

YÜKSEK DAYANIMLI HAZIR BETON ÜRETİMİNDE BİR DENEME

M. Süheyl AKMAN
Prof. Dr.
İstanbul Teknik Üniversitesi
İstanbul, Türkiye

Erbil ÖZTEKİN
Doç. Dr.
Kal-Tek Beton
İstanbul, Türkiye

ÖZET

Çalışmada bir hazır beton tesisinin seri üretim koşullarında -makina teçhizatında, personeline ve hammadde kaynaklarında- değişiklik yapılmadan, ekonomik olarak ulaşılabilecek dayanım düzeyi belirlenmek istenmiştir. Bu amaçla biri şahit, üçü süperakışkanlaştırıcıları dört seri üretim yapılmış, çökme değerleriyle basınç dayanımları ölçülmüştür. Süperakışkanlaştırıcının geciktirici içeren türden olup olmasının ve katılamada uygulanan sürecin işlenebilme ve dayanım üzerindeki etkileri incelenmiştir. Çalışma 28 günlük silindirik dayanımı 65 MPa'yı aşkın BS 65 sınıfı betonlar üretilebileceğini, bu betonların bir buçuk saati aşkın taşıma süresi sonunda 15 cm'yi aşkın çökme, yüksek işlenebilme ve pompalanabilme özelliğiyle şantiyeye teslim edilebileceğini göstermiştir.

1- GİRİŞ

Beton kimyasal katkıları alanındaki gelişmeler su/çimento oranı çok düşük betonlara bile yüksek işlenebilme özelliği sağlayan çok etkili süperakışkanlaştırıcıları getirmiş, çimento tanelerinden çok daha küçük ve puzolanik özellikte silis dumanı ve benzeri mineral katkılar ise kompasitesi çok yüksek bir yapı elde edilmesine olanak tanımışlardır. Bu gelişmeler sonucu yüksek ve çok yüksek dayanımlı betonların seri üretimi ve kullanımı mümkün olmuş, uygulamada 130 MPa değerine kadar çıkmıştır [1,2].

Yüksek dayanımlı betonların diğer özellikleride(aşınma ve çarpma dayanımları, erken dayanımlar, geçirimsizlik, asit ve benzeri zararlı etkenlere karşı dayanıklılık, vb...) yüksek olmakta, böylece bu betonların yüksek yapılarda, açık deniz petrol platformlarında, köprü, tünel ve benzeri sanat yapılarında, su ve kanalizasyon işlerinde, prefabrikasyonda, öngerilmeli beton yapılarda, nükleer ve benzeri özel yapılarda artan ölçüde kullanılması olanağı doğmaktadır. Günümüzde 50-60 MPa'ı aşkın basınç dayanımına sahip betonlar A.B.D'de, Kanada'da, Norveç'te, Avustralya'da ve Fransa'da endüstriyel ölçekte üretilmekte ve kullanılmaktadır. [1,2]

Dünyadaki gelişmelerin paralelinde ülkemizde de konuya ilgi artmış, laboratuvar koşullarında 100-120 MPa, prefabrikasyon tesislerinin seri üretim koşullarında 70 MPa küp dayanımına sahip betonlar üretilmiştir [3,4].

Diğer taraftan ülkemizde beton üretimi hızla endüstrileşmekte, hazır beton uygulaması ülke sathında yayılırken üretim içindeki payı da sürekli artmaktadır.

Bir başka olgu da ülkemizde ve özellikle İstanbul'da yapıların yükselme eğilimidir. Yirmi katı aşkın iş merkezleri, otellerin, on katı aşkın konut binalarının sayısı giderek artmaktadır. Buna karşılık konut binalarında kullanılan beton kalitesi BS 18 (B225)'i aşmamakta, diğerlerinde ise BS 30 veya BS 35'e nadiren ulaşılmaktadır. Düşük dayanımlı beton kullanımının temel nedeni projecilerin ve yapı sahiplerinin alışkanlıklarını değiştirememeleri, daha yüksek dayanımlı betonların seri halde üretilebileceğine güvenememeleridir.

2- AMAÇ VE KAPSAM

Yukarıda çizilen çerçeve içinde çalışmanın temel amacı herhangi bir şantiyeye ekonomik olarak yeterli işlenebilirlikte teslim edilecek hazır betonda ulaşılabilecek yüksek dayanım düzeyini belirlemek ve katkı türü ve katma süreci yönünde bir karşılaştırma yapmaktır.

Çalışmanın gerçekçiliği ve elde edilen sonuçların fiilen ve derhal uygulanabilirliği açılarından aşağıdaki ilkeler ve sınırlamalar benimsenmiştir.

* Çalışma hazır beton tesisinin günlük rutin çalışma temposu ve alışkanlıkları içinde, bunlara hiçbir değişiklik ve ek önlem getirilmeden, ek personel kullanmadan gerçekleştirilecektir.

* Çalışma için beton santralında, transmikserlerde ve diğer teçhizatda hiçbir değişiklik yapılmayacak, ek donanım kullanılmayacaktır.

* Çalışma için hammadde kaynaklarında, özellikle agrega tür ve sayılarında hiçbir değişiklik yapılmayacaktır.

* Çalışma en az bir saatlik taşıma süresi sonunda santiye koşullarında sonuçlandırılacaktır. Dolayısı ile beton bu süre sonunda pompalanabilir nitelikte kalacaktır.

Bu sınırlamaların ışığında betonun dayanım düzeyini yükseltmek amacıyla iki seçenek değerlendirilmiştir:

1- Çimento olarak tesisi besleyen çimento fabrikasının PÇ 400 çimentosu kullanılmış, dozaj 450 kg/m³ alınmıştır. Santralin mevcut yüzer tonluk üç silosundan birinin PÇ400 çimentosuna tahsis edilmesi üretim koşullarına zorlama getirmemiştir.

2- Kimyasal katkı olarak tesisi besleyen yerli kaynaktan BS35 ve üstü betonlarda zaten kullanılan süperakışkanlaştırıcı daha yüksek dozajda (%1-1,5 yerine %2,5) kullanılmış ve aynı süperakışkanlaştırıcının geciktirici içeren tipi de devreye sokulmuştur.

3- DENEYSEL ÇALIŞMA

Çalışmada biri katkısız şahit, üçü süperakışkanlaştırıcı olmak üzere 4 seri üretim yapılmıştır. Katkılı serilerden birinde normal süperakışkanlaştırıcı, diğer ikisinde ise aynı süperakışkanlaştırıcının geciktirici içeren ticari tipi kullanılmıştır. Hazır beton tesisinde katkılar üzerinde herhangi bir işlem yapılmasına gerek kalmamış, santralin iki katkı dozaj ünitesinden birinin pompası doğrudan katkı variline bağlanarak, katkı seri üretim koşulları içinde kullanıma sokulmuştur. Çizelge-1'de üretim serileri, katkı türleri ve katma süreçleri gösterilmiştir.

Çizelge 1- Üretilen Seriler

Üretim Tarihi	Seri Adı	Katkı Türü	Toplam Katkı Oranı	Katkı Verme Biçimi		
				Santral	Yolda	İTÜ'de
13.2.91	ŞAHİT	Yok	-	-	-	-
14.2.91	SUP-S	S.akış. Gecikt.	%2,5	%2,5	-	-
6.3.91	SUP-K	S.akış. Gecikt.	%2,0	%1,0	35' 55'	-
15.3.91	SUP-L	S.akış.	%3,0	%1,5	-	%1,5

Şahit seride hiç katkı kullanılmamıştır. SUP-S serisinde geciktirici etkili süperakışkanlaştırıcının tümü betona santralda karıştırma sırasında verilmiştir. SUP-K serisinde yine geciktirici etkili süperakışkanlaştırıcı kullanılmış, katkının %1'i santralda verilmiş, gerisi kademeli olarak transmikser santraldan İTÜ'ye giderken yolda verilmiştir. Böylece katkının % 0,5'i santral çıkışından 35 dakika sonra, diğer % 0,5 55 dakika sonra transmikser yolda durdurularak verilmiştir. İTÜ'ye vardıktan sonra koyulması planlanan son % 0,5'den, betonun çökmesi önceki serilere esdeğer olduğu için vazgeçilmiş, böylece toplam katkı miktarı % 2'de kalmıştır. SUP-L serisinde geciktirici etkisi olmayan süperakışkanlaştırıcının %1,5'u santralda verilmiş, gerisi transmikser İTÜ'ye vardıktan sonra transmikser katılmıştır. % 1 olarak planlanan son katkı sehven %1,5 olarak verilmiş, toplam katkı miktarı % 3 olmuştur.

Her seride birer metreküplük harmanlar halinde dört metreküp beton üretilmiştir. Beton bileşimi santralin bilgisayarına kodlanmış ve santral peşpeşe dört adet birer metreküp beton üreterek transmikseri yüklemiştir. Santralda ilk harmanın başı ile son harmanın sonu arasında geçen toplam üretim süresi 8-12 dakika olarak gerçekleşmiştir.

Santraldan çıkan transmikser üç dakika süreyle hızlı devirde (10-12 devir/dakika) çevrilerek harmanlar homogenleştirilmiş, daha sonra ilk 100-150 litre beton çöpe atılarak transmikserden örnek alınmıştır. Örnek alımından sonra transmikser vavas devirde (1,2-1,5 devir/dakika)

İTÜ'ye hareket etmiştir. İTÜ'de Yapı Malzeme Laboratuvarına vardığında transmikser tekrar beş dakika hızlı devirde çevrilmiş, 50-100 litre beton çöpe atıldıktan sonra örnek alınmıştır.

Santralda alınan beton örneğinde sıcaklık ve çökme ölçülmüş, 6 adet 15 cm'lik küp, 6 adet de 15/30 cm silindir numune hazırlanmıştır. Numuneler santral laboratuvarının havuzunda su kürü gördükten sonra 7 ve 28'inci günlerde basınç deneyine tabi tutulmak üzere İTÜ'ye taşınmıştır.

İTÜ'de alınan beton örneğinde sıcaklık, çökme ve birim ağırlık ölçülmüş, 6 adet 15 cm'lik küp, 9 adet 20 cm'lik küp, 9 adet 15/30 cm silindir, 9 adet 10x10x50 cm prizma numuneler alınmıştır. Alınan numuneler üzerinde basınç, Schmidt çekici ve ultrases deneyleri yapılmıştır.

Çizelge 2- Beton Bileşimleri

Beton Bileşimine Giren Malzeme Miktarları									
(kg/m ³)									
Seri	Çim.	Su	S/Ç	II No 10-20 mm	I No 5-10 mm	Kırma Kum 0-5mm	Doğal Kum 0-1mm	Birim ağır. (kg/m ³)	Kat (%)
ŞAHİT	450	210	0.47	685	425	350	280	2410	-
SUP-S	450	150	0.33	735	465	385	305	2490	2.5
SUP-K	450	172	0.38	720	450	380	300	2470	2.0
SUP-L	450	150	0.33	735	470	390	305	2500	3.0

Üretimlerde kullanılan beton bileşimleri Çizelge 2'de verilmiştir. II No, I No kırmataş agregalar ve kırma kum Gebze civarı ocaklarının kalker malzemesidir. Doğal kum Riva civarındaki bir ocaktan yıkanıp elenerek alınan sahil içlerine yığılmış kumdur.

Çizelge 3- Taze Beton Sıcaklıkları ve Çökmeleri

Seri	Beton Sıcak. (°C)		Çökme (mm)	
	Santral	İTÜ	Santral	İTÜ
ŞAHİT	14	15	160	(1s 15') (1s 40') 170 160
SUP-S	20	20	175	(1s 10') (1s 40') 165 120*
SUP-K	9	10	60	(1s 45') (2s 25') 160 150
SUP-L	14	16	70	(1s 10') (1s 40') 15-220 220
(*) El arabasında hareketsiz duran beton				

Çizelge 4- Basınç Dayanımı Değerleri (MPa)

SERİ		7 GÜN			28 GÜN		
ŞAHİT		15. KÜP	20. KÜP	SİL.	15. KÜP	20. KÜP	SİL.
	İTÜ	35.1	32.7	28.3	46.6	40.4	35.5
	SANTRAL	35.0	-	29.4	46.2	-	37.4
SUP-S	İTÜ	64.5	64.5	54.5	69.2	76.3	67.0
	SANTRAL	65.7	-	59.6	67.2	-	63.4
SUP-K	İTÜ	52.8	49.4	43.2	69.6	65.8	69.8
	SANTRAL	57.6	-	-	65.8	-	65.9
SUP-L	İTÜ	59.3	56.9	51.3	70.1	69.2	69.2
	SANTRAL	62.7	-	46.8	74.2	-	68.0

Çizelge 3, taze betonda sıcaklık ve çökme değerlerini, Çizelge 4 basınç dayanımı değerlerini, Çizelge 5, 20 cm'lik küp numuneler üzerinde 28 günlük Schmidt çekici ve ultrases hızı sonuçlarını vermektedir.

Çizelge 5- Schmidt Çekici ve Ültrases Sonuçları

SERİ	ŞAHİT	SUP-S	SUP-K	SUP-L
SCHMİDT çekici Değeri	34.2	42.8	46.6	48.8
Ültrases Hızı (km/sn)	4.81	4.91	5.04	5.08

4- İRDELEME VE YORUM

Üretimler 13 Şubatla 15 Mart arasında yaklaşık bir aylık döneme yayılmıştır. Bu süre zarfında tesisde sürekli üretim yapıldığından çalışmada kullanılan betonlar her defasında değişik parti veya teslimattan gelen mıcır, kum ve çimento ile üretilmiş, bu kaynaklardaki doğal değişkenlik çalışmaya da yansımıştır. Bu açıdan da çalışma gerçekçi bir çerçeveye oturmuştur.

4.1 Taze Beton Özellikleri

Çizelge 3 beton sıcaklığının hava koşullarına bağlı olarak seriden seriye 9 ile 20°C arasında değiştiğini göstermektedir. Bu sıcaklıklar İstanbul'da kış ve bahar koşullarında olağan olarak karşılaşılabilecek sıcaklık aralığını yansıtmaktadır. Yaz koşullarında beton sıcaklığı 24-26°C'ye kadar çıkabilmektedir.

Söz konusu sıcaklık düzeyleri beton için ideal, sıcaklık düzeyleridir. Beton iletimi sırasında sıcaklığın en çok 2°C artması çok sevindiricidir. Yaz aylarında bu artış bir miktar fazla olsa bile, sıcaklığın 30°C'yi aşmayacağı söylenebilir.

Betonun yüksek katlara rahatlıkla pompalanabilmesini gözetten bir yaklaşımla üretilen betonların akıcı kıvamda olmaları, çökme değerlerinin 140-150 mm'nin altına inmemesi hedeflenmiştir. Santralda ilk çökme deneyi son harmanın üretiminden 15 dakika sonra yapılmıştır. İTÜ'ye vardıktan sonra yapılan çökme deneyleri ile son harmanın üretimi arasında geçen süreler ise Çizelge 3'de parantezler içinde gösterilmiştir.

Çizelgenin incelenmesi ŞAHİT seride santralda 160 mm olan çökmenin İTÜ'de 1 saat 15' sonra 170 mm, 1s 40' sonra 160mm'de kaldığını, betonun işlenebilme kaybına uğramadığını göstermektedir.

SUP-S serisinde santralda 175 mm olan çökme İTÜ'de 1 s 10' sonunda aynı düzeyde 165 mm kalmış, 1 s 40' sonunda el arabasında hareketsiz duran betonda 120 mm'ye inmiş, ancak transmikser içinde tutulan ve düşük devirde çevrilen betonda kayda değer bir kıvam değişikliği gözlenmemiştir. Bilindiği gibi süperakışkanlaştırıcı katkıların en büyük sorunu işlenebilmenin kısa zamanda kaybolmasıdır. Buna çökme kaybı denilmektedir [5]. Geciktiricili süperakışkanlaştırıcı katılmasıyla bu sakıncanın tamamen önlendiği SUP-S betonları ile kanıtlanmış olmaktadır.

SUP-K serisindeki % 1 katkıyla santral çıkışında 60 mm olan çökme, yolda 2 kez katılan % 0,5 oranında yapılan ara katkılar sonucu İTÜ'de 1 s 45' sonunda 160 mm'ye ulaşmış, 2s 25' sonunda da 150 mm düzeyini korumuştur. Buradan geciktirici etkili katkının santralda bir defada verileceğine, kademeli olarak verilmesinin daha uygun olabileceği kanısına varılmıştır [2]. Zira bu seride elde edilen işlenebilme düzeyi ile 28 günlük basınç dayanımı değerleri SUP-S serisinde ulaşılanlara eşdeğerdir, ancak amaca % 0,5 daha az süperakışkanlaştırıcı kullanarak, dolayısı ile daha düşük maliyetle, varılmıştır.

Geciktiricili olmayan süperakışkanlaştırıcılı SUP-L serisinde % 1,5 katkıyla santral çıkışında 70 mm çökme sağlanmış, 1 s 10' sonunda İTÜ'ye varıldığında 15 mm'ye düşmüş, % 1,5 ek katkı ilâvesinden sonra 220 mm'ye çıkmış ve bu düzeyi 1 s 40' sonunda da korumuştur. SUP-L'de katkının % 3 değerinde katılması çökmeyi gereğinden fazla artırmıştır. Diğerlerinde olduğu gibi % 2,5 toplam katkıyla 160 mm çökme sağlanması mümkündür.

Her üç yöntemle de 1,5-2 saat süre sonunda akıcı kıvamını, işlenebilirliğini, pompalanabilirliğini koruyan betonlar üretilbildiği görülmektedir. Birinci yöntem (geciktirici etkili katkının tümü santralda) ve üçüncü yöntem (süperakışkanlaştırıcının bir bölümü şantiyede transmikserde) kolay uygulanabilir pratik yöntemler olarak görülmektedir. Transmikser şöförüne bağımlı ve yol trafiğinde durmayı içeren ikinci yöntem ise (kademeli katkı) risk taşıyan, daha zor uygulanabilir bir yöntem olarak değerlendirilmektedir. Ancak transmikserde bir katkı dozaj

ünitesi ilâve edilir ve şöföre bir eğitim programı verilirse bu yöntemden de yararlanılması mümkün görünmektedir.

Santral çıkışında en az 60-70 mm'lik çökmeye eşdeğer kıvam, betonun karıştırıcıdan tıkanma, kilitlenme yaratmadan rahat çıkabilmesi için gerekli görülmektedir. Aksi takdirde tıkanma olabilir, bu da üretimin aksamasına ve zaman kaybına neden olabilir. Sonuçta katkının yaklaşık en az yarısının santralda verilmesi uygun görünmektedir. Basınç dayanımlarının eşitliği, geciktiricinin gereksizliği ve uygulama kolaylığı dikkate alındığında SUP-L tekniği, yani katkının % 40 %60'nin karıştırma suyuna katılması, geri kalanın şantiyede betona ilâvesi, en elverişli çözümü oluşturmaktadır. A.M. Paillière ve arkadaşlarının önerilen bu yöntemde katkı için bir optimum oran bulunduğu (%2.3) ve ayrıca süperakışkanlaştırıcı türünün ve çimentodaki C_3A miktarının önemi vurgulanmaktadır [6].

4.2 Basınç Dayanımları

Çizelge 4 tüm serilerde, santralda ve İTÜ'de alınan numunelerin 7 ve 28 günlük basınç dayanımı değerlerini göstermektedir. Sonuçlar aşağıdaki değerlendirmelerin yapılmasına olanak sağlamıştır.

- * Katkısız şahit betonun dayanım düzeyi BS 35 sınıfına karşı gelirken, aynı işlenebilme değerine sahip katkılı serilerin tümünde yaklaşık iki kat artışla BS 65 sınıfı düzeyine ulaşılabilir.
- * Basınç dayanımı değerlerindeki dağılma gözönünde tutulursa katkılı serilerin 28 günlük basınç dayanımları arasında anlamlı bir fark görülmemekte, her üç yöntemin hemen hemen eşit düzeyde etkili olduğu anlaşılmaktadır.
- * Katkılı serilerin tüm numune sonuçları birlikte değerlendirildiğinde 7 günlük dayanımın 28 günlük dayanıma oranı 0,82 gibi, alışılmış 0.60-0.70 değerlerine oranla daha yüksek bir değer almaktadır. Dayanımın düzeyi arttıkça oranın yükselmesi beklenen bir olgudur.

Çizelge 6- İTÜ 15 cm Küp Değerlerine Oranla Basınç Dayanımları

SERİ		7 GÜN			28 GÜN		
		15. KÜP	20. KÜP	SİL.	15. KÜP	20. KÜP	SİL.
SUP-S	İTÜ	100	100	84	100	110	97
	SANT	102	-	92	97	-	92
SUP-K	İTÜ	100	94	82	100	95	100
	SANT	109	-	-	95	-	95
SUP-L	İTÜ	100	96	87	100	99	99
	SANT	106	-	79	106	-	97
ORTALAMA		100	97	84	100	-	99
		106	-	86	99	-	95

Çizelge 6 katkılı serilerin, yani BS 65 düzeyindeki betonların, basınç dayanımı değerlerini, İTÜ'de alınan 15 cm'lik küp numuneler üzerinde ölçülen basınç dayanımlarının yüzdesi olarak göstermektedir. Çizelgenin incelenmesinden bazı sonuçlar çıkarmak mümkündür:

* İTÜ'de, yani betonun şantiyeye tesliminde alınan numunelerin dayanımları ile santral çıkışında alınan numunelerin dayanımları arasındaki fark, 7 ve 28 günlük küp ve silindir tüm sonuçlar birlikte dikkate alındığında, %1'den az, istatistik açıdan anlamsızdır. Hazır beton sektörünün otokalite kontrolunda örneklemenin genelde santral çıkışında yapıldığı, betonunsa müşteriye şantiyede teslim edildiği gözönünde tutulursa bu, güven verici, bir olgudur. İletim sırasında beton kalitesinden hiçbirşey kaybetmemektedir. Ancak şantiye tesliminde kaliteli bir betonun yapı içinde de aynı sonucu vermeyebileceği, yerindeki betonun yerleştirme ve kür koşullarına bağımlı olduğu unutulmamalıdır.

* 7 ve 28 günlük tüm sonuçlar birlikte değerlendirildiğinde 15 cm'lik küp dayanımı 100 iken 20

cm'lik kp dayanımı 99 olmaktadır. Hazır beton sektöründe ve genelde 15 cm'lik küp numune kullanımının yaygınlaştığı dikkate alınırsa farkın % 1 gibi düşük bir düzeyde kalması rahatlatıcı bir nitelik sergilemektedir.

- * Silindir dayanımları ile kp dayanımları karşılaştırıldığında ortalama % 9-10 mertebesinde yani yaklaşık 6 MPa fark olduğu, dolayısı ile iki dayanım arasındaki farkı beton sınıfından bağımsız olarak 5 MPa alan TS 500 yaklaşımının bu dayanım düzeylerinde de geçerli olduğu kanısına varılmaktadır.
- * Geciktirici etkili sperakışkanlaştıracı katkı kullanımı 7 ve 28 günlük dayanımlar üzerinde olumsuz bir etki yaratmamakla beraber prizi ve sertleşmeyi dolayısı ile erken dayanımları ve kalıp alma süresini geciktirmektedir. Örneėin SUP-S ve SUP-K serilerinin numuneleri kalıplarından 24 saat sonra değil 48 saat sonra sökülebilir miştir. Bu yazıda vermediğimiz  günlük dayanımlarda da en düşük değerler bu serilerde meydana gelmiştir. Uygulamada bu hususun dikkate alınması, hava sıcaklığına ve gereksinilen erken dayanım düzeyine bağlı olarak geciktirici katkı tipi ve miktarı optimize edilmelidir.
- * Çizelge 5'deki Schmidt çekici ve ltrases Sonuçları da ulaşılan yüksek dayanım, yüksek beton kalitesi düzeyini yansıtmaktadır. Bu değerlerin yüksek oluşu betonların boşluksuz ve yüksek elastisite modüllü oluşlarının bir kanıtıdır. Aradaki farklar anlamlı olmamakla beraber SUP-S, SUP-K ve SUP-L serilerinde, belirtilen sırada bir nitelik artışından bahsedilebilir.

4.3 Maliyet Karşılaştırması

Sahit betonla katkılı betonlar arasındaki maliyet farkı yalnızca katkı kullanımından kaynaklanmaktadır. Cari fiyatlara göre bu fark:

$$450 \times 0.025 \times 3100 = 35000 \text{ TL/m}^3 \text{ mertebesinde dir.}$$

şahit betonun dayanım düzeyine karşı gelen BS 35 sınıfı betonun seri üretiminde hazır beton firması 450 kg P 400 imento kullanmak yerine 370 kg P 325 ve % 1-1,5 sperakışkanlaştıracı kullanarak maliyetini düşürmeyi tercih etmektedir. Bu durumda maliyet farkı:

Çimento kalite farkı: $370 \text{ kg} \times 20 \text{ TL/kg} = 7400 \text{ TL}$
Çimento miktar farkı: $(450-370) \text{ kg} \times 240 \text{ TL/kg} = 19200 \text{ TL}$
Katkı miktar farkı : $(450 \times 0.025 - 370 \times 0.125) \times 3100 \text{ TL/kg} = 20500 \text{ TL}$

toplam 47.000 TL mertebesine ulaşmaktadır. BS 35 sınıfı betonun satış fiyatının 200.000 TL/m³ olduğu dikkate alınırsa maliyet farkı % 20-25 düzeyindedir. Bu fark basınç dayanımında sağlanan yaklaşık % 200 artışa oranla düşük kalmaktadır. Bu nedenle yüksek dayanımlı betonu ekonomik açıdan daha elverişli saymak yanlış değildir.

5- SONUÇ

Modern bir hazır beton tesisinde BS 60-65 sınıfı betonun ekonomik olarak üretimi ve 1,5-2 saatlik taşıma süresi sonunda yüksek işlenebilirlik özelliğini koruyarak şantiyeye teslimi mümkündür. Bu amaçla hazır beton tesisinin makina-teçhizatında veya hammadde kaynaklarında kayda değer bir değişiklik yapmaya gerek yoktur. Ciddi bir yönetim anlayışı ve kalite yaklaşımı amaca yeterlidir.

Denenen yöntemlerin tümü amaca uygun sonuç vermiş, her üç yöntemle eşdeğer işlenebilirlik ve basınç dayanımı düzeylerine ulaşılmıştır. Geciktirici içeren katkı kullanımı halinde çalışma ve hava koşullarına, erken dayanım gereksinmesine bağlı olarak geciktirici tipinin ve miktarının uygun seçimine itina edilmeli, kademeli veya şantiyede katma yöntemlerinde ise ilgili personelin eğitime önem verilmeli ve insan faktöründen kaynaklanan muhtemel hataları en alt düzeye indirmek için transmiksere katkı dozör ünite bağlanması veya şantiyede bu yönde önlem alınması yoluna gidilmelidir.

Beton üretiminin endüstrileşmesini yansıtan hazır beton sektörünün ülkemizde üretiminin çok büyük bölümü BS 14 (B160) ve BS 18(B225) betonlarından oluşmakta, BS25 (B300) ve üstü sınıfların toplam içindeki payı yüzde onun altında kalmaktadır. Sektörün konut binalarına BS20-BS25, yüksek yapılara BS40- BS45 betonlar teslim etmesi kolaylıkla mümkündür. Daha güvenilir, uzun ömürlü ve ekonomik yapı üretimi için bina sahiplerinin ve tasarımcıların hazır beton sanayiindeki bu potansiyeli değerlendirmesi yerinde olacaktır.

6- TEŞEKKÜR

Çalışma TBS Taşıma Beton ve Ürünleri Sanayi ve Ticaret A.Ş'nin Dudullu Santralının olanaklarıyla gerçekleştirilmiştir. Beton deneyleri TBS'nin laboratuvarı ile İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Yapı Malzemesi Laboratuarında yapılmıştır. Yazarlar, TBS ve Yapı Malzemesi Laboratuvarı yöneticilerine ve personeline teşekkürü zevkli bir borç bilirler.

7- KAYNAKLAR

- 1- ACI Concrete International: Design & Construction, Vol. 11 No 4, April 1989 and Vol. 12 No.1, January 1990, High Strength Concrete Special Issues.
- 2- P.C. AİTCİN, "L'Emploi des Fluidifiants dans les Bétons à Hautes Performances", Les Bétons à Hautes Performances, s. 31-49, Presses de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, 1990, Paris.
- 3- E. ÖZTEKİN, "Beton ve B 1000 Betonu", Dizayn/konstrüksiyon, 56-57, 1989/1990:64-66.
- 4- E. ÖZTEKİN, "İstanbul Metrosu Kirişleri İçin Yüksek Dayanımlı Beton", Türkiye İnşaat Mühendisliği X. Teknik Kongre Bildiriler Kitabı, Cilt I, s. 483-490, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası, Ekim 1990, Ankara
- 5- M.S. AKMAN, "Yapı Malzemeleri", İstanbul Teknik Üniversitesi Kütüphanesi 1408 sayılı yayını, ikinci baskı, 1990 İstanbul, s. 152.
- 6- A.M. PAÏLLERE, J.J. SERRANO, G. GRIMALDİ, "Influence du Dosage et du Mode d'Introduction des Superplastifiants sur le Maintien de la Maniabilité Optimale des Bétons à Hautes Performances avec et sans Fumées de Silice", Bull. Liaison des Lab. des Ponts et Chaussées, No: 170, Nov. Dec. 1990, pp. 37-45.