	0	3 lt	2	4,5	0,791	2364
Katkılı (TÇ)	439	306	934	439	211	48	3	6 lt	-	-	-	2342

Tablo 2. Çimento-Katkı Uyuşumu için Priz Deneyleri

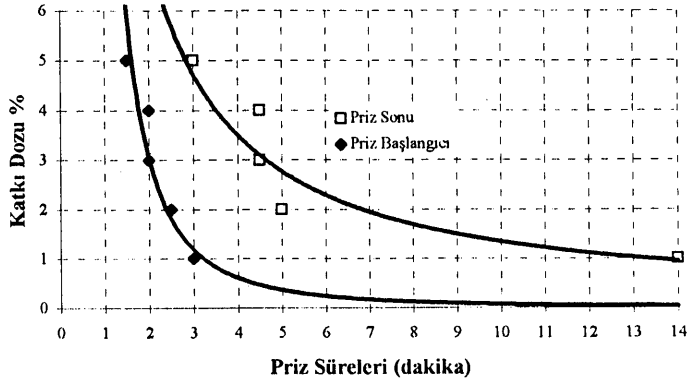
Çimento cinsi	Katkı yüzdesi	%2	%3	%4
TÇ 32,5	Priz baş.	61 sn	55 sn.	35 sn.
	Priz son	190 sn.	92 sn.	64 sn.
KÇ 32,5	Priz baş.	55 sn.	60 sn.	-
	Priz son	130 sn.	130 sn.	-
PÇ 42,5	Priz baş.	47 sn.	50 sn.	-
	Priz son	185 sn.	155 sn.	-

Tablo 3 . Sertleşmiş Beton Deney Sonuçları

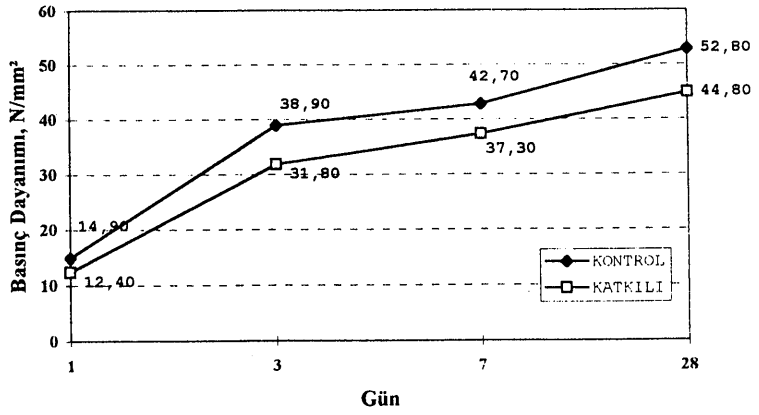
Beton Türü	Basınç Mukavemetleri (Ort.) (N/mm ²)			
	1 gün	3 gün	7 gün	28 gün
Kontrol(PÇ)	14,90	38,90	42,70	52,80
Katkılı (PÇ)	12,40	31,80	37,30	44,80
katkılı/kontrol oranı (%)	83	82	87	85
Kontrol(KÇ)	10,50	31,60	37,60	49,70
Katkılı (KÇ)	10,80	29,70	34,20	40,00
katkılı/kontrol oranı (%)	103	94	91	80
Kontrol(TÇ)	6,80	23,40	34,90	50,50
Katkılı (TÇ)	9,70	27,80	33,90	43,40
katkılı/kontrol oranı (%)	143	119	97	86

Tablo 4 . Katkısız PÇ42,5 ile üretilen betonların 28 günlük dayanımlarına göre diğer betonların değişimi (%)

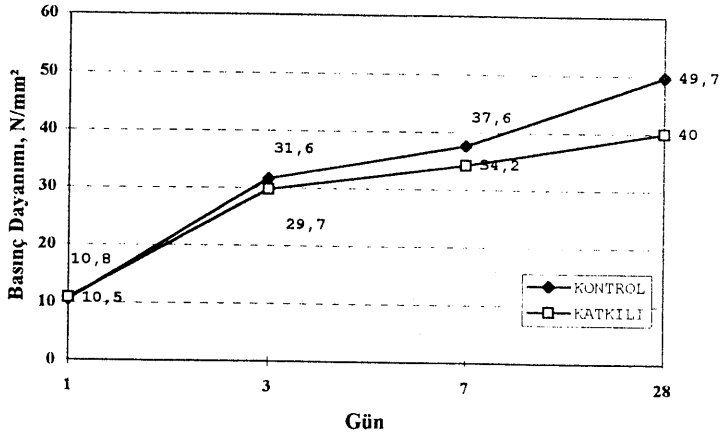
Gün	Katkısız PÇ 42,5	Katkılı PÇ 42,5	Katkısız KÇ 32,5	Katkılı KÇ 32,5	Katkısız TÇ 32,5	Katkılı TÇ 32,5
1	28,2	23,5	19,9	20,5	12,9	18,4
3	73,7	60,2	59,8	56,3	44,3	52,7
7	80,9	70,6	71,2	64,8	66,1	64,2
28	100	84,8	94,1	75,8	95,6	82,2



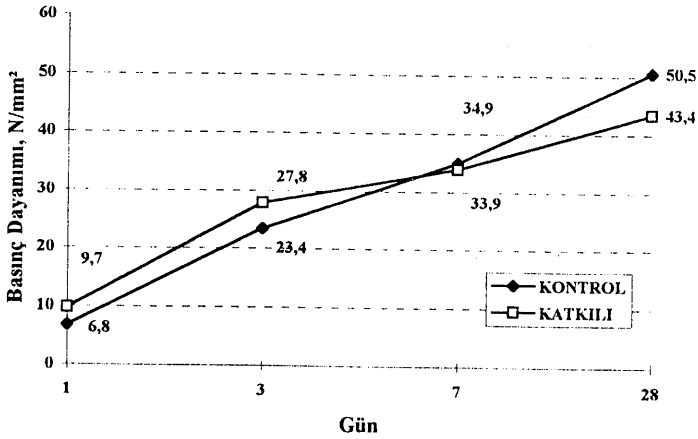
Şekil 1. Çimento Uyuşum Deneyleri



Şekil 2. Basınç Dayanımı - Gün İlişkisi (PÇ42,5)



Şekil 3. Basınç Dayanımı - Gün İlişkisi (KÇ32,5)



Şekil 4. Basınç Dayanımı - Gün İlişkisi (TÇ32,5)

KAYNAKLAR

1. Türk standartları, Püskürtme beton (Shotcrete) Yapım, Uygulama ve Bakım Kuralları (TS 11747), Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, Nisan 1995
2. ACI Committee 116, "*Cement and Concrete Terminology*", ACI 116R-90, SP-19 (90), American Concrete Institute, Detroit, 1990, p.54
3. Gunit and Shotcrete Brochure 6-84, Gunit Contractors Association, Sylmar, California
4. ACI Committee 506, "*State-of-the-Art Report on Fiber Reinforced Shotcrete* " (ACI 506.IR-84), ACI Manual of Concrete Practice, part 5, American Concrete Institute, Detroit, 1984 (Revised 1989)
5. Rilem Report 10, "*Application of Admixtures in Concrete*", State-of-the-Art Report, TC 84 AAC, 1995
6. Morgan, D.R., "*Recent developments in shotcrete technology- a materials engineering perspective*", The World of Concrete 88, Las Vegas, USA, p.54, 1981
7. Sereda, P.J., Feldman, R.F. and Ramachandran, V.S., "*Influence of admixtures on the structure and strength development*", Proceedings seventh International Congress on the Chemistry of Cement, Paris, Part VI, pp.32-44, 1980
8. McCurich, L.H., Lammiman, S.A. and Hardman, M P., "*Special purpose admixtures*", Concrete International (CI 80), Proceedings International Congress on Admixtures, London, Construction Press, pp.73-87.
9. Alman standartları, Beton und Stahlbetonbau, Bemessung und Ausführung, (DIN 1045), 1960
10. Türk standartları, Beton Agregaları (TS 706), Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1985
11. Uyan, M., Kocataşkın, F., Teknik Rapor, İTÜ İnşaat Fakültesi, 1984