

ESKİŞEHİR'DE KÜÇÜK VE BÜYÜK ŞANTİYELERDE ÜRETİLEN
YERİNDE YAPILMIŞ BETONLARIN KALİTE KONTROLÜ

İlker Bekir TOPÇU

Y.Doç.Dr.

Anadolu Üniversitesi

Eskişehir, Türkiye

ÖZET

Hızlı nüfus artışı ve daha iyi konutlarda yaşama isteklerinin artması ile büyük konut açığı ortaya çıkmıştır. Ayrıca endüstrileşme çalışmaları da daha kaliteli malzemelerin kullanılabilmesini kolaylaştırmıştır. Gerek konut açığının kapatılması, gerekse de daha kaliteli yapıların inşa edilebilmesi için yeni teknoloji ve inşaat sistemlerine geçiş hızlanmış bulunmaktadır. Tarım ve sanayiinin yoğun olduğu nüfusu hızla artan Eskişehir ilinde artan toplu konut inşaatları ve yüksek kaliteli inşaat talebi ile başta beton teknolojisinde olmak üzere çeşitli inşaat sistemlerinde yeni yöntemlerin uygulanmasına geçilmiştir. Son yıllarda Eskişehir'de yaygınlaşan hazır beton uygulanmasının mevcut durumu ile üretilen betonların kaliteleri bu araştırmada incelenmeğe çalışılmış ve gerekli önerilerde bulunulmuştur.

1. GİRİŞ

Modern konutlara olan talebin artması ve hızlı kentleşme, büyük miktarda konutun daha kısa sürede ve ucuza yapılması problemini ortaya çıkmıştır. Endüstrileşme neticesinde bunu sağlayabilecek makina ve teçhizatların üretilmesi kolaylaşmış bulunmaktadır. Büyük konut açığının kapa-

tılabilmesi ve yüksek kaliteli binaların yapılması için yeni teknolojiler yaygınlaşarak uygulamaya girmektedir. Eskişehir'de daha çok askeri amaçlı binalarda hızlı üretim ve yüksek kalite elde etme çabaları ile bilhassa beton teknolojisinde yenilikler görülmüş ve modern uygulamalara geçilmiştir. Bu uygulamalardan ilki inşaat firmalarının daha iyi betonu daha kısa sürede ve istenilen kalitede üretebilmek amacıyla hazır beton tesisleri kurmasıdır. Böylece klasik ve teknik denetimi tam olarak yapılamayan bir noktada bilinçsiz işçinin eline bırakılan betonlar yerine, bu elemanların daha az etkili olduğu, modern makinaların daha aktif rol oynadıkları üretim sistemine geçilmiş ve şartnamelerde istenilen kalitelere yaklaşılmaya başlanmıştır. Ancak bu modern makinalarla üretilen betonlarda da tam istenilen kaliteye ulaşılamamakta, projede verilen mukavemet değerleri elde edilememektedir. Bu duruma Eskişehir'de oldukça sık rastlanmaktadır. Bu araştırmada hazır beton üretimi yapan firmaların numune neticeleri incelenerek, kalite kontrol dereceleri hakkında bir fikir verilmeye çalışılmıştır.

1.1. Kurulu Tesislerin Durumu

Son yıllarda Eskişehir'de askeri amaçlara yönelik resmi ve yarı resmi yapılar ile konut kooperatiflerinin sayılarında büyük bir artış görülmüştür. Resmi taahhüt yapan inşaat firmaları şartnamelerinde belirtilen beton kalitelerine erişebilmek, toplu konut firmaları da hızlı ve ekonomik üretim yapabilmek amacıyla sayıları yediye varan hazır beton tesisleri kurmuşlardır. Bu tesislerin bazılarında gereksiz yere istenilenin üstünde beton kalitesi sağlanırken, bazılarında da tam tersine çok düşük kalitede betonlar elde edildiği görülmektedir. Böylece bazen daha fazla çimento ve işçilik gideri, bazen de yıkılıp yeniden yapılma gibi ekonomik olmayan sonuçlar elde edilmektedir. Bu sonuçlar, modern makinalar ve uygun malzemelere rağmen kalite kontrolüne dikkat edilmemesinden dolayı hazır beton tesislerinin rantabl çalıştırılmadıklarını göstermektedir. Hazır beton üretimi yapan üç firmanın numunelerinin Üniversitemiz Yapı Malzemesi Laboratuvarlarında yapılan deney neticeleri bu sonucu gerçekleştirmiştir.

1.2. Kullanılan Beton Malzemeleri

Bölgede bulunan tabii kum, çakıl gibi beton malzemelerinin betonda kullanıma uygun olmadıkları tesbit edilmiştir. Kaliteli beton üretimi için kumun Osmaneli civarından getirilmesi uygun olmaktadır. Bu kumun içindeki ince madde oranı düşüktür ve Sakarya nehri yatağından alınmaktadır. 1988 yılında şantiyeye teslim fiyatı 15.000.TL/m³ olmuştur. Normal inşaatlarda ise Akçayır bölgesinden alınan düşük kaliteli dağ kumları kullanılmaktadır. Bu kumun yoğunluğunun düşük olması, zararlı ve kirli maddeler içermesi, yıkanmasının yetersiz olması gibi kusurları vardır. Bu kusurlar istenilen kalitede beton üretilmesini engellemektedir. Eskişehir'de meydana gelen pekçok yapı çökmesi ve hasarlara bu kumun tüvenan olarak kullanılmasının sebep olduğu söylenmektedir.

Betona katılan kırmataşlar Bozüyük İlçesinin Zemzemiye köyü civarındaki kalker taşı ocaklarından 4/8, 8/16 ve 16/31,5 dane boyutlarında getirilmekte, şantiyeye teslim fiyatı 9.000.TL/m³ (1988) olmaktadır. Kullanılan çimento daha çok Eskişehir Çimento Fabrikasının ürettiği KPÇ cinsi çimento olmaktadır. Bu çimentonun 7. gününde 28 günlük mukavemetinin yaklaşık % 65'ine ulaştığı tahmin edilmiştir. BS 25 ve prefabrik beton üreten firmalar ise PÇ tipi çimento kullanmaktadırlar. Bölgede bazen Afyon Çimento Fabrikası çimentosu da kullanılmaktadır.

1.3. Tesislerin Çalışma Sistemi

Eskişehir'de kurulu yediye yakın hazır beton tesisi birbirinin benzeridir ve makinalar küçük kapasitelidirler. Bir tesiste üretim esnasında dört grup eleman bulunmaktadır. Birinci grup beton üretim merkezinde beton santralinde bulunan santral operatörü, skrayper operatörü ve yükleyici operatöründen oluşan üç kişidir. Taşıma grubunda en az üç transmikser bulunmakta, bu araçlarda da beton işine yatkın tecrübeli şöförler kullanılmaya çalışılmaktadır. Taşınan betonun yerine basılması için beton pompasında bir pompa operatörü, bir de yardımcısı bulunmaktadır. Pompa bomunun ucunda ise beton akışını kontrol eden bir eleman bulunmakta, bu elemandan başka iki kişi de betonu yerleştirerek masterlamaktadır. Böy-

lece en küçük bir hazır beton ekibi en az 13 elemandan oluşmakta, bunlardan 11 tanesi makinalardan anlayan kalifiye eleman olmaktadır. Klasik usulle aynı betonun 11 adet düz işçi ile üç misli daha fazla sürede dökülebileceği tahmin edilmiştir.

1.4. Tesislerin Kuruluş Maliyetleri

Bu tesislerin en küçük kapasitelisinin mekanik aksamının en ekonomik şekilde kurulması 1988 yılı fiyatlarıyla yaklaşık olarak 60 milyon TL beton santraline, 90 milyon TL üç transmiksere, 125 milyon TL kamyonu monte edilmiş beton pompasına ve 50 milyon TL da diğer ekipmana olmak üzere yarım milyarı aşan bir önyatırım gerektirmektedir.

1.5. Hazır Betonun Maliyeti

Bir hazır beton firmasında yapılan maliyet hesabı, yerine yerleşmiş BS 16 sınıfı betonun maliyetinin 58.000 TL/m³ olacağını göstermiştir. Başka bir hesaplamada aynı betonun yapı sahibi tarafından elle dökülmesi halinde 46.000 TL/m³'e malolacağını göstermiştir. Maliyetteki bu yaklaşık % 25 lik artışa karşılık beton kalitesi şartnamelerde ve projede öngörülen değere yaklaşarak artmakta, zamandan büyük ölçüde tasarruf edilmektedir.

1.6. Tesislerin Dezavantajları

Eskişehir'de kurulu yaklaşık yedi hazır beton tesisinin bütün bir yıl boyunca çalışmaları mümkün olmamaktadır. Bölgenin iklim koşulları yılda beş ay gibi uzun bir süre makinaların çalışmadan bekletilmesine sebep olmaktadır. Bu aylarda makinaların bakımına devam edilmekte, en az altı kalifiye elemana aylık ödenmektedir. Klasik usule göre % 25 daha pahalıya gelen hazır betona küçük şantiye sahipleri pek ilgi göstermemekte, ancak bir zorlama olduğunda bu betonu kullanma yoluna gitmektedirler. Her mütahhit mevcut ucuz işçilik ile kendi betonunu dökmeye çalışmakta, fakat istenilen kaliteyi bulamamaktadır.

2. HAZIR BETON TESİSLERİNDEKİ KALİTE KONTROLÜ

Eskişehir'de kurulu yedi hazır beton tesisinden üçüne ait beton numuneleri Haziran-Aralık 1988 döneminde Anadolu Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Yapı Malzemesi Laboratuvarlarında incelenerek elde edilen deney neticeleriyle şantiyelerin kalite kontrol dereceleri belirlenmeye çalışılmıştır. Üretimlerinin belirli aşamalarında pompa çıkışından alınan silindir beton numunelerinin basınç mukavemetlerine ait istatistiksel parametreler hesaplanmış ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir. Klasik usulle elle beton döken bir firmaya ait sonuçlar da karşılaştırmalarda kullanılmak üzere ilave edilmiştir.

A Firması : Hazır Beton Üretim Tesisi

Proje Mukavemeti BS 16

Numuneler Ø15 x 30 silindir, 7 günlük

n = 71 (numune sayısı)

$\bar{x}_7 = 10,19 \text{ N/mm}^2$ (Aritmetik Ortalama)

$\sigma_{n7} = 2,30 \text{ N/mm}^2$ (Standart Sapma)

$\bar{x}_7 - 1,28 \cdot \sigma_{n7} = 10,19 - 1,28 \cdot 2,30 = 7,24 \text{ N/mm}^2$

$$V = \frac{\sigma_{n7}}{\bar{x}_7} = \frac{2,30}{10,19} \times 100 = 22,57 \quad V \approx \% 23$$

28 günlük tahmini basınç mukavemeti : $\bar{x}_{28} = 15,67 \text{ N/mm}^2$

B Firması : Hazır Beton Üretim Tesisi

Proje Mukavemeti BS 16

Numuneler Ø15 x 30 silindir, 7 günlük

n = 62

$\bar{x}_7 = 10,21$

$\sigma_{n7} = 2,89$

$\bar{x}_7 - 1,28 \cdot \sigma_{n7} = 10,21 - 1,28 \cdot 2,89 = 6,51 \text{ N/mm}^2$

$$V = \frac{\sigma_{n7}}{\bar{x}_7} = \frac{2,89}{10,21} \times 100 = 28,30 \quad V \approx \% 28$$

28 günlük tahmini basınç mukavemeti : $\bar{x}_{28} = 15,70 \text{ N/mm}^2$

C Firması : Prefabrik Hazır Beton Üretim Tesisi

Proje Mukavemeti BS 40

Numuneler 15 x 15 Küp, 7 günlük

$$n = 232$$

$$\bar{x}_7 = 39.45$$

$$\sigma_{n7} = 5.34$$

$$\bar{x}_7 - 1.28 \cdot \sigma_{n7} = 39.45 - 1.28 \times 5.34 = 32.61$$

$$V = \frac{\sigma_{n7}}{\bar{x}_7} = \frac{5.34}{39.45} \times 100 = 13.5 \quad V \approx \% 13$$

28 günlük tahmini basınç mukavemeti : $\bar{x}_{28} = 49.31 \text{ N/mm}^2$

D Firması : Klasik Elle Beton Hazırlama Şantiyesi

Proje Mukavemeti BS 20

Numuneler Ø15 x 30 Silindir, 7 günlük

$$n = 25$$

$$\bar{x}_7 = 17.47$$

$$\sigma_{n7} = 5.33$$

$$\bar{x}_7 - 1.28 \cdot \sigma_{n7} = 17.47 - 1.28 \times 5.33 = 10.64$$

$$V = \frac{\sigma_{n7}}{\bar{x}_7} = \frac{5.33}{17.47} \times 100 = \% 30.52$$

28 günlük tahmini basınç mukavemeti : $\bar{x}_{28} = 24.95 \text{ N/mm}^2$

Bu istatistikî değerlerden varyasyon katsayısı değeri çalışmada kalite kontrolünün ölçüsü olarak kullanılacaktır. Beton firmalarına ürettikleri beton kaliteleri sorulduğunda firmalar 1975 yılında yayınlanan TS 500'de [1] verilen beton sınıflarına göre proje mukavemetlerini söylemekte, ancak değerlendirmede karakteristik mukavemet yerine numunelerin basınç mukavemetlerinin ortalamasını almaktadırlar. Oysa yeni TS 500 (1981) de [2] "karakteristik mukavemet" kavramı getirilmiştir. Karakteristik mukavemet % 90 olasılıkla aşılması gereken bir mukavemet alt sınırı değeridir. Buna göre bir iş yerinde üretilen betonun belirli bir sınıftan sayılabilmesi için, o işyerindeki betondan alınacak silindirik

numunelerin ortalamasının o sınıf için verilen karakteristik mukavemet değerinden en az 30 kgf/cm² daha fazla olması, hiçbir numunenin mukavemetinin karakteristik mukavemetinin 30 kgf/cm² nin daha altında olmaması gerekir. Bu yeni TS 500'e göre inceleme yapabilmek için firmalara ait 7 günlük mukavemet değerlerinin 28 günlüğe kıyasla KPÇ için % 65 lik mukavemet değeri olduğu kabulü ile 28 günlük değerler elde edilmiştir. Böyle bulunan değerlerin proje mukavemetlerini tam olarak bulamadıkları tesbit edilmiştir.

Variasyon katsayısı değerlerine bakılarak da üretim tesislerinin kalite kontrol dereceleri belirlenmeğe çalışılmıştır. Bunun için İ.T.Ü. Malzeme Laboratuvarlarında deneyleri yapılmış inşaatlara ait sonuçların değerlendirilmesi ve ülkedeki şartları da gözönüne alan teklif edilmiş sınır değerleri dikkate alınmıştır [3]. Bu değerler şöyledir.

Tablo I. Teklif Edilmiş Kalite Kontrol Dereceleri

Kalite Kontrol Derecesi	$\bar{x} \leq 25 \text{ N/mm}^2$ için V, %	$\bar{x} > 25 \text{ N/mm}^2$ için σ , N/mm ²
Çok iyi	<10	>5
İyi	10-20	5-6,5
Orta	20-30	6,5-8
Zayıf	<30	>8

Tablo II. Firmalara Ait İstatistikî Değerler

Şantiye Adı		Proje Mukavemeti R, N/mm ²	Ortalama Mukavemet $\bar{x}$, N/mm ²	Standart Sapma σ , N/mm ²	Variasyon Katsayısı V, N/mm ²	Kalite Kontrol Derecesi
Büyük Şantiyeler	A	16	10.19	2.30	32	Orta
	B	16	10.21	2.89	28	Orta
	C	40	39.45	5.34	13	İyi
Küçük Şantiyeler	D	20	17.47	5.33	31	Zayıf

Tabloda teklif edilmiş kalite kontrol sınırlarına göre varyasyon katsayısı değerlerine bakılarak A ve B firmaları için ORTA ve standart sapma değerlerine bakılarak da C firması için İYİ, D firması için ise ZAYIF bir kalite kontrol derecesi sağlandığı görülmektedir.

2.1. Firmalara Ait Gerekli Ortalama Mukavemetler

Yeni TS 500'de beton üretiminde verilen proje mukavemetinin istenilen güvenlik derecesi ile sağlanması, ortalama mukavemetin proje mukavemetinden uygun bir miktar yüksek tutulmasıyla gerçekleştirilebilir. "Gerekli Ortalama Mukavemet" adı verilen bu değer, şantiyedeki kalite kontrolünün derecesine ve kabul edilen güvenlik derecesine bağlı olarak aşağıdaki bağıntılar yardımıyla hesaplanabilir [3]. Bu bağıntılarda 7 günlük değerlere göre inceleme yapılmıştır.

$$\bar{x}_g = \frac{R}{1 - \frac{V}{100} \cdot t} \quad \bar{x} \leq 25 \text{ N/mm}^2 \quad (1)$$

$$\bar{x}_g = R + \sigma \cdot t \quad \bar{x} > 25 \text{ N/mm}^2 \quad (2)$$

Bu yöntemi uygulayarak kalite kontrol dereceleri orta ve iyi olan ve proje mukavemetlerini 16 ve 40 N/mm² olarak seçen şantiyeler için gerekli ortalama mukavemetler % 80 güvenlikle (t=0.84) hesaplanırsa;

$$\text{ORTA} \quad \bar{x}_g = \frac{10.4}{1 - 0.84 \times 0.25} = 13.16 \text{ N/mm}^2 \quad (3)$$

$$\text{İYİ} \quad \bar{x}_g = \frac{10.4}{1 - 0.84 \times 0.15} = 11.89 \text{ N/mm}^2 \quad (4)$$

$$\text{ORTA} \quad \bar{x}_g = 28 + 7.25 \times 0.84 = 34.09 \text{ N/mm}^2 \quad (5)$$

$$\text{İYİ} \quad \bar{x}_g = 28 + 5.75 \times 0.84 = 32.83 \text{ N/mm}^2 \quad (6)$$

değerleri bulunur.

Bu değerlere bakıldığında, BS 16 betonunun ORTA kalite kontrol seviyeli şantiyede üretilebilmesi için, seçilmesi gerekli 7 günlük ortalama mukavemetin 13.16 N/mm^2 olması gerektiği görülür. Oysa kalite kontrol seviyesinin yükseltilmesi, mesela İYİ hale getirilmesi, gerekli 7 günlük ortalama mukavemeti 11.89 N/mm^2 ye düşürmektedir. BS 40 betonunda da yine kalite kontrol derecesinin İYİ'den ORTA'ya düşmesi, gerekli ortalama mukavemetin 32.83 N/mm^2 den 34.09 N/mm^2 ye çıkmasına neden olmaktadır. Bu sonuçlardan görülebileceği gibi ORTA kalite kontrol seviyeli şantiyede BS 16 betonu elde edebilmek için gerekli ortalama mukavemetin 13.16 N/mm^2 olması gerekmekte, bu da ilave çimento kullanılmasına, yani betonun daha pahalıya mal olmasına sebep olmaktadır. Oysa kalite kontrol seviyesinin iyi hale getirilmesi halinde 11.89 N/mm^2 gibi daha küçük bir ortalama mukavemet elde edilmeye çalışılacak ve beton daha ucuza malolabilecektir.

Yine şantiyedeki kontrol seviyesinin İYİ'den ORTA'ya düşmesi, gerekli 7 günlük ortalama mukavemeti 32.83 N/mm^2 den 34.09 N/mm^2 ye yükseltmeyi gerektirmiştir. Zayıf kontrol sonucu büyük dağılım gösterecek bir üretimle aynı beton kalitesinin aynı güvenlikle sağlanması, ortalama mukavemetin arttırılmasına, başka bir deyimle betonda daha çokçimento kullanılmasına ve betonun daha pahalıya çıkmasına neden olmaktadır. Bu arada % 20 oranındaki düşük mukavemetli kısımların yanısıra, bir miktar da fazla mukavemetli kısımlar için çimento israf edilmiş olacaktır. Tersine eğer kontrol seviyesi yükseltilip dağılımı azaltılacak olursa buna yer verilmeyecektir. Bilhassa BS 25 ve BS 30 gibi yüksek kaliteli betonlarda gerekli ortalama mukavemetinin çok artması ve beton üretiminin çok pahalılaşması için şantiyedeki kontrol seviyesinin çok İYİ veya İYİ derecede tutulması, hiçbir zaman ORTA ve ZAYIF seviyeye düşürülmemesi tavsiye edilmelidir.

3. SONUÇ

Küçük şantiyelerde klasik usulle dökülen betonlar hazır betonlara nazaran ucuz görülmektedir. Ancak istenilen kalitenin sağlanamaması bunun emniyetli olmadığını göstermektedir.

- . Küçük şantiyelerde ortalama mukavemet düşük ve dağılımlar fazladır.
- . Küçük şantiyelerde genellikle kalite kontrol derecesi zayıftır.
- . Büyük şantiyelerin istenilen mukavemete yaklaşması daha kolay olmaktadır. Kalitenin daha kolay sağlanabilmesi, büyük şantiyelerin daha ekonomik olacağını göstermektedir.
- . Modern makineler kullanılmasına rağmen büyük şantiyelerin yeterli kalite kontrol derecesini sağlayamadıkları tesbit edilmiştir.
- . Büyük şantiyelerin kalite kontrol dereceleri ORTA'nın üstüne çıkmamaktadır.
- . Hazır beton kalitelerinin düşüklüğüne, kontrole gerekli önemin verilmemesinin ve şantiyede bu işle ilgili teknik eleman görevlendirilmemesinin sebep olduğu söylenebilir.
- . Yine hazır betonlarda uygun malzeme kullanılmasına rağmen kalitedeki düşmeye, kür şartları ile pompalama yanlışlıklarının da sebep olduğu tahmin edilmektedir.
- . Beton üreticilerinin bölgedeki çimentonun istenilen kalitede üretilmediğinden zaman zaman şikayetleri olmaktadır.

Yukarıda açıklanmış olan gözlemlere dayanarak, iyi kaliteli beton üretilmesi için iyi malzeme seçilmesi, modern makineler kullanılması ve şantiyede kalite kontrolüne önem vererek, bununla ilgili yetişmiş teknik eleman kullanılması hususlarının sağlanması gerektiği sonuçlarına varılmaktadır.

4. KAYNAKLAR

1. TS 500 (1975) "Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları"
2. TS 500 (1981) "Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları"
3. Kocataşkın, F., "Beton Üretiminde İstatistik Kalite Kontrolü", TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi, Beton Teknolojisi ve Sorunları Semineri, İstanbul, 1976.