

PREFABRİKASYON ENDÜSTRİSİNDE BETON KALİTESİNİN VE DENETİMİNİN MEVCUT DURUMU

Ersin ARIÖĞLU
Dr. İnş. Y. Müh.
Prefabrik Birliği
Ankara, Türkiye

ÖZET

Bildiride prefabrikasyon sektöründe üretilen betonların kalite ve kalite kontrol düzeyi on kuruluşta yapılan anket çalışması sonuçlarına bağlı olarak verilmiştir. İleri teknolojiye dayalı olarak endüstriyel üretim yapan bu sektörde üretilen betonlar BS 25-BS 40 arası yüksek dayanımlı betonlar olup etkin bir kalite kontrolüne tabidirler. Üretilen betonlarda ortalama örnekleme sıklığı her 32-33 m³ de bir olarak gerçekleştirilmektedir. Ortalama 34 kgf/cm² lik standart sapma veya %8.9 luk değişim katsayısı kontrolün etkin düzeyini yansıtmaktadır. Üretilen betonların hemen tümünde sınıf dayanımlarına ulaşılmakta, çok küçük bir bölümünde çok sınırlı düşmelere rastlanabilmektedir.

1. GİRİŞ

Beton günümüzün en yaygın kullanıma sahip taşıyıcı yapı malzemesidir. Dünyamızda yaşayan 5 milyar insanın yaklaşık 3.5 milyar gelişmemiş ülkelerde yer almakta, su, yol, enerji, sosyal hizmetler, konut, .. gereksinimleri halen yeterli düzeyde karşılanılmamış bulunmaktadır.

Dünyada enerji darboğazı ve maliyeti bilinmekte, enerji tüketiminden tasarruf etmek amacıyla yoğun çabalar harcanmaktadır. Beton en az enerji tüketimi ile üretilen yapı malzemesidir.

Dünyanın doğal kaynakları giderek kısılmakta, tükenmektedir. Beton, yüksek fırın curufu, uçucu kül, vb. sanayi artıkları veya yan ürünleri ile tras gibi doğal kaynakları değerlendirerek hem maliyetini düşürmekte, hem de çevre temizliğine katkıda bulunmaktadır.

Betonun kimyasal yapısı giderek daha iyi tanınmakta, özelliklerine daha iyi hakim olunabilmekte, geliştirilebilmektedir. 1950 lerde 300 kgf/cm² basınç dayanımı tavan gibi görünürken bugün 600-700 kgf/cm² basınç dayanımlı betonlar endüstriyel halde üretilmekte, özel uygulamalarda 1200-1300 kgf/cm² ye çıkılabilmektedir. Beton giderek ideal yapı malzemesi olmaktadır.

Türkiye’de 1987 yılında büyük çoğunluğu betonarme betonu olmak üzere 34 milyon m³ beton üretildiği, bu üretimin parasal karşılığının, kalıp ve donatı dahil, 4 trilyon TL. mertebesinde olduğu tahmin edilmektedir. Betonarme betonunun milli gelir içindeki payı % 5-6 düzeyine ulaşmaktadır. Ekonomik önemi bariz bu malzeme yaklaşık 15.000 müteahhit tarafından üretilmekte, en-çok dörtte birinin standartlara uygun kalitede olduğu sanılmaktadır. İnşaat Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi’nin betonda kalite ve denetimi sorunlarına geçmişte olduğu gibi bugün de sahip çıkması sevindiricidir. Bu bildiride prefabrikasyon sektöründe beton üretimine, kalitesine, denetimine yer verilecek, bu amaçla Prefabrik Birliği’nin, üye 10 kuruluşta yaptığı anket çalışmasının sonuçları değerlendirilecektir.

2. PREFABRİKASYON

Prefabrikasyon sözcüğü, inşaat mühendisliği literatüründe, yapıları elemanlara ayırarak, bu elemanların sabit tesislerde endüstriyel olarak önceden üretilmesi ve şantiyede birleştirilmesi teknikleri için kullanılmaktadır. Planlama, programlama ve kontrole elverişli endüstriyel yöntemlerle seri üretim prefabrikasyona yüksek hız, yüksek verimlilik ve kalite kazandırmakta, sonucunda ekonomik kılmaktadır.

Prefabrikasyon fikri ilk uygarlıklar kadar eski olmakla birlikte bugünkü anlamıyla prefabrikasyonun temelleri 19. yüzyıl başlarında atılmış, kitle uygulamaları 2. dünya savaşı sonlarına rastlamıştır. Prefabrikasyonun inşaat sektörü içindeki payı A.B.D. de % 45, Batı Avrupa ülkelerinde % 50, Doğu Bloku ülkelerinde % 80 düzeylerindedir.

Türkiye’de prefabrikasyon 1960’lı yıllarda tek katlı endüstri yapıları ile başlamış ve bu alanda süratle yaygınlaşarak endüstri yapılarının büyük bölümü prefabrikasyonla inşa edilir olmuştur. Ulaşım sektöründe köprü, viyadük kirişlerinin öngerilmeli betondan prefabrik üretimi artmaktadır. Son yıllarda öğrenci yurtları ve benzeri eğitim yapıları, kapalı salon gibi spor yapıları, çok katlı otopark ve benzeri ticari yapılar, toplu konut alanlarına prefabrikasyon girmiştir. Uygulanan yöntemler, kullanılan teknolojiler, sağlanan kalite açısından sektör gelişmiş batı ülkeleri ile benzeri düzeydedir.

Prefabrik Betonarme Yapı Üreten Kuruluş Mensupları Birliği, kısa adıyla Prefabrik Birliği, çatısı altında 21 üye kuruluşu toplamaktadır. Üye kuruluşların beton üretim kapasitesi 800.000 m³/ yıl mertebesinde. Birlik dışı prefabrik üretimle beraber bu miktarın en fazla 1.5 milyon m³'e ulaşacağı tahmin edilmektedir ki bu da betonarme betonu içinde % 5 gibi bir payı göstermektedir.

İ.M.O. İstanbul Şubesinin I. Ulusal Beton Kongresini düzenleyeceği öğrenilince Birlik üyesi kuruluşlar arasında beton üretimlerine ilişkin bir anket düzenlenmiştir. Bildiri bu anket çalışmasının sonuçlarını içermekte, üye 10 kuruluşta üretilen 375.000 m³/yıl betona ait verileri sunmaktadır. Kapsam olarak çalışma Birlik üyesi kuruluşların üretimlerinin yaklaşık yarısını, tüm prefabrik beton üretiminin ise tahminen dörtte birini temsil etmektedir.

3. PREFABRİKASYON SEKTÖRÜNDE BETON

3.1 Üretilen Beton Türleri ve Sınıfları

Çizelge I üretilen betonun türlerine ve sınıflarına göre miktarlarını vermektedir. Üretilen betonun % 74 ünün betonarme betonu, % 20 sinin öngerilmeli beton, % 6 sının da donatısız beton olduğu anlaşılmaktadır. Öngerilmeli beton üretimi köprü kirişlerinden (% 56 pay) ve boşluklu duvar veya döşeme elemanlarından (% 44 pay) oluşmaktadır. Betonarme üretimin büyük bölümü (% 73) prefabrik karkas (kolon, kiriş, döşeme, duvar panosu, ...) % 24 ü kazık ve direk, kalan % 3 ü kanalet, plak ve sair üretimdir. Donatısız beton üretimi parke taşı, bordür taşı, çiçeklik vb kent mobilyalarını yansıtmaktadır.

Çizelge I üretilen beton sınıflarının BS 20 den başlayarak BS 50'ye kadar uzandığını göstermektedir. TS 500 de öngörülen en yüksek beton sınıfının BS 50 olduğu hatırlanırsa prefabrik betonun kalite düzeyi olarak bu üst sınıra ulaştığı görülmektedir. BS 50, B500 ve BS 20 sınıflarının sektörün ana üretimlerini temsil etmeyen ürünlere ait ve paylarının da küçük oldukları göz önünde tutulur ve değerlendirme dışı bırakılırsa prefabrik betonun sınıflara dağılımı çizelge II'deki biçimini almaktadır. Üretimin % 37 si BS 25, % 22 si BS 30, % 17 si BS 35, % 24 ü de BS 40 dır. Betonların küp dayanımları 300 kgf/cm² den başlamakta, yaklaşık üçte ikisi 350-450 kgf/cm² düzeyinde yer almaktadır. 1970 li yıllarda B 300 betonun TS 500 deki en yüksek sınıf olduğu ve fiilen ülkemizde çok az üretildiği hatırlanırsa prefabrik betonun bugünkü kalite düzeyi daha iyi değerlendirilebilir. Bugün bile geleneksel yöntemle bina üretiminde hakim sınıflar B 160 ve B 225 olmakta, B 300'e ender

**ÇİZELGE I- ÜRETİLEN BETONUN TÜRLERİNE VE SINIFLARINA
BAĞLI OLARAK MİKTARI VE DAĞILIMI**

BETON SINIFI	ÖNGERİLMELİ BETON	BETONARME BETONU	DONATISIZ BETON	TOPLAM (m ³)	ORAN
BS 20		11.400		11.400	% 3
BS 25	20.000	104.900	900	125.800	% 34
BS 30	13.000	60.500	6.000	79.500	% 21
BS 35	14.000	42.500		56.500	% 15
BS 40	28.100	54.000		82.100	% 22
BS 50		4.900		4.900	% 1
B 500			15.200	15.200	% 4
TOPLAM(m ³)	75.100	278.200	22.100	375.400	% 100
ORAN	% 20	% 74	% 6	% 100	

**ÇİZELGE II- PREFABRİKASYON SEKTÖRÜNDE ANA ÜRETİMİN
SINIFLARA DAĞILIMI**

BETON SINIFI	ÖNGERİLMELİ BETON	BETONARME BETONU	TOPLAM (M ³)	ORAN
BS 25	20.000	104.900	124.900	% 37
BS 30	13.000	60.500	73.500	% 22
BS 35	14.000	42.500	56.500	% 17
BS 40	28.100	54.000	82.100	% 24
TOPLAM(m ³)	75.000	261.900	337.000	% 100
ORAN	% 22	% 78	% 100	

olarak rastlanmaktadır. Yüksek dayanımlı beton kullanılması malzemeden önemli oranda tasarruf yapılmasına imkan vermektedir.

3.2 Laboratuvar ve Kalite Kontrol Olanakları

Endüstriyel üretimde verim, başarı için kalite, dolayısı ile kontrolü, vazgeçilemez ön koşuldur. Beton bileşimlerini en iyilemek, üretimini denetim altında tutmak, fabrikaya giren malzemelerle çıkan ürünleri kontrol etmek amacıyla kalite kontrol faaliyetleri üretimin ayrılmaz parçası olmaktadır. Bu açıdan anket yapılan kuruluşlar irdelendiğinde aşağıdaki belirlemeler yapılabilmektedir.

- Kuruluşların tümünde birer laboratuvar vardır.
- Kuruluşların kalite kontrol bölümlerinde görevli personel sayısı 3 ila 12 arasında değişmektedir. Başlarında tecrübeli bir sorumlu bulunmaktadır.
- Her kuruluşun üretimleri için uyguladığı bir kalite kontrol planı bulunmaktadır. Bir kuruluşun ki örnek ve özet olarak çizelge III'de verilmektedir.
- Prefabrik Birliği bu alanda meslek içi eğitim seminerleri düzenlemektedir. Ocak 1988 de yapılan 13 kuruluştan 33 eleman katılmıştır. 1989 da kalite kontrol alanında bir seminer daha düzenlenecektir.
- Özetle kalitenin kontrolü alanında inşaat sektörü içinde prefabrik betonun ayrıcalıklı bir konuma sahip olduğu görülmektedir.

3.3 Denetim Sıklığı

Çizelge III de örnek olarak, yapılan deneyler ve hangi sıklıkta uygulandıkları verilmişti. Burada yalnızca basınç dayanımı özelliği daha ayrıntılı biçimde ele alınacaktır. Bilindiği gibi basınç dayanımı betonda aranan temel özellik olup genelde kalitesinin de ölçüsü olarak kabul edilmektedir. Beton sınıfları da basınç dayanımının 28 günlük değerine göre düzenlenmektedir. Bu özelliğin denetim altında tutulması zorunlu olmakta, TS 500 her 50 ila 100 m³ beton-
dan en az 3 numunelik örnek alınmasını öngörmektedir.

Çizelge IV beton sınıflarına bağlı olarak ortalama kaç metreküp beton-
dan örnek alındığını göstermektedir. Bir örnek en az 3 adet küp veya silindirik numuneden oluşmaktadır. Prefabrik betonda örnek içindeki numune sayısı, değişik yaşlar için 8 e, 12 ye kadar çıkabilmektedir.

**ÇİZELGE III- BİR KURULUŞTA BETON ÜRETİMİNDE UYGULANAN
KALİTE KONTROL PLANI ÖRNEĞİ**

MALZEME	İŞLEM	SIKLIK
ÇİMENTO	• KK Raporu • Numune alma • Deney	• Her hafta • Her gün • Gerektiğinde
AGREGA	• Elek analizi • Özgül ağırlık-su emme • Gevşek-sıkı birim ağırlık • Kil topağı • Çamur miktarı • Yüzey nemi oranı	• Haftada iki • Ayda bir • Ayda bir • Her teslimatta • Haftada iki • Hergün (bir veya iki)
TAZE BETON	• Slump • Birim ağırlık • Hava miktarı • Priz süresi (Penetrometre ile) • Taze çimento muhtevası (Ram) • Karışım granülometrisi	• Her mikserden • Haftada iki • Haftada bir • Buhar kürü uygulanan her üretimde • Haftada bir • Haftada bir
SERTLEŞMİŞ BETON	• Basınç Dayanım Deneyi • Su emme %'si (ürün) • Birim ağırlık (ürün)	• 1-3-7-28 Gün • Haftada bir • Haftada bir
PREFABRİK ELEMANLAR	• Boyut kontrolü • Beton çekici • Yükleme deneyi	• Her üretimden sonra • Transfer için • Her değişik proje için ve gerektiğinde

**ÇİZELGE IV- BASINÇ DAYANIMI ÖLÇMELERİ İÇİN ORTALAMA KAÇ M3
BETONDAN ÖRNEK ALINDIĞI**

BETON SINIFI	ÖNGERİLMELİ BETON	BETONARME BETONU	ORTALAMA
BS 25	30	33	33
BS 30	40	28	30
BS 35	30	37	35
BS 40	8	159	107
ORTALAMA	24 (33)	58 (32)	50 (33)

Çizelgenin incelenmesinden türlerine ve sınıflarına bağlı olmadan genelde ortalama her 30 ila 40 m³ betondan bir takım numune alındığı görülmektedir. Öngerilmeli BS 40 betonunda örnekleme 8 m³ de bire çıkması bir günde dökülen eleman sayısına bağlanan kontrol yöntemlerinden kaynaklanmaktadır. BS 40 betonarme betonunda örnekleme sıklığının 159 m³ de bire düşmesi bir fabrikadaki seri direk üretiminden ortalama 200 m³ de bir örnek alınmasından ileri gelmektedir. Genel durumu temsil etmeyen bu değerler değerlendirmeye dahil edilmez ise prefabrik betonda her 32-33 m³ betondan örnek alınarak basınç deneyine tabi tutulduğu anlaşılmaktadır. Bu değer TS 500 de öngörülen sıklıktan daha iyidir.

3.4 Basınç Dayanımları için İstatistik Veriler

Her kuruluştan her sınıf beton için en az 50 değer içeren bir döneme ait ortalama dayanımlar, standart sapmalar ve değişme katsayıları alınmış, kuruluştan gelen verilerin ağırlıklı ortalaması olarak her sınıfa ait değerler hesaplanmıştır. Bu değerler çizelge V de verilmektedir. Çizelgenin incelenmesinden,

- Standart sapmanın 27 ila 49 kgf/cm² arasında değişip ortalama olarak 29-46 kgf/cm² aralığında yer aldığı;
- Değişme katsayısının % 5.3 ila 13.6 arasında değişip, ortalama olarak % 6.5-11.2 aralığında yer aldığı;
- Çok anlamlı olmasa bile tek bir değer verilmek istenirse, genel ortalama olarak standart sapmanın 34 kgf/cm², değişme katsayısının % 8.9 olduğu;

**ÇİZELGE V.- BASINÇ DAYANIMI DEĞERLERİNİN ARİTMETİK ORTALAMASI ($\bar{X}$)
STANDART SAPMASI (s) VE DEĞİŞME KATSAYISI. (N/mm²)**

BETON SINIFI	ÖNGERİLMELİ BETON			BETONARME BETONU			ORTALAMA		
	$\bar{x}$	s	v(%)	$\bar{x}$	s	v(%)	$\bar{x}$	s	v(%)
BS 25				33	2.9	8.8	33	2.9	8.8
BS 30	36	4.9	13.6	37	3.5	9.5	37	3.7	10.0
BS 35	42	4.8	11.8	40	4.4	11.0	41	4.6	11.2
BS 40	51	2.7	5.3	47	3.3	7.0	48	3.1	6.5
ORTALAMA		3.8	8.9		3.4	9.0		3.4	8.9

**ÇİZELGE VI.- ÜRETİLEN BETONLARDA FİİLEN ELDE
EDİLEN SINIF DAYANIMLARI**

BETON SINIFI	ÖNGERİLMELİ BETON	BETONARME BETONU	ORTALAMA (N/mm ²)
BS 25		29.3	29.3
BS 30	29.8	32.5	32.3
BS 35	35.9	34.4	35.1
BS 40	47.5	42.8	44.0

anlaşılmaktadır. Bu değerler prefabrik beton üretiminde çok iyi düzeyde oto kontrol uygulandığını açıklıkla ortaya koymaktadır.

Çizelge V deki verilerden itibaren TS 500 uyarınca hesaplanan sınıf dayanımları beton türlerine ve sınıflarına göre çizelge VI ya işlenmiştir. Genelde sınıf dayanımlarının ilgili sınırları aştığı, ancak BS 30 önerilmeli betonunda 2 kgf/cm^2 , BS 35 betonarme betonunda ise 6 kgf/cm^2 , sınırın altında kaldığı görülmektedir. Bu değerler prefabrik betonda ulaşılan kalite düzeyini somut biçimde göstermektedir.

4. SONUÇ

Ülkemiz genelinde beton üretiminde kalite sorunları bilinmekte, duyulmakta, yaşanılmaktadır. Her üretimde olduğu gibi beton üretiminde de kalitenin,

- Nitelikli, bilgili kadrolar
- Nitelikli malzeme
- Nitelikli makina-teçhizat

ile sağlanabileceği açıktır. Prefabrikasyonun yoğun endüstriyel niteliği kalitenin bu üç ana girdisi için uygun ve zorunlu bir ortam oluşturmaktadır : kalitesizliğin bedeli derhal alınamayan kalıp, kesilemeyen öngerme telleri, atılan bozuk ürün, diğer kelimelerle zaman, emek ve kaynak kaybı olarak ödenmektedir. Kalite zorunluk olmakta, veriler de bu kaliteyi doğrulamaktadır.

5. ÖNERİLER

Prefabrik betonda kalite sorunu olmamasına karşın genelde beton üretiminde ülkemizde güvenlik, zaman içinde dayanıklılık ve ekonomi açılarından ciddi sorunlar olduğu bilinmektedir. 1972 yılında İstanbul şantiyelerinde yaptığımız kapsamlı bir araştırma [1] sorunun boyutlarını bütün çıplaklığı ile ortaya koymuştu. Beton üretiminin teknik-teknolojik ögesinin yanında sosyal ve ekonomik öğeleri'de bulunmakta, ülkemizin genel sorunlarından soyutlanarak çözülmesi mümkün görülmemektedir. Betonun gelişme çizgisi ülkenin genel gelişme, kalkınma çizgisinden, gelir düzeyinden, eğitim düzeyinden, kalite bilincinden, sanayileşme sürecinden bağımsız olarak düşünülemez. Bu bütünün bir parçasıdır, her alanda yapılacak hamleye ihtiyacı vardır. Beton seven, tanıyan, 25 yıldır üreten ve kullanan bir mühendis olarak aşağıdaki önerilerin sıralanmasında yarar görülmektedir.

- Betonun güvenlik ve ekonomi açılarından önemi, toplumsal boyutu konusunda kamuoyu aydınlatılmalı, bilinçlendirilmelidir. Bu açıdan devlete, yerel yönetimlere, üniversitelere, meslek kuruluşlarına, Türk Standartlar Enstitüsüne, Milli Prodüktivite Merkezine, kamu veya özel her kesime görevler düşmektedir.
- Beton üretiminde envanter çalışmaları yapılmalı, kalite ve denetimi objektif ölçülerde incelenmeli, mevcut durum saptanmalıdır. Bu kongrenin arkası getirilmeli; bu yönde çalışmalar başlatılmalıdır.
- Çimentoların kalitesi çimento sektörü dışı bir denetime tabi tutulmalı, kalitedeki aşırı değişkenlik azaltılmalıdır.
- Agregalar, ocakları, rezervleri, nitelikleri tespit edilmeli, verimli işleme yöntemleri saptanmalıdır.
- Beton konusunda standartlarımızdaki eksiklikler giderilmeli, üretim yöntemlerine, üretim ekipmanına, kalite kontrolüne ilişkin standartlar, klavuzlar hazırlanmalıdır.
- Ülkedeki laboratuvar kapasitesi artırılmalı, beton endüstrisinin hizmetine çağdaş, hızlı, ekonomik servis verecek biçimde sunulmalıdır.
- Beton konusunda araştırmalarımız, yayınlarımız, eğitim faaliyetlerimiz yetersizdir. Betonlarımızın sünme ve rötre özellikleri hakkında çok az veri vardır. Araştırma ve yayın faaliyetlerine ağırlık verilmelidir.
- Yurt dışındaki yenilikleri, gelişmeleri ülkeye aktaracak, bunları özümseyecek, uyarlayacak ve uygulayacak kadrolara, uzman beton mühendislerine ihtiyaç artmaktadır.
- Beton üretiminde ve denetiminde görev alan her kademedeki insan gücü beton teknolojisi bilgisi ile muhakkak teçhiz edilmeli, eğitilmelidir.
- Kaliteyi ve yasal sorumlulukları denetleyici örgütler kurulmalı ve müesseseleştirilmelidir.
- Yukarıda sayılan çalışmaları planlayacak, izleyecek, denetleyecek, icabında organize edecek, yürütecek, .. bir "Beton Enstitüsü" muhakkak en kısa zamanda kurulmalıdır.

KAYNAKLAR

1. Arıoğlu, E., "İstanbul'da Üretilen Betonarme Betonların Nitelikleri," Beton Teknolojisi ve Sorunları, T.M.M.O.B. İnşaat Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi, İstanbul, 1976.