

TÜRKİYE'DE YÜKSEK DAYANIMLI BETON ÜRETİMİNDE UYGULAMANIN VE ARAŞTIRMANIN MEVCUT DURUMU

Erbil ÖZTEKİN

Doç. Dr.

KAL-TEK BETON

İstanbul, Türkiye

Haluk İŞÖZEN

İnş. Müh.

İMO

İstanbul, Türkiye

Abdülselem SUVAKÇI

İnş. Müh.

İMO

İstanbul, Türkiye

ÖZET

Bildiride ülkemizde yüksek dayanımlı beton üretiminde uygulamanın ve araştırmanın mevcut durumu incelenmiş, bu amaçla derlenen bilgiler değerlendirilmiştir. Fiilen uygulanan en yüksek beton sınıfları prefabrikasyonda ve büyük taahhüt projelerinde BS 45-BS 50'ye, hazır beton sektöründe BS 30-BS 35'e ulaşmaktadır. Sınırlı laboratuvar araştırmalarında numune üzerinde 100-140 MPa'lık küp basınç dayanımları gözlenebilmektedir. Gerek laboratuvar sonuçları, gerekse seri üretim koşullarında yapılan az sayıdaki pilot çalışma BS 60-BS 65 gibi beton sınıflarının üretilebileceğini ve uygulanabileceğini göstermektedir. YDB alanında daha çok araştırma, değerlendirme ve sentez çalışmasına gereksinme vardır.

1- GİRİŞ

Dünyadaki gelişmelere paralel olarak ülkemizde de Yüksek Dayanımlı Betona (YDB) ilgi duyulmuş, laboratuvarda küp basınç dayanımı 100-120 MPa dolayında beton numuneler üretilebilmesi [1,2] mühendislik kamuoyunu cezbetmiş, 2. Ulusal Beton Kongresinin YDB'ya ayrılması ve beraberinde ulusal düzeyde bir Yüksek Dayanımlı Beton Numune Üretimi Yarışması düzenlenmesi bu alanda ilgi yoğunlaşmasına neden olarak bazı çalışmaların itici gücü olmuştur.

İki yıl önce düzenlenen ve ülkemizde beton kalitesini ve denetimini ana konu alan 1. Ulusal Beton Kongresinde sektör bazında üretilen beton sınıfları ele alınmış ve aşağıdaki özet sonuçlara varılmıştı [3]:

* Prefabrikasyon sektöründe hakim beton sınıfları BS 25-BS 40 arası sınıflardır. Bu sektörde üretimin otokontroluna önem verilmekte, genelde sınıf dayanımı tutturulmaktadır [4].

* Büyük taahhüt kuruluşlarında üretilen beton sınıfları genelde BS 25-BS35 aralığında yer almakta, BS 30, BS 35 gibi betonlar daha ziyade sanat yapıları, yüksek yapılar ve benzeri önemli projelerde uygulanmaktadır. Sektör, özellikle otoyol projelerinde kullandığı ve şantiyede prefabrikasyon uygulayarak ürettiği öngörilmeli köprü kirişlerinde B 40-B 45 gibi beton sınıflarını da kullanmaktadır [5,6].

* Hazır Beton sektöründe hakim sınıflar B 160 ve B 225 betonlarıdır. B 300 sınıfı betonların toplam üretim içindeki payı % 4'den azdır [7].

* Şantiyede beton üretilip döken ve genelde bina, konut sektöründe faaliyet gösteren küçük kuruluşlarda hakim beton sınıfı B 160'dır. Bu sektörde kalitenin denetimi ve sınıf dayanımının tutturulması açısından çok ciddi sorunlar vardır.

Aradan geçen iki yıl içinde sağlanan gelişmeleri izlemek, özellikle üretilen ve uygulanan üst beton sınıflarına ilişkin veri toplamak ve yüksek dayanımlı beton alanında yürütülen araştırma çalışmalarına ilişkin bilgi derlemek amacıyla bir anket çalışması hazırlanmış ve her sektörden çok sayıda kuruluşa gönderilmiştir. Yapılan tekitlere rağmen anketi cevaplayan kuruluş sayısı hayli sınırlı kalmıştır. Bunda mühendislik eğitimimizde ve geleneğimizde yazılı rapor hazırlama, yazılı ve hassas bilgi verme alışkanlığımızın yetersiz kalmasının etken olduğu düşünülmektedir. Bununla beraber cevaplanan anketlerden, bu kongreye sunulan bildiri özetlerinden, yarışmaya katılan kuruluşların bilgi föylerinden ve izlenen diğer çalışmalardan derlenen bilgiler konuya ışık tutacak mahiyettedir.

Bu çerçevede bildirinin amacı ülkemizde fiilen üretilen ve uygulanan yüksek dayanımlı betonlarla, laboratuvarında veya seri üretim koşullarında yürütülen deneysel çalışmalar hakkında bilgi derleyerek mevcut konumu belirlemektir. Çalışmada "yüksek dayanımlı beton" kavramına uluslararası ölçekte 60 MPa veya 80 MPa gibi katı bir sınır getirilmemiş, ülkemizde sektörlere göre alışılmışın üst sınırlarında yer alan betonlar YDB olarak kabul edilmiştir.

Prefabrikasyon sektöründe BS 40 ve üstü sınıflar dikkate alınırken, hazır beton sektöründe BS 30, BS 35 gibi çok az üretilen betonlar da değerlendirmeye alınmıştır.

Anket çalışmasının içeriğini yansıtmak amacıyla bir anket formu Ek-1'de verilmiştir.

2- FİİLİ ÜRETİM VE UYGULAMADA MEVCUT DURUM

2.1 Prefabrikasyon Sektörü

İki yıl öncesine kadar prefabrik kolon ve kirişlerinde BS 35, Panelton öngerilmeli boşluklu döşeme ve duvar elemanlarında BS 30 betonu kullanan Yapı Merkezi (İstanbul), Panelton üretiminde, bazı projelerde yük taşıma kapasitesini veya geçilen açıklığı arttırabilmek amacıyla, BS 40 sınıfı beton kullanmıştır. Prefabrik endüstri yapılarına ilişkin üç projedeki öngerilmeli çatı makası kirişlerinde ilk kez BS 50 sınıfı beton uygulamıştır. BS 50 betonu mevcut TS 500/Nisan 1984 "Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları" standardımızda tanımlanmış en yüksek beton sınıfıdır. PÇ 325 çimento, maksimum tane büyüklüğü 20 mm olan kalker kırmataş iri agrega, kalker kırma kum ve Podima kumu, süperakışkanlaştırıcı katkı kullanılarak üretilen bu betonda su/çimento oranı 0,42, çökme 8-10 cm olmuş, 28 günlük küp (15 cm) basınç dayanımı ortalaması 59 MPa, standart sapma 4,5 MPa, değişkenlik katsayısı %7,6 olarak gerçekleştirilmiştir. Bu kirişler için üretilen BS 50 betonu miktarı şimdilik çok sınırlı bir düzeydedir.

Niğbaş (Niğde) TEK için ürettiği beton direklerde statik yükler açısından BS 45 betonu kullanmaktadır. Günlük üretimin 75 metreküpe ulaştığı bu betonda 500 kg/m³ PÇ 325 çimento, maksimum tane büyüklüğü 15 mm olan agrega kullanılmakta, çökme 2 cm, su/çimento oranı 0,35 olmaktadır. Alınan numunelerin ortalama dayanımı 45 MPa, standart sapması 2,7 MPa, değişkenlik katsayısı % 6'dır.

Set Betoya (Manisa) endüstri yapılarında kullandığı öngerilmeli bileşenlerde 12.000 m³/yıl mertebesinde BS 40 betonu uygulamaktadır. 3 cm çökmeli, 0,36 su/çimento oranlı bu betonlarda 450 kg/m³ PÇ 325 çimento, 30 mm maksimum agrega dane büyüklüğü, %1 süperakışkanlaştırıcı kullanılmış, ortalama dayanım 49.7 MPa, standart sapma 3.7 MPa, değişkenlik katsayısı % 7.5 olmuştur.

Eston (Eskişehir) prefabrik endüstri yapıları bileşenlerinde BS 40 betonu uygulamakta, üretimde PÇ 400 çimento, 16 mm maksimum tane büyüklüğünde dere agregası, akışkanlaştırıcı katkı kullanmaktadır. Betonun su/çimento oranı 0,42, çökmesi 6 cm, ortalama dayanımı 49.4 MPa, standart sapması 1.4 MPa, değişkenlik katsayısı % 2.9'dur.

Alke (İstanbul) İSKİ'ye ürettiği öngerilmeli beton veya betonarme borularda kırk bin metreküpü aşkın BS 45 betonu kullanmıştır. Çökmenin 3 cm, su/çimento oranının 0,42 olduğu betonlarda ASTM Tip V çimento kullanılmıştır.

DSİ'nin Adana'daki kanalet ve boru fabrikalarında kullandığı yüksek nitelikli betonlar daha önce bir bildiriye konu olmuştur [8].

Pekintaş'ın (Düzce) Gerede-Ankara Otoyolu için ürettiği öngerilmeli beton kirişlerde beton sınıfı BS 47.5 (B 52,5)'dur. Söz konusu betona ilişkin bilgiler bu kongreye sunulan bir bildiriye konu olacaktır [9].

Prefabrikasyon sektöründe beton kalitesinin üretimin hızı ve ekonomisi açısından hayati önemi bu sektörde etkin bir oto kalite kontrol sistemini zorunlu ve verimli kılmaktadır. Genelde donanımlı bir laboratuvar, eğitilmiş yeterli sayıda personel ve organizasyon şemasında sorumlu ve yetkili bir konum bu sektörde kalite kontrol birimlerinin ortak özellikleridir. Bu nedenle sektör BS 45-BS 50 betonlarını BS 25-BS 30 betonlarında ulaştığı başarı ve verimle üretme potansiyeline sahiptir.

Uygulanan yüksek beton sınıfları açısından sektör Avrupa'lı benzerleriyle aynı düzeydedir. Biraz daha yüksek dayanımlı betonlar Fransa'da da yeni uygulamaya girmektedir [10]. Bunlarda da dayanım düzeyi 10 cm'lik küp numuneler üzerinde 55-65 MPa dolayındadır. Ama sektörün üretiminin ağırlığının BS 25-BS 35 betonlarında [4] bulunduğu gözönünde tutulursa prefabrikasyon kuruluşlarımızın hamlelerini sürdürebilecekleri ve beton sınıflarını yükselterek daha hafif, daha ekonomik, daha yüksek performanslı yapı elemanları üretebilecekleri anlaşılmaktadır.

2.2 Taahhüt Sektörü

Taahhüt sektörünün yüksek dayanımlı betonlarını iki ayrı grupta ele almak mümkündür. Birinci grupta sektörün

özellikle otoyol projelerinde köprüler ve viyadükler için şantiye prefabrikasyonu yoluyla ürettiği öngerilmeli kirişler bulunmaktadır. Bu kirişlerde genelde beton B 45-B 52,5 sınıflarında olup prefabrikasyon sektöründe üretilen yüksek dayanımlı betonlarla aynı düzeydedir. Karayolları Genel Müdürlüğünün denetiminde genelde Türk-yabancı ortaklığın üstleniminde yürütülen bu projelerde gerek üretici, gerekse denetçi kuruluşlar etkin bir kalite kontrol planı uygulamaktadır. Kınalı-Sakarya Otoyolunda STFA'nın elde ettiği sonuçlar 1. Ulusal Beton Kongresinde sunulmuştur [6]. STFA'nın YDB uygulamalarına ilişkin daha kapsamlı bilgiler bu kongreye sunulmaktadır [11].

Gerede -Ankara Otoyol projesinde ENKA-BECHTEL Ortaklığı B 45 sınıfı betonu 440 kg/m^3 PÇ 400 çimento, maksimum 20 mm tane büyüklüğünde kırmataş, ayrı ayrı iri ve ince kum, % 1 süperakışkanlaştırıcı kullanarak üretmiş, su/çimento oranı 0,45, çökme 18 cm'nin altında olmuştur. 28 günlük ortalama dayanım 48.8 MPa, standart sapma 1.9 MPa, değişkenlik katsayısı % 3.9'dur. Bu projede kontrol kuruluşu KGM'nin 1989-1991 yılları arasında aldığı 2283 numune üzerinde elde edilen ortalama dayanım 66.6 MPa, standart sapma 5.6 MPa, değişkenlik katsayısı % 8.4 olarak gerçekleşmiştir [12].

TEKFEN-IMPRESIT Ortaklığı tarafından Tarsus-Adana-Gaziantep otoyolu projesinde üretilen B 45 betonlarında PÇ 400 çimento, 20 mm maksimum tane büyüklüğünde kırmataş iri agrega, dere kumu ve süperakışkanlaştırıcı katkı kullanılmıştır. Yılkale şantiyesinde su/çimento oranı 0,40, çökme 20 cm, ortalama dayanım 49.8 MPa, standart sapma 3.1 MPa, değişkenlik katsayısı % 6.2 olmuştur. Başka bir şantiyede su/çimento oranı 0,35, çökme 20 cm (1 saat sonunda 10 cm), ortalama dayanım 55 MPa, standart sapma 3.0 MPa, değişkenlik katsayısı % 5.5'dur.

Bu grupta ilginç başka bir örnek Karayolları 13. Bölge Müdürlüğünün denetiminde Gazipaşa Köprüsü için yerinde üretilen öngerilmeli beton kirişlerdir. Toplam 340 m^3 BS 30 betonu üretilmiş, doğal kum ve çakıl, KPÇ 325 çimento kullanılmış, su/çimento oranı 0,43, çökme 7 cm olmuştur. Üretimden alınan 114 silindir numune üzerinde belirlenen 28 günlük ortalama dayanım 37.1 MPa, standart sapma 3.6 MPa, değişkenlik katsayısı % 9.6'dır. Üretimde 1/3 metre küp harman kapasiteli küçük bir santral, taşımada traktör römork, agrega için yıkamalı elek kullanılmış, bu mütevazı

imkânlarla BS 30 betonu başarıyla üretilebilmiştir.

İkinci grupta sektörün santiye prefabrikasyonu dışında ürettiği betonlar yer almaktadır. ATA İnşaat Atatürk Barajı ve HES İnşaatında son üç yılda 10.000 m³ BS 38, 165.000 m³ BS 36 betonu dökmüştür. Dolusavak eşik yapısı, şüt kanalı, dinlendirme havuzu gibi yüksek su hızlarına maruz bölgelerin döşeme ve duvarlarında kavitasyona karşı yeterli dayanıklılığın sağlanması amacıyla yüksek dayanımlı olarak projelendirilen bu betonlar bir yandan üretici firmanın, diğer yandan D.S.İ'nin etkin kalite denetimi altında üretilmişlerdir. 0.1-1.5, 1.5-5, 5-15 ve 15-32 mm olmak üzere 4 tane sınıfı agrega, KPÇ 325 çimento, akışkanlaştırıcı, süperakışkanlaştırıcı veya priz geciktirici katkı kullanılan betonların su/çimento oranı 0.40-0.45, çökmesi 5-16 cm olmuştur. Taze beton sıcaklığını 8-25°C sınırları arasında tutabilmek için kış koşullarında sıcak su, yaz koşullarında soğuk su veya buz kullanılmış, bu tekniklere hakim olunması gerekmiştir. Nitelik denetimi için üretici firma üç yılda 383 silindir numune almış, 28 günlük ortalama dayanım 38 MPa, standart sapma 3 MPa, değişkenlik katsayısı % 8 olarak gerçekleşmiştir. D.S.İ'nin ekim 1989-haziran 1990 döneminde aldığı 153 numune üzerinde 28 günlük sonuçlar sırasıyla 38.1 MPa, 2.9 MPa ve % 7.5, 90 günlük sonuçlar 42.8 MPa, 3.4 MPa ve % 7.9 olarak gerçekleşmiştir.

ALARKO tarafından M.S.B. NATO Enfrastrüktür Dairesi için YALÇIN TEKNİK'in müşavirliğinde yapılan Mürted Havaalanı Fiziki Korunmalı Avionik Atölye binasında, binayı patlamalara karşı korumak amacıyla inşa edilen betonarme kabukta 10500 metreküp B 55 (BS 50) betonu kullanılmıştır. Bu dayanım düzeyi 1 yıl sonunda istenmektedir. İki metre kalınlığında kütle betonu niteliğindeki betonu hidrasyon ısı ve çatlak oluşumu sorunlarından korumak için özel önlemler alınmış, kışın PÇ 400, yazın % 50 PÇ 400+%50 CÇ 325 karışımı kullanılmıştır. Üretim süresince 482 numune alınmış, 90 günlük ortalama küp dayanımı 60 MPa, standart sapma 4.3 MPa, değişkenlik katsayısı % 7.2 olmuştur. Müşavir firmada bir yabancı uzman görev yapmıştır.

Yine M.S.B NATO Enfrastrüktür Dairesi için KİSKA tarafından inşa edilen Çorlu Havaalanı pist, paralel pist, apron ve yan yollarında yüksek dayanımlı beton kullanılmış, ancak belirlenen özellik basınç dayanımı değil eğilme dayanımı olmuş, 7 günde 3.15, 28 günde 4.5 MPa değerleri istenmiştir. Aşınma dayanımı yeterliği açısından bazalt

kırmataş iri agrega ve kırma kum, PÇ 325 çimento, hava sürükleyici katkı kullanılan betonlarda su/çimento oranı 0.45, çökme 0-2.5 cm olmuştur. Toplam miktarı 135.000 metreküp olan betonun 28 günlük ortalama eğilme dayanımı 5.8 MPa, basınç dayanımı 40 MPa mertebesinde gerçekleşmiştir.

İş merkezi, otel türü yüksek yapılarda uygulanan beton sınıfları BS 25-BS 30 düzeyinde gerçekleşmekte, nadiren BS 35'e ulaşmaktadır. ALİ ÜSTAY A.Ş. Mersin Metropol projesinde BS 35 kullanmış, bu yapı betonuna ilişkin bilgiler daha önce sunulmuştur [13]. YAPI MERKEZİ Yedpa, Oto Yedek Parçacıları Toplu işyeri projesinde 70.000 m³ BS 35 betonu uygulamış, üretimde 20 mm maksimum tane büyüklüğünde kalker kırmataş, doğal kum, PÇ 325 çimento kullanmış, su/çimento oranı 0,45, çökme 8-10 cm olmuştur. Üretimde 28 günlük ortalama küp dayanımı 42 MPa, standart sapma 3.2 MPa, değişkenlik katsayısı % 7.6'dır.

ENKA kayar kalıp sistemiyle gerçekleştirdiği Kemerköy Termik Santrali baca inşaatında 7000 metreküp B 35 betonu uygulamıştır. PÇ 400 çimento, 0-32 mm doğal agrega, priz geciktirici katkı kullanılan betonun su/çimento oranı 0.50, çökmesi 12±2 cm olmuş, beton sıcaklığını 23°C civarında tutmak amacıyla hava koşullarına bağlı olarak önlemler alınmıştır. Ortalama dayanım 43 MPa, standart sapma 4.7 MPa, değişkenlik katsayısı % 10.9 olmuştur.

Bu sektörde kayda değer ilginç bir uygulama EMLAK BANKASI- TEKFEN Ortak Teşebbüsünün Sinanoba toplu konut projesinde tünel kalıp inşaatında kullandığı BS 30 betondur. BS 30 beton kullanılmasının temel amacı erken yüksek dayanım elde etmek olmuş, üretilen 2500 metreküp betonda 28 günlük dayanım 32-37 MPa aralığında kalmıştır. BS 30 sınıfı beton bize ulaşan bilgilere göre konut sektöründe uygulanan en yüksek dayanımlı betondur.

Hem prefabrikasyon hem de taahhüt sektöründe faaliyet gösteren güçlü firmalarımızın fabrika veya şantiye prefabrikasyonu üretimlerinde BS 40-BS 50 betonları rahatlıkla ve başarıyla uygularken, diğer üretimlerinde, özellikle yüksek yapılarda, BS 20-BS 35 betonlarla yetinmeleri anlaşılmasında güçlük çekilen bir olgudur.

2.3 Hazır Beton Sektörü

Genelde konut sektörünü besleyen hazır betoncuların ürettiği betonlar B 160 (BS 14), B 225 (BS 18) ve biraz da B 300 (BS 25) betonlarıdır. BS 25 üstü betonlar çok enderdir.

Anketi cevaplayan iki kuruluştan TBS Taşıma Beton A.Ş., Sabancı Center binası temellerine verdiği BS 30 betonuna ilişkin bilgileri aktarmıştır. Yaklaşık iki haftada 9000 metreküp beton teslim edilmiş, üretimde PÇ 325 çimento, süperakışkanlaştırıcı katkı, maksimum 25 mm büyüklüğünde kırmataş agregası, kırma kum ve doğal kum kullanılmış, su/çimento oranı 0.50, çökme 14-19 cm olmuştur. Alınan 96 numune üzerinde 28 günlük ortalama küp dayanımı 44.4 MPa, standart sapma 4.4 MPa, değişkenlik katsayısı % 9.9, % 10 güvenlik derecesine göre sınıf dayanımı 38.8 MPa olarak gerçekleşmiştir.

SET Beton Site Turizm'in Taksim Park Otel İnşaatına BS 35, Gültepe Alt Geçidi Köprüsü inşaatına 2800 metreküp B 400 (BS 35) betonu teslim etmiştir. Maksimum 25 mm tane büyüklüğünde kalker kırmataş agregası, kırma kum ve doğal kum, PÇ 325 çimento, akışkanlaştırıcı veya süperakışkanlaştırıcı katkı kullanılarak üretilen betonlara ilişkin istatistik değerlendirmeler verilmemiştir.

3- YDB ÜRETİMİNDE ARAŞTIRMA ÇALIŞMALARI

Yüksek dayanımlı betona üniversitelerimiz laboratuvarlarında ilgi duyulmuş, bitirme ödevi ve benzeri çalışmalar yapılmıştır. İçinde bulunan döneme ve çevre koşullarına göre mevcuttan daha yüksek dayanımlı betonlar da üretilmiştir. Uygulayıcı kuruluşlar, yeni projeler için kapasitelerinin üzerindeki performansa sahip betona ihtiyaçları olduğunda üniversitelerimize başvurmuşlar, bu tür talepler de bazı sınırlı çalışmaların nüvesi olmuştur.

Yüksek dayanımlı betona ilgi son yıllarda daha da artmış, Batı dünyasında yüksek yapılarda, petrol platformlarında, özel yapılarda fiilen gösterilen yüksek performans uygulayıcı kuruluşlarımızı da bu alana çekmiştir. Bu kongre ve paralelinde düzenlenen yarışma ilginin yayılmasına yardımcı olmuştur.

Bu alandaki araştırma çabalarını iki ayrı grupta ele almak mümkün görünmektedir: seri üretim koşullarında uygulamaya dönük olarak yürütülen çalışmalar ve laboratuvar çalışmaları.

3.1 Laboratuvar Çalışmaları

Üniversite ortamında sürdürülen çalışmalara ilişkin iki örnek [14,15] bu kongrenin 3. teması içinde yer almaktadır.

Yapı Merkezi [1,2] bir dizi laboratuvar çalışması sonunda PÇ 400 çimento, bazalt kırmataş agregası, bazalt kırma kum ve Sakarya dere kumu, süperakışkanlaştırıcı katkı kullanarak kuru kıvamlı betonlar üzerinde maksimum 100 MPa küp dayanımına bütünüyle yerel malzemeler kullanarak ulaşmıştır. Aynı malzemelere ithal (Fransa ve Norveç) veya yerli (Antalya Etibank ferro krom tesisleri) silis dumanı ilâve ederek sürdürdüğü çalışmalarda yine kuru kıvamlı betonlarda (2 cm çökme) 120 MPa düzeyine çıkmıştır. Çalışmalarda ithal silis dumanları ile Antalya silis dumanının etkinlik düzeyleri arasında anlamlı bir fark görülmemiştir. Yapı Merkezi bu alandaki çalışmalarını YDB'lerin gerilme-şekil değiştirme ilişkilerinin çıkarılması ve diğer bazı özelliklerinin belirlenmesi üzerine İTÜ ile işbirliği içinde sürdürmekte ve sonuçlarını Ekim 1991'de İstanbul'da toplanacak İnşaat Mühendisliği XI. Teknik Kongresinde sunmayı planlamaktadır.

STFA [11] YDB üretimine ilişkin laboratuvar çalışmalarında yüksek işlenebilme özelliğine sahip akıcı kıvamdaki betonları hedeflemiş, kapsamlı bir program uygulayarak değişik parametreleri incelemiş, basınç dayanımı yanında yarma dayanımı, ultrases hızı, geri sıçratma sayısı, geçirimsizlik gibi özellikleri de ölçmüştür.

NUH Beton [16] bu kongreye sunduğu çalışmada 24 saat sonunda 50-80 MPa arasında dayanımların elde edilebileceğini göstermektedir.

MESA daha narin, dış etkilere ve darbelere daha dayanıklı prefabrik eleman üretimine dönük olarak yürüttüğü laboratuvar çalışmasında 25 mm maksimum tane büyüklüğünde kırmataş agregası ve doğal kum, PÇ 400 ve KPÇ 325 çimento, süperakışkanlaştırıcı katkı kullanarak 0,28-0,32 su/çimento oranlarında 12-15 cm çökmeye sahip betonlar üretmiş ve denemeleri sonunda 85 MPa küp dayanımına kadar çıkmıştır.

BARADAN ve ŞİMSEK [17], 500 kg/m³ PÇ 400 çimento, 150 kg/m³ Antalya silis dumanı, kalker kırmataş ve Turgutlu kumu, % 2,5-3 süperakışkanlaştırıcı katkı kullanarak ürettikleri kuru kıvamlı betonlarda maksimum 94 MPa silindir dayanımı elde etmişler, bazalt agregası ve daha yüksek oranda süperakışkanlaştırıcı ile 6 cm çökme, 120 MPa eşdeğer küp dayanımlı beton üretmişlerdir.

2. Ulusal Beton Kongresi çerçevesinde düzenlenen Yüksek Dayanımlı Beton Numune Üretimi Yarışmasına fiilen otuz civarında yarışmacı katılmış, 15 cm'lik küp numuneler üzerinde 23 yarışmacı 80 MPa'nın üstünde sonuç elde etmiştir. ABD'den ithal edilen özel çimento ve maksimum tane büyüklüğü 5 mm olan özel agregası ile ürettiği betonlarda bir yarışmacı 160-190 MPa arasında sonuçlar almıştır. Yarışmacılardan onikisi 100-150 MPa arasında sonuçlar almıştır. Bu yarışmacıların İstanbul, İzmir, Adana, Eskişehir, Trabzon, Şanlıurfa gibi değişik illerden geldikleri, yalnızca iki ithal PÇ 550 çimento dışında 6 değişik fabrikamızın yerli PÇ 400- PÇ 500 çimentolarını ve yöresel yerli agregaları kullandıkları dikkate alınırda elde edilen performans ilerisi için çok cesaret vericidir. Laboratuvar koşullarında ulaşılan ortalama dayanımla, aynı malzemelerin kullanıldığı seri üretimde elde edilebilecek sınıf dayanımı arasında 20 MPa fark olacağı varsayımıyla bu performans, ülkemizin değişik yörelerinde 80-100 MPa'lık betonların üretilebilme potansiyelinin mevcut olduğuna işaret etmektedir.

80-100 MPa arasında basınç dayanımı elde eden yarışmacılar da dikkate alındığında yelpaze Samsun, Ankara, Sivas, Bolu gibi iller, kamu veya özel kuruluş, nitelikli insan ve bilgi birikimi potansiyeli, yerel agregası kaynakları ile katılmakta, kullanılan çimentolar KPÇ 325 çeşidine kadar uzanmaktadır.

3.2 Seri Üretim Koşullarında Deneme Çalışmaları

Öztekin'in [18] Yapı Merkezi'nin Paşaköy prefabrikasyon tesislerinde öngerilmeli beton köprü kirişi üretiminde gerçekleştirdiği çalışmada hammadde kaynaklarında, makina-teçhizatda, üretim ve kalite kontrol prosedürlerinde hiçbir değişiklik yapılmadan yalnızca çimento dozajı 420 kg/m³'den 450 kg/m³'e, süperakışkanlaştırıcı dozajı % 1'den % 2'ye çıkarılmıştır. Her denemede santraldan birer buçuk metreküpten iki harman olmak üzere toplam 3 metreküp beton alınmış bu şekilde ayrı tarihlerde 8 deneme yapılmıştır.

Normal üretimle deneme üretimleri arasında karşılaştırmalı sonuçlar sırasıyla; ortalama çökme 9 ve 10 cm, birim ağırlık 2.43 ve 2.49 kg/dm³, 14 saatlik buhar kürü sonunda küp basınç dayanımı 32 ve 54 MPa, 28 günlük dayanımlar 43 ve 70 MPa olarak gerçekleşmiştir. Bu sonuçlar üretim koşullarına hiçbir ek zorlama getirmeden, maliyeti aşırı arttırmadan, aynı işlenebilme düzeyini de korumak koşuluyla, gerek erken gerekse 28 günlük dayanımlarda önemli artışlar sağlanabileceğini, BS 55-60 düzeyinde betonlar üretilebileceğini göstermektedir.

Akman ve Öztekin [19] benzer çalışmayı hazır beton koşullarında gerçekleştirmişler, makina-teçhizat, donanım, personel ve benzeri seri üretim koşullarına değişiklik getirilmeden 450 kg/m³ PÇ 400 çimento ve % 2-3 süper akışkanlaştırıcı (/ve geciktirici) katkı kullanarak dört seri deneme betonu üretmişlerdir. Her seride 4 m³ olarak üretilen beton santraldan transmiksere yüklenmiş, betonun teslim edileceği şantiyeyi simüle etmek üzere İTÜ İnşaat Fakültesi Yapı Malzeme Laboratuvarına taşınmıştır. Birinci seride katkı kullanılmamış, ikinci seride geciktirici etkili süperakışkanlaştırıcı katkının tamamı santralda verilmiş, üçüncü seride aynı katkının bir bölümü santralda, gerisi kademeli olarak yolda transmiksere verilmiş, son seride yalnız süperakışkanlaştırıcı kullanılarak yarısı santralda, yarısı şantiyeye vardıktan sonra transmiksere verilmiştir. Katkılı her üç seride üretimden 1,5-2 saat sonra 16-22 cm çökmeyle yansıyan yüksek bir işlenebilme düzeyi korunmuş, 28 günlük silindirik dayanımlar 67-70 MPa olarak ölçülmüştür.

Her iki pilot çalışma sözkonusu kuruluşlarda mevcut üretim koşullarını değiştirmeden 65-70 MPa'lık ortalama dayanımlara çıkılabileceğini, BS 55-65 sınıfı betonların fiilen üretilabileceğini göstermektedir.

4- YORUM

Önceki bölümlerde derlenen bilgiler ülkemizde, beton niteliği ve denetimi konusunda, çok kötü koşullarda, her türlü denetimden yoksun olarak üretilen B 160 gibi betonlarda 50-60 kgf/cm²'lik dayanımlara, ender de olsa göçen binalara rastlanırken, BS 40-BS 50 gibi betonların düzenli ve rutin biçimde, güvenlik içinde üretilbildiğini de ortaya koymaktadır.

Yüksek dayanımlı beton üretilen projelerde YDB için teknik gereksinme veya üretim temposu-produktivite açısından ekonomik yarar ile ciddi, organize, bilinçli, bilgili üretici ortak özellikler olmakta, bunlara güçlü bir dış denetim kuruluşu da (KGM, DSİ,...) eklenebilmektedir. Dayanım düzeyi yükseldikçe beton üretimine gösterilen ilgi ve özen, alınan önlemler, beraberinde başarı düzeyi artmaktadır.

Seri üretim koşullarında gerçekleştirilmiş pilot çalışmalar BS 55- BS 65 sınıfı betonların ekonomik olarak üretilebileceğini göstermekte, laboratuvarında ulaşılan çok yüksek dayanımlar bu sınırların da zorlanabileceğine işaret etmektedir.

Ülkemizde bu alanda araştırma çalışması yok denecek kadar azdır. Bu tür betonların kendi koşullarımızda güvenli ve ekonomik olarak nasıl üretilebileceğini araştırmamız gerektiği gibi özellikle 60 MPa'nın üstünde basınç dayanımına sahip YDB'ların davranış biçimine ilişkin yurt dışında biriktirilen bilginin yurt içine transferi ve özümsemesi de önem taşımaktadır.

Bu açıdan TÜBİTAK Yapı Araştırma Grubunun "Yüksek Dayanımlı Beton" konusunu desteklenecek araştırma ve geliştirme projeleri arasına katması memnuniyet verici bir olgu, konunun bilimsel ve teknik öneminin en üst düzeylerde algılanmasının işaretidir. Bu destek umulur ki YDB alanında yapılacak kapsamlı, doyurucu, sistematik çalışmaların habercisi ve ateşleyecisi olsun.

Yüksek nitelikli seri üretim nitelikli hammadde, nitelikli makina-teçhizat ve nitelikli insan (yönetim, çalışma ortamı, bilgi) gerektirmekte, bunları biraraya getirmek ancak optimal büyüklükte, endüstriyel işletmelerde mümkün olmaktadır. Beton üretiminin endüstrileşmesi açısından son yıllarda ülkemizde kayda değer gelişmeler gözlenmektedir. Örneğin 1986 yılında 3.270.000 ton olan dökme çimento satışları 1989'da 2.400.000 ton artışla 5.668.000 tona ulaşmıştır. Bir metreküp betonda 330 kg çimento kullanımı varsayımıyla bu, 3 yılda yedi milyon metreküpten fazla betonun silolu beton santrallerinde, endüstriyel veya yarı endüstriyel üretime dönüştüğüne işaret etmektedir.

Son yıllarda hazır beton sektöründe büyük bir canlılık izlenmiş, üretim miktarları artmış, firmalar yeni yatırımlara yönelmişlerdir. Üretimin büyümesi etkili

otokontrol mekanizmasını ekonomik açıdan da cazip ve verimli kılmakta, kalite düzeyi ve sürekliliği iyileşmektedir.

Son yıllarda tüketicide kalite bilinci artmış, TSE'nin, odaların önderliğinde kalite örgütlenmeleri yayılmağa başlamıştır. Daha yüksek dayanımın daha yüksek dayanıklılık ve uzun ömür açısından yararı gözetildiğinde önümüzdeki yıllarda BS 14 (B160) betonunun TS 500 deki betonarme betonu sınıflarından çıkarılmasının da gündeme getirilmesi ve tartışılması söz konusu olmalıdır.

Beton kalitesinin bir numaralı sorumlusu ve sahibi inşaat mühendisidir. ERSOY ve TANKUT'un da [20] önemle belirttikleri gibi yapının teknik uygulama sorumlusunun gözetmediği betonu başkalarının gözetmesi mümkün değildir. Bu bir eğitim, sorumluluk, meslek öz saygısı sorunudur.

5- SONUÇ

Bildiri, ülkemizin çeşitli yörelerinde, mevcut yerel malzemelerle değişik kuruluşlarımız tarafından BS 40-BS50 sınıfı, uluslararası yaklaşımla normal betonların üst dayanım sınırlarında betonların başarıyla üretilebildiğini göstermektedir.

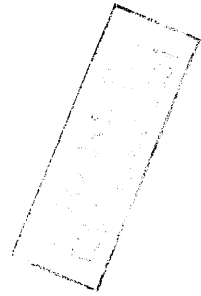
Sınırlı sayıda da olsa pilot çalışmalar ve laboratuvar araştırmaları, mevcut koşullarda, ekonomik kalmak şartıyla, fiilen üretilebilecek dayanım sınırının BS 60-BS 65'e kadar çıkarılabileceğini, koşullar zorlanırsa bu sınırın biraz daha yükseltilebileceğini göstermektedir.

Projecilerimizin bu potansiyeli değerlendirmeleri, teknik ve ekonomik açıdan geçerli olduğu durumlarda, yüksek yapılarda, sanat yapılarında, diğer özel yapılarda, daha yüksek dayanımlı betonları kullanmaları, böylece daha çok sayıda üretici uygulayıcı kuruluşu daha yüksek dayanımlı beton üretimine zorlamaları, teşvik etmeleri gerekir.

Projeci, üretici, uygulayıcı, denetçi,.. tüm inşaat mühendisliği camiasının en azından "BİR ÜST SINIF" Betonu amaçlaması ve hayata geçirmesi 1991 Kalite Yılında camianın ülkeye borcu olmalıdır.

6- TEŞEKKÜR

Bildirinin hazırlanabilmesine yazılı veya sözlü olarak ilettikleri bilgilerle katkıda bulunan tüm kişi ve kuruluşlara içten teşekkürlerimizi sunarız.



7- KAYNAKLAR

- 1- E. ÖZTEKİN, "Beton ve B 1000 Betonu", Dizayn/Konstrüksiyon Dergisi, sayı 56-57, 1989/1990, s. 64-66; Şantiye Dergisi, sayı 2, 1990, s.12-14
- 2- E. ÖZTEKİN, A. DOĞAN ve O. MANZAK, "Çok Yüksek Dayanımlı Beton", KTMMOB İnşaat Mühendisleri Odası Kuzey Kıbrıs 1. Beton Kongresi Bildiriler Kitabı, s. 126-132, Eylül 1990, Lefkoşa
- 3- E. ÖZTEKİN+ "Türkiye'de Beton Kalitesinin ve Denetiminin Mevcut Durumu", 1. Ulusal Beton Kongresi Bildiriler Kitabı, s. 106-122, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi, Mayıs 1989, İstanbul
- 4- E. ARIOĞLU, "Prefabrikasyon Endüstrisinde Beton Kalitesinin ve Denetiminin Mevcut Durumu", 1. Ulusal Beton Kongresi Bildiriler Kitabı, s. 199-208, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi, Mayıs 1989, İstanbul
- 5- Y. GÜRSU, M. KALMIŞ ve Ü. AKDAĞ, "T.C. Karayolları Genel Müdürlüğünün bir Otoyol Şantiyesinde ve Ankara Çevresinde Üretilen Betonların Basınç Dayanımına İlişkin bir İstatistiksel Değerlendirme", 1. Ulusal Beton Kongresi Bildiriler Kitabı, s. 172-188, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi, Mayıs 1989, İstanbul
- 6- F. KOCAGİL, F. CERBEZER ve F. DİNDAR, "İstanbul Şhrinde Yüksek Dayanımlı Beton", 1. Ulusal Beton Kongresi Bildiriler Kitabı, s. 300-317, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi, Mayıs 1989, İstanbul.
- 7- H. İŞÖZEN, "İstanbul Hazır Beton Üretimi ve Üreticilerinin Mevcut durumu", 1. Ulusal Beton Kongresi Bildiriler Kitabı, s. 233-242, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi, Mayıs 1989, İstanbul.
- 8- S. ULUÖZ, "Kanal+ İmalâtı ve Kalitenin Denetimi", 1. Ulusal Beton Kongresi Bildiriler Kitabı, s. 209-219, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi, Mayıs 1989, İstanbul.
- 9- G. BALCA, " B 52.5 Betonla Öngerilmeli Köprü Kirişi Üretimi", 2. Ulusal Beton Kongresi

- 10- G. CHARDIN, "Application des Bétons Hautes Performances aux Composants de Batiments", Les Bétons à Hautes Performances, s. 349-357, Presses de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, 1990, Paris.
- 11- N. CILASON , İ. BALTA, T. GENÇOĞLU, N. AKSOY, "Yüksek Mukavemetli Beton: Türkiye'de Uygulama", 2. Ulusal Beton Kongresi
- 12- Y. GÜRSU, M. KALMIŞ, Ü. AKDAĞ ve B. PARLA, "Türkiye'de Otoyol Şantiyelerinde Üretilen Yüksek Dayanımlı Betonlarla İlgili Bir İstatistiksel Çalışma ve Üretim-Kalite Sorunları", 2. Ulusal Beton Kongresi
- 13- O. TUFAN, "Mersin Metropol", 1. Ulusal Beton Kongresi Bildiriler Kitabı s. 318-324, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi, Mayıs 1989, İstanbul
- 14- M. TOKYAY, K. RAMYAR ve L. TURANLI, "Polipropilen ve Çelik Lifli Yüksek Dayanımlı Betonların Basınç ve Çekme Yükleri Altındaki Davranışları", 2. Ulusal Beton Kongresi
- 15- T. ÇELİK, "KKTC'de Doğal ve Kırmataş Agregaları ile Yüksek Beton Basınç Dayanımları", 2. Ulusal Beton Kongresi
- 16- Ş. ARTIRMA, "Erken Yüksek Dayanım", 2. Ulusal Beton Kongresi
- 17- B. BARADAN ve M. ŞİMSEK, "Silika Tozlu Yüksek Dayanımlı Beton", TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası İzmir Şubesi Haber Bülteni, Sayı 33, s. 23-26, Şubat 1991
- 18- E. ÖZTEKİN, "İstanbul Metrosu Öngerilmeli Prefabrik Kirişleri İçin Yüksek Dayanımlı Beton", Türkiye İnşaat Mühendisliği X. Teknik Kongresi, Ankara, Ekim 1989, s. 483-490.
- 19- S. AKMAN ve E. ÖZTEKİN, "Yüksek Dayanımlı Hazır Beton Üretiminde Bir Deneme", 2. Ulusal Beton Kongresi
- 20- U. ERSOY ve T. TANKUT, "Kötü Beton-Yanlış Eğitim-Açı Sonuç", Türkiye Mühendislik Haberleri, sayı 354, s.5-12, Ocak-Şubat 1991.

01	YAPIYA AİT BİLGİLER	
ÜRETİCİ FİRMANIN ADI VE ADRESİ		
YAPININ SAHİBİ		
YAPININ ADRESİ		
YAPININ CİNSİ		
YAPIM YÖNTEMİ		

02	YÜKSEK DAYANIMLI BETONA AİT BİLGİLER	
SINIFI		
AMACI		
HACMİ		

03	YÜKSEK DAYANIMLI BETONUN BİLEŞİMİNE AİT BİLGİLER - TÜR VE MİKTAR OLARAK -	
AGREGALAR		
D MAX		
GRANÜLOMETRİK BÖLGE		
ÇİMENTO		
SU		
KİMYASAL KATKILAR		
MİNERAL KATKILAR		
W / C		
SLUMP		
DİĞER BİLGİLER		

04	BETON ÜRETİM BİLGİLERİ	
BETONU Ü- RETEN PER- SONELE AİT BİLGİLER		
ÜRETİM EKİPMAN- LARI		
BETON TA- ŞIMA EKİP- MANLARI		
YERLEŞTİR- ME EKİP- MANLARI		
KÜR YÖNTEMİ		

05	LABORATUVAR VE KALİTE KONTROL	
LABORATUVAR PERSONELİ- NE AİT BİLGİLER		
LABORATUVAR EKİPMANLA- RINA AİT BİLGİLER		
KALİTE KONTROL PLANI		

06	İSTATİSTİK BİLGİLER	
ORTALAMA MUKAVEMET, VARYASYON KATSAYISI, STANDART SAPMA VE DİĞER BİLGİLER		