

# LABORATUVAR VE GERÇEK ÜRETİM ŞARTLARINDA HİPER AKIŞKANLAŞTIRICI SEÇİMİ

**Mehmet MUTLU**  
Kalite Müdürü  
İnş.Yük.Müh.  
Nuh Beton A.Ş.  
İstanbul, Türkiye

**Emrah KARATAŞ**  
Avrupa Böl.  
Kalite Müh.  
İnş.Yük.Müh.  
Nuh Beton A.Ş.  
İstanbul, Türkiye

**Erbil ÖZTEKİN**  
Teknik Danışman  
Prof. Dr.  
Nuh Beton A.Ş.  
İstanbul, Türkiye

**Orhan KEKLİK**  
Kalite-Kontrol Şefi  
İnş.Müh.  
Hema Endüstri A.Ş.  
İstanbul, Türkiye

## ÖZET

Bu çalışmada; İstanbul – Maslak'ta başlayan, bittiğinde Türkiye'nin en yüksek yapısı olacak projede kullanılan C 45/55 ve C 50/60 sınıfı betonlarda, yaz aylarında kullanılacak Hiper Akışkanlaştırıcı(HA) katkının seçilmesinde izlenen yöntem anlatılmıştır. Betonların 380 - 420 kg/m<sup>3</sup> dozajlı, üretimi S5, teslimi S4 kıvamında ve pompa ile uzun mesafelere basılacak olması nedeniyle, kimyasal katkının kıvam koruması önem arz etmektedir.

Laboratuvar ortamında, tek tip çimento (CEM I 42,5 R) ve farklı üreticilere ait hiper akışkanlaştırıcı katkıları denenmiştir. Denemelerde aynı katkı yüzdesi, farklı Eşdeğer Su/Bağlayıcı oranlarında, ancak eşdeğer kıvam (çökme deneyi yerine çökme yayılması -*Slump-flow*- deneyi ile 70 ± 5 cm) hedeflenerek, numuneler üretilmiştir. Kimyasal katkıların kıvam koruma ve 1-7-28 günlük basınç dayanımları üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir.

Laboratuvar değerlendirmesinde sonuçların oldukça yakın seyretmesi nedeniyle, söz konusu kimyasal katkıların performansları sahada, gerçek

üretim şartlarında da izlenmiştir. Hazır beton santralinde, beton imalatında sırayla her kimyasal katkıdan 5'er ton seri üretimde kullanılmış ve normalin iki katı numune alınarak, denemeler tamamlanmıştır.

Sonuç olarak, kıvam koruması, kıvam istikrarı, 1-7-28 günlük basınç dayanımları ve fiyat/kalite performansı dikkate alınarak en uygun katkı tercih edilmiştir. C 45/55 ve C 50/60 gibi yüksek beton sınıflarında, laboratuvar koşullarında yapılan değerlendirmelerin, sahada yapılacak değerlendirmeler ile desteklenmesinin yararlı olacağı düşünülmektedir.

## GİRİŞ

Nüfus artışı, kentleşmeye paralel olarak beton teknolojisinin gelişimiyle beraber, konut-ofis gibi ihtiyaçların karşılanmasında çok katlı yüksek yapılar etkili bir çözüm olarak karşımıza çıkmaktadır. Yapılarda kat sayısının artmasının yanı sıra, dayanımı yüksek beton sınıfları tercih edilerek kolon, perde gibi düşey taşıyıcı elemanların boyutları da küçültülebilmekte ve böylelikle kullanım alanları da arttırılabilmektedir.

Dayanımı yüksek beton üretebilmek için, üretimde kullanılacak hammaddelerin de projede istenen beton sınıfını elde etmeye olanak sağlayacak nitelikte olması gerekmektedir. Yani agrega, çimento ve kimyasal katkıların kalitesinin ve kalite istikrarının önemi artmaktadır.

Proje ve betonlarına ilişkin daha ayrıntılı bilgi 6. Ulusal Beton Kongresi'nde verilmişti [1]. Söz konusu projeye hizmet veren hazır beton santralinde Cebeci yöresinden kireç taşı kökenli kalker Mıcırı tercih edilmiştir [2]. Bu mıcırın tercih edilmesiyle çimento dozajı  $400 \text{ kg/m}^3$  mertebelerine indirilebilmiş, yüksek dozajdan ötürü açığa çıkacak aşırı hidrasyon ısı düşürülmüş, rötre çatlakları potansiyeli azaltılmış, ayrıca ekonomi de sağlanmıştır.

HA seçiminde basınç dayanımının ve kıvam korumanın dışında kıvam istikrarı da önem arz etmektedir. Bu tür katkılar çimento ve mineral katkı dışında ince agregaya da duyarlı davranmakta, performansları ince agreganın kimyasal yapısındaki veya çok ince malzeme içeriğindeki değişikliklerden kayda değer ölçüde etkilenebilmektedir.

## AMAÇ

Yaz aylarında hava sıcaklığının artmasıyla birlikte taze betondaki kıvam kayıpları da artmaktadır. Karışım suyu miktarının az, çimento dozajının geleneksel betonlara göre fazla olması, kıvam kaybı artışını olumsuz yönde

etkilemektedir. Kıvam kayıplarını azaltmak ve kıvam koruma özelliğini iyileştirmek için, performansı buna en uygun kimyasal katkının tespit edilmesi amaçlanmıştır. Bu doğrultuda, laboratuarda oldukça yakın seyreden sonuçları sahada incelemek gereği de doğmuştur.

### DENEYSEL ÇALIŞMA

#### Malzemeler

Bütün karışımlarda CEM I 42,5 R tipi çimento, Kemerburgaz yöresi Doğal Kum, hazır beton firmasının Merkez laboratuvarında ve santralde yapılan denemelerde Cebeci yöresine ait No. 1 - 2 Mıdır agrega ve Ayazağa yöresine ait yıkanmış Kırmı Kum kullanılmıdır. Kullanılan agregalara ilişkin özellikler Tablo 1'de, çimento özellikleri Tablo 2'de ve karışım miktarları Tablo 3'de verilmektedir.

Beton üretiminde kullanılan çimento CEM I 42,5 R tipindedir. Çimentonun 28 günlük mukavemeti ortalama 57 MPa mertebesinde olup, standart sapması 1,7 MPa dır. Kimyasal bileşim incelendiğinde  $C_3A$  miktarının oldukça düşük (%5'in altında) olduğu görülmektedir. Çimentonun bu özelliği, sülfat atağına karşı bir garanti sağlarken, betonun ileri yaşlarında da mukavemet kazanmasına olanak vermektedir (Tablo 2).

Karışım miktarlarına bakıldığında, yüksek çimento dozajı da dikkate alınarak, ince madde yönünden oldukça zengin olduğu görülmektedir. Bu durum pompalanabilirliği ve işlenebilirliği kolaylaştırırken, su ihtiyacını arttırmaktadır. Bu nedenle karışım suyunu azaltmak ve dolayısı ile Eşdeğer Su/Bağlayıcı oranını düşürmek için, çimento dozajının %1,3'ü oranında polikarboksilat esaslı Hiper Akışkanlaştırıcı (HA) katkı kullanılmıdır.

#### DeneySEL Çalışma

Öncelikle hazır beton firmasının Merkez laboratuvarında, dozaj ve çökme yayılmaları sabit tutularak 4 katkı ile deneme karışımları yapılmıdır. Taze haldeki işlenebilirliğin tayininde çökme yayılması değeri dikkate alınmış ve  $70 \pm 5$  cm hedeflenmiştir. 30 dakikalık ve 60 dakikalık yayılma kayıpları ölçülmüştür. 1, 7 ve 28 günlük basınç dayanımlarını belirlemek üzere 15x30 cm ebatlı silindir numuneler alınmıştır. Kıvam koruma, 1, 7 ve 28 günlük basınç dayanımları değerlendirilmiştir. Farklı üreticilere ait kimyasal katkı performansları değerlendirildiğinde, üretilen numunelerin basınç dayanımlarının birbirlerine oldukça yakın seyrettiği ve anlamlı farklar olmadığı gözlenmiştir. Bu noktada, laboratuarda denenen katkıların, hazır

beton santralinde endüstriyel ölçekte denenerek nihai kararın verilmesi planlanmıştır.

Katkıların gerçek üretim şartlarında birbirleri ile kıyaslanacak olması nedeniyle, hava sıcaklıklarının çok fazla değişkenlik göstermediği bir dönem seçilmiş ve hazır beton tesisinde, her katkıdan 5'er ton kullanılmıştır. Çökme yayımları ölçülmek sureti ile kıvamlar ve kıvam kayıpları tespit edilmiş ve normal şartlarda alınması gerekenden daha fazla sayıda numune alınarak 7 ve 28 günlük dayanımlar ölçülmüştür.

Tablo 1. Deneyleerde kullanılan agregalara ait özellikler

Özellikler	Doğal Kum (0 - 1)	Kırma Kum (0 - 5)	I No. Mıdır (5 - 12)	II No. Mıdır (12 - 22mm)
Özgül ağırlık, gr/cm <sup>3</sup>	2,64	2,64	2,70	2,71
Su emme, %	1,2	1,6	0,5	0,6
İnce madde miktarı, %	1,0	5,3	1,2	0,5

Tablo 2. Deneyleerde kullanılan çimentooya ait özellikler

	Blaine (cm <sup>2</sup> /g)	Özgül Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	Basınç Dayanımı (N/mm <sup>2</sup> ) 2 Günlük 28Günlük		2/28 Oranı	Priz başı-sonu (dakika)	
Minimum	2.832	3,19	24,2	54,5	0,42	140	178
ORTALAMALAR	3.173	3,22	25,8	57,0	0,45	166	209
Maksimum	3.543	3,25	28,1	60,8	0,48	202	298
Numune Sayısı	52	52	52	52	52	52	52
Standart Sapma	167	0,01	0,9	1,7	0,01	15	28
TS EN 197-1			>=20,0	>42,5 <62,5		>=60	

Tablo 3. 1 m<sup>3</sup> karışıma giren miktarlar

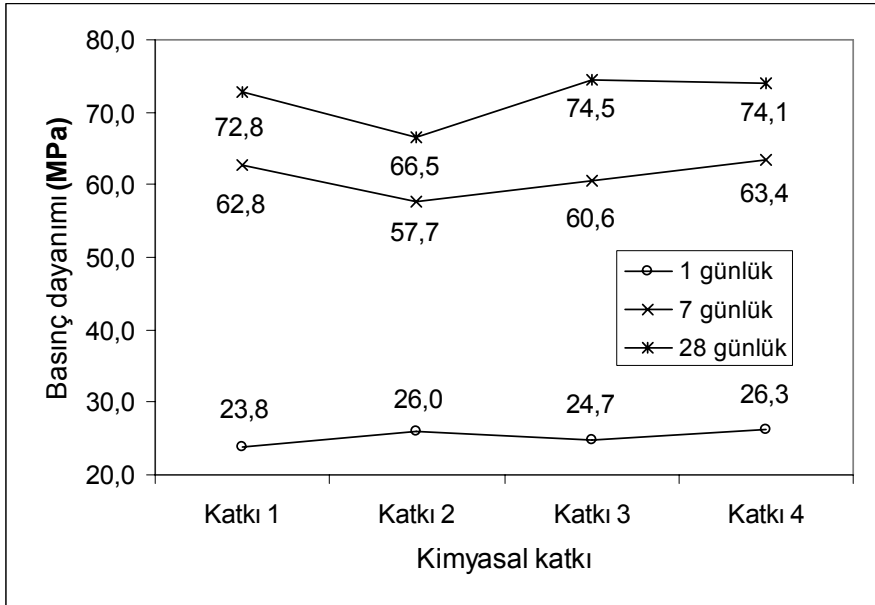
Bileşenler	Çimento	Su	Su/Bağlayıcı (Eşd.)	Doğal Kum	Kırma Kum	I No. Mıdır	II No. Mıdır	Kimyasal katkı
(kg/m <sup>3</sup> )	410	148	0,37	496	358	511	513	5,33

### Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Merkez Laboratuarda yapılan deneyleerde elde edilen basınç dayanımı değerleri Şekil 1'de verilmektedir. Bu grafikte, kullanılan dört katkıının basınç dayanımına etkisi gösterilmektedir. 1 günlük basınç dayanımları değerlendirildiğinde, Katkı 1'in en düşük değeri aldığı, Katkı 2 ve Katkı

4'lü beton dayanımlarının diğer iki katkıya göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Ancak her dört katkı ile de yeterli erken dayanım elde edilebilmektedir.

28 günlük basınç dayanımları değerlendirildiğinde; Katkı 2 dışındaki katkıların, basınç dayanımı değerlerinin birbirine oldukça yakın seyrettiği görülmektedir. Ancak Katkı 2 ile bile 28 günlük basınç dayanımının rahatlıkla sağlandığı görülmektedir. Performansın fayda/maliyet'in bir fonksiyonu olduğu unutulmamış, Katkı 2' nin fayda hesabı yapılabilecek maliyette olduğu görülmüş ve saha incelemesine o da alınmıştır [3].



Şekil 1. Laboratuvar şartlarında 1, 7 ve 28 günlük basınç dayanımları

Alıcının izni alınmak suretiyle her katkıdan 5'er tonunun gerçek üretim şartlarında denenerek performans kıyaslamasının yapılması kararlaştırılmıştır.

Bu kararın ardından katkılar sırası ile temin edilmiş, alıcının gün içerisindeki beton taleplerinde sürekli aynı formül kullanılmış, değişken sadece kimyasal katkı olmuştur. Bu zaman dilimi içerisinde, beton basınç dayanımlarının takip edilmesi için, normalde alınması gerekenden fazla sayıda 15x30 cm ebatlı silindir numuneler alınmıştır. Ayrıca santral çıkışı ve teslim esnasındaki kıvamlar da kaydedilmiştir.

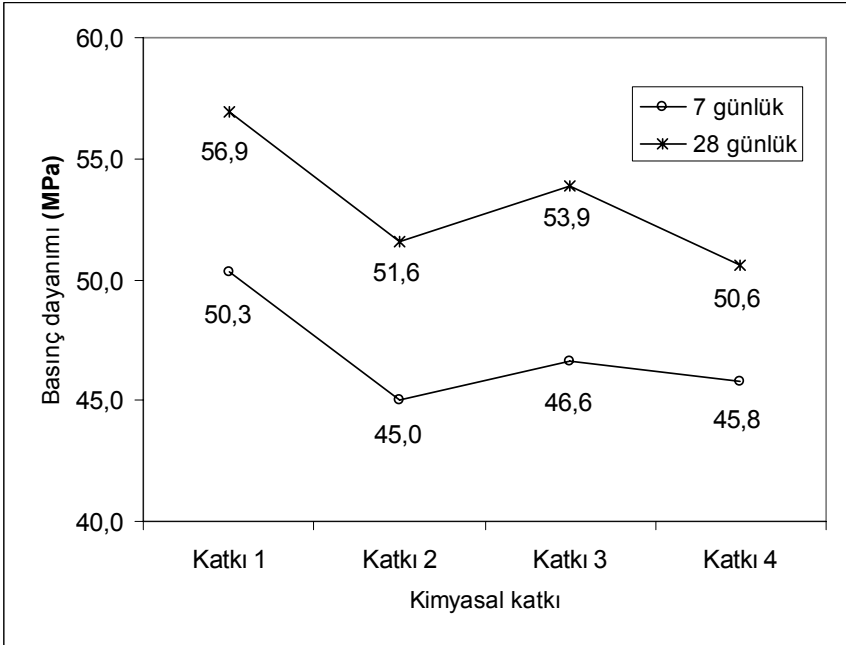
Şekil 2'de gerçek üretim koşullarında alınan numunelerin basınç dayanımları ortalamasının değişimi görülmektedir. En yüksek dayanımı Katkı

1 vermiş, ikinci sırayı Katkı 3 almıştır. Laboratuarda en düşük performansı gösteren Katkı 2 sahada da düşük performans sergilemiş, Katkı 4 ise laboratuarda gösterdiği performanstan uzak kalmıştır.

Kıvam kayıpları değerlendirmesine gelince;

Katkı 1, Tesis ile şantiye arasında 2 cm kıvam kaybederek , en iyi performansı göstermiş, Katkı 3 4 cm kıvam kaybıyla ikinci gelmiş, Katkı 4 ve Katkı 2 5 ve 6 cm kıvam kaybıyla daha geride kalmıştır.

Şantiye yetkilileri, Katkı 3 ile üretilen betonda transmikserler arasında kıvam, hareket kabiliyeti, işlenebilirlik açısından daha büyük bir istikrar gözlemiş, Katkı 4'lü betonlar arasında aynı istikrarı göremediklerini ifade etmişlerdir.



Şekil 2. Gerçek üretim şartlarında 7 ve 28 günlük basınç dayanımları

## SONUÇ

Farklı kimyasal katkı üreticilerine ait HA'ların değerlendirildiği bu çalışmada aşağıdaki sonuçlara varılmıştır.

1. Piyasa şartlarında satışa sunulan HA'ların beton karışımına % 1,3 oranında katıldığında gerek laboratuvar, gerekse saha şartlarında yapılan üretimlerde C 45/55 – C 50/60 betonların rahatlıkla elde edilebildiği görülmüştür.

2. Laboratuvar denemelerinde yakın sonuçlar veren katkıların, gerçek üretim şartlarında daha farklı davranabildiği görülmüştür. Bu nedenle, alıcının talep ettiği beton sınıfının sağlandığından emin olunduktan sonra, bu katkı ile gerçek üretim şartlarında da deneme yapılması, katkı seçiminde uygun bir yöntem görünmektedir.
3. Performans değerlendirmelerinde, basınç dayanımı veya diğer teknik özellikler ile birlikte, seri üretimde istikrar performansı ve katkı maliyeti de göz önüne alınarak ekonomik tercihler yapılmalıdır. Projede dayanım ve kıvam koruma açılarından yakın performansa sahip Katkı 1 ve Katkı 3 arasından, seri üretimde istikrarı daha yüksek ve birim fiyatı daha düşük olan Katkı 3 tercih edilmiştir.

### KAYNAKLAR

1. ÖZTEKİN, E. ve KEKLİK, O., “Yüksek Yapı İnşaatında Yüksek Kıvamlı, Yüksek Kıvam Korumalı, C 45 Sınıfı Beton Kullanımı”, 6. Ulusal Beton Kongresi Bildiriler Kitabı, 385 – 392 sayfa, İstanbul, 2005.
2. AGÜB, THBB, TMMOB Maden Müh. Odası İstanbul Şubesi Ortak Görüş Raporu, “Cebeci Bölgesi Taşocakları Durum Değerlendirmesi,” Hazır Beton Dergisi, Sayı 65, Eylül-Ekim 2004, 64-68 sayfa
3. MUTLU, M. ve ÜNAL, T., “Katkı Maddesinin Tercihi ve Kontrolü,” 4. Ulusal Beton Kongresi Bildiriler Kitabı, 35 – 44 sayfa, İstanbul, 1996.