

RAPORTÖR GÖRÜŞ ÖZETİ

KONU - IV

YÜKSEK DAYANIMLI BETONLA TÜRKİYE'DE ARAŞTIRMA VE UYGULAMA

Turan ÖZTURAN

Doç.Dr.

Boğaziçi Üniversitesi
İstanbul, Türkiye

1.GİRİŞ

Genelde, mühendis malzeme ve/veya enerjiyi toplumun yararına kullanan kişi olarak tanımlanır. Malzemedeki her türlü gelişme, iyileşme ve yenilenme, dolayısıyla, mühendisin ve toplumun yararına olmaktadır. Ancak malzemedeki gelişmeler de toplumun gereksinimlerinden kaynaklanmaktadır.

İnşaat mühendislerinin ilgilendikleri malzemeler genellikle taşıyıcı elemanların üretiminde kullanıldıkları için bu tür malzemelerdeki gelişmeler de daha yüksek taşıyıcılık özeliği olan elemanların ve yapıların yapılmasına olanak vermektedir. Diğer taraftan daha yüksek taşıyıcılık özelliklerine ve performansa sahip yapıların yapılması gereksinimi de araştırmaların daha yüksek özelliklere ve performansa sahip malzemelere yönelik olması sonucunu getirmektedir.

İnşaat mühendisliği yapılarında büyük oranda kullanılan beton da bilhassa '20. yüzyılın ikinci yarısından itibaren böyle bir gelişimin içerisinde bulunmuştur. Betonu malzeme olarak ele alan araştırmacılar daha yüksek dayanıma ve performansa sahip betonun elde edilebilmesi ve özellikleri üzerinde çalışırken, proje mühendisleri, bu malzemenin donatı

ile birlikte kullanılması durumundaki davranışının da belirlenmesiyle, projelerini yüksek dayanımlı betona göre yapmaktadırlar. Uygulayıcılar da böyle bir malzemenin en ekonomik şekilde üretilebilmesi ve kullanılabilmesi için çaba sarf etmektedirler.

Mühendislik teknolojisindeki gelişmeler yüksek dayanımlı beton üretimini mümkün kılarken, bu tür malzemelerin seri üretimi sayesinde de yüksek ve çok yüksek betonarme binalar, büyük açıklıklı köprü ve viyadükler, açık deniz platformları gibi özel yapılar inşa edilebilmiş ve prefabrik ve/veya öngermeli yapı elemanları üretilebilmiştir. Çok daha yüksek binalar yapmak gereksinimi veya çok daha büyük açıklıkları geçme isteği bu sefer de beton dayanımının üst sınırını zorlama eğilimlerini beraberinde getirmiştir. Böylece dünyanın gelişmiş ülkelerinde yüksek dayanımlı betonla araştırma ve uygulama süreci yaklaşık 30 yıl önce başlatılmış ve son 15 yılda oldukça ivme kazanmıştır.

Dünyadaki durum bu şekilde gelişirken, yüksek dayanımlı beton konusunun işleneceği 2. Ulusal Beton Kongresinde ülkemizdeki araştırma ve uygulama çalışmalarının tanıtılması IV. konu olarak seçilmiştir. Bu konuda kongreye 7 bildiri sunulmuştur. Büyük taahhüt kuruluşlarından, prefabrikasyon sektöründen, Karayolları Genel Müdürlüğünden, Devlet Su İşlerinden, Üniversitelerden, üniversite-hazır beton sektörü işbirliğinden 1'er bildiri gelirken, 1 bildiri de Doç.Dr. Erbil Öztekin ile İnşaat Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi işbirliğinin ürünüdür.

Bildiri sayısının az olması ilk bakışta bu konuda araştırma ve uygulama olarak yapılan pek bir şey olmadığı hissini uyandırıp, üzüntü yaratıyorsa da, gerek yüksek dayanımlı beton konusunun ülkemiz için oldukça yeni olduğu, gerekse de diğer konularda gönderilen bildirilerin pek çoğunun aslında Türkiye'de yapılmış araştırma ve uygulamalarla ilgili olduğu düşünülerek teselli bulmak mümkündür.

Diğer taraftan bir üst paragrafta en son sırada bahsedilen bildiriden anlaşıldığına göre ülkemizde son 10 yıl içinde prefabrikasyon, taahhüt ve hazır beton sektörlerinde yüksek dayanımlı beton konusunda çok daha fazla sayıda

araştırma ve uygulama mevcuttur. Ayrıca, 2. Ulusal Beton Kongresi etkinliklerinden olarak açılan yüksek dayanımlı beton yarışmasına da ülkemizin değişik yörelerinde bulunan çeşitli kamu kuruluşlarından, büyük taahhüt kuruluşlarından, prefabrikasyon sektöründen, hazır beton üreticilerinden, çimento üreticilerinden 30 civarında başvuru yapılmıştır. Bu durumda bu konuda belirli bir potansiyelin bulunduğu, ancak yapılanların yazılıp, yayınlanmasında pek istekli davranılmadığı sonucuna varmak mümkün görülmektedir. Daha ileride düzenlenecek kongrelerde bu hususta da gelişmelerin sağlanacağını ümit etmekteyiz.

2.BİLDİRİLERE ÖZET BAKIŞ

Cilason ve arkadaşları, 1980'li yılların başlarından itibaren Türkiye'de proje mukavemetinin gereği olarak veya zaman veya kalıpta ekonomi sağlamak amacıyla yüksek mukavemetli betonlar üretildiğinden bahisle STFA İnşaat A.S.'nin ürettiği yüksek mukavemetli betonlara örnekler vermektedirler. Bu projelerde akıcı kıvamlı B40-B45 betonları, çökmesiz B50 betonu ve akıcı kıvamlı B50 betonları kullanılmış olup bu betonların yerel agrega ve çimento ile ve süperakışkanlaştırıcı kullanılarak elde edildiği belirtilmektedir.

Bildirinin ikinci kısmında, 1989-1990 yıllarında STFA İnşaat A.S. şantiyelerinde başlatılan yüksek mukavemetli beton araştırmalarından bahisle, elde edilen mukavemetlerin 68 ile 107.4 MPa arasında değiştiği belirtilmektedir. 1990 yılından itibaren de STFA Kalite Müşavirlik Araştırma Kontrol ve Gözetim şirketinde ithal silis dumanı da kullanarak yüksek dayanımlı beton araştırması başlatıldığı belirtilmektedir. İthal silis dumanı kullanımının beton maliyetini aşırı arttırdığı önemle belirtilirken, amacın bu puzolanın kullanımını tavsiye niteliği taşımadığı sadece yerel beton malzemeleri ile kullanıldığında başkalarınınca bildirilen özelliklerin tetkik edilmesi olduğu belirtilmektedir. Elde edilen sonuçlara göre:

*Silis dumanı basıç mukavemetinde artışa neden olmaktadır.

*Basınç-çekme mukavemeti oranı yüksek mukavemetli betonlarda farklı olmaktadır.

*Tahribatsız deneylerden beton çekici yüksek mukavemetli betonlarda güvenle kullanılabilceği halde ses hızı yöntemi için aynı şey söylenemez.

*Mukavemete bağlı elastisite modülü hesaplama yöntemlerinin yüksek mukavemetli betonlarda geçerliliği güvenilir değildir.

*Silis dumanı taze beton da su ihtiyacını arttırmaktadır.

*Silis dumanı çimento hamurunun boşluk yapısını iyileştirmekte ve geçirimsizliği azaltmaktadır.

Balca, Kazancı-Gümüşova otoyoluna ait 824 adet öngermeli köprü kirişlerinin üretimi ve testleri ile kalite kontrol uygulamaları ve istatistiksel değerlendirmeler hakkında bilgi vermektedir. Dere agregası ile birlikte PC400 çimentosu ve süperakışkanlaştırıcı katkı kullanılarak üretilen betonlarda agrega maksimum tane boyutu 20 mm, taze betonda çökme 5-10 cm arası ve su-çimento oranı 0.36 olmaktadır. Pekintaş Düzce prefabrik sanayii yapı elemanları tesislerinde üretilen öngermeli kirişlerde öngörülen beton sınıf dayanımının 52.5 MPa olduğu bildirilmektedir.

Bildiride üretim öncesi ve sonrası ciddi bir kalite kontrol planı uygulandığı belirtilerek, yükleme testlerinin başarılı sonuçlar verdiği ve üretimin % 100 başarı ile devam ettiği bildirilmektedir. 40'ar kirişlik gruplar halinde istatistik değerlendirmeler yapıldığından bahisle, 6.gruba ait sonuçlar verilmektedir. Bu grupta 15 cm'lik küp numuneler üzerinde 28 günde yapılan deneylerden, ortalama dayanımın 68.5 MPa, standart sapmanın 4.9 MPa, değişme katsayısının %7.15 ve karakteristik dayanımın 60.5 MPa olduğu görülmektedir.

Gürsu ve arkadaşları yüksek mukavemetli betonun bazı mekanik ve dayanıklılık özellikleri üzerinde yaptıkları literatür taramasını özetledikten sonra, Türkiye'de otoyol santiyelerinde üretilen yüksek dayanımlı betonlarla ilgili bir istatistiksel çalışmayı ve sonuçlarını vermektedirler. Çalışmanın temel hedefinin KGM işlerinde kalite kontrolü ile görevli birimleri istatistiksel kalite kontrol metoduna adapte etmek olduğu belirtilerek, elde edilen bilgilerden,

hemen tüm otoyol şantiyelerinde beton üretiminde yüksek teknolojinin gereklerinin yerine getirildiğinin, kalite kontrol ve denetimine önem verildiğinin, oldukça olumlu bir personel politikası izlendiğinin anlaşıldığı söylenmektedir.

Elde edilen bilgiler şantiye ve karakteristik basıç dayanımı bazında istatistiksel olarak değerlendirilmiş ve şu sonuçlara varılmıştır:

*45-52.5 MPa dayanımlı betonlarda erken dayanımı yüksek PC400 veya ithal çimento kullanılmıştır ve 7 ve 28 günlük basınc mukavemeti oranları 0.70 ile 0.87 arasında değişmektedir.

*Şantiye emniyet marjı olarak 10 MPa alınmıştır.

*11 şantiyenin 9'unda karakteristik dayanım proje dayanımını sağlamıştır.

*11 şantiyenin 10'unda üretim ve kalite kontrolü iyi ve çok iyi düzeydedir.

*Şantiyelerde otoyol teknik şartnameleri büyük ölçüde gerçekleştirilmiştir.

Bildiride sonuç olarak bazı sorunlara rağmen TS500'un BS35 ve daha yüksek sınıflarını otoyol şantiyelerinde hem de ekonomik olarak gerçekleştirmenin hiç de zor olmadığı vurgulanmış, ancak üretim ve kalite kontrolünde istatistiksel değerlendirmelere gerekli hassasiyetin gösterilmesine dikkat çekilmiştir.

Kaya dolgu barajı olmasına rağmen, 64 değişik karışımın kullanıldığı, yaklaşık 3.5 milyon metreküp betonun döşüldüğü Atatürk Barajı inşaatı beton teknolojisi açısından da Türk inşaat mühendisliği camiası için önemli bir tecrübe olmuştur. Atatürk barajındaki 3 adet derivasyon tüneli B250 betonuyla inşa edilmiş, ancak 1988 yılında dipsavağa dönüştürülmeye başlandığında model deneyleri bu yapıların mevcut haliyle kavitasyon aşınmasına dayanamayacağını gösterince, dipsavak mansabının B380 betonu ile kaplanması öngörülmüştür. Türedi bildirisinde bu giriş bilgilerini verdikten sonra derivasyon tünellerinin dipsavağa dönüştürülmesiyle ilgili detaylı bilgileri derlemekte ve dipsavak inşaatında kullanılan yüksek dayanımlı beton üretimi ve betonlama işlemleri ile ilgili bilgiler vermektedir.

Bildiride B380 beton için uygun karışım DSİ-ATA inşaat

işbirliği ile yoğun laboratuvar araştırmaları sonucu saptandığı belirtilmektedir. Karışımda yüksek fırın curufu katkılı KPÇ325 çimentosu, Fırat alüvyonundan elde edilen 4 grup agrega ve naftalin esaslı süperakışkanlaştırıcı kullanıldığı, yaz mevsiminde çökme kaybını kontrol edebilmek için geciktirici kullanımının da zorunlu olduğu bildirilmektedir. Yoğun donatılı bölgelerde daha küçük maksimum tane çaplı ve daha yüksek çökmeli karışımın kullanıldığı ve süperakışkanlaştırıcı kullanımında tekrarlı dozlama yapıldığı belirtilmektedir. Türedi her 3 karışımda laboratuvar da 28 günde elde edilen silindir mukavemetlerin sırasıyla 434 kg/cm², 420 kg/cm² ve 430 kg/cm² olduğunu, arazi uygulamalarında yeterli sonuçlar alındığını belirtmektedir. Birinci karışımda arazide elde edilen 28 numune üzerinde 28. günde yapılan deneyler, ortalama mukavemetin 397 kg/cm², en düşük ve en büyük değerlerin 373 ve 428 kg/cm², standart sapmanın 12 kg/cm² ve ortalama çökmelinin 16.6 cm olduğunu göstermektedir.

Akman ve Öztekin, ülkemizde araştırma safhasında ve prefabrikasyonda yüksek beton mukavemetlerine ulaşılabilirdiği halde, projecilerimizde ve yapı sahiplerinde halen bu konuda çekingenlik bulunduğu ile işaretleyerek, amaçlarının herhangi bir şantiyeye ekonomik olarak yeterli işlenebilirlikte teslim edilecek hazır betonda ulaşılabilicek yüksek dayanım düzeyini belirlemek olduğunu bildirmektedirler. Araştırmanın halen çalışır vaziyetteki bir hazır beton tesisinde teknoloji, ekipman, ve malzeme olarak pek fazla değişiklik yapmadan yürütüldüğü belirtilmektedir. Katkısız ve süperakışkanlaştırıcı ve geciktiricili süperakışkanlaştırıcı katkılı olarak üretilen betonlarda taze ve sertleşmiş beton özelliklerinden bazılarının test edildiği ve ayrıca tekrarlı dozlamaların etkisinin de incelendiği bildirilmektedir.

Akman ve Öztekin, pompalanabilir kıvamda üretilen betonlarda çökme kaybının katkılı betonlarda söz konusu olduğundan bahisleyerek, bu açıdan en elverişli çözümün geciktiricisiz süperakışkanlaştırıcının bir kısmının santralde diğer kısmının şantiyede katılması olduğunu belirtmektedirler. Geciktiricili katkının tekrarlı dozlama ile verilmesi durumunda ise, katkının tümünün santralde

verilmesine oranla, olumlu sonucun daha az katkı dozajı ile sağlandığı bildirilmektedir. Aynı işlenebilme düzeyinde katkısız betonlarla BS35 sınıf düzeyi elde edilirken, katkılı betonlarla BS65 sınıf düzeyi elde edilebildiği belirtilmektedir.

Bildiride yüksek dayanımlı betonlarda 7 ve 28 günlük dayanım oranlarının daha yüksek olduğu, Schmidt çekici okumalarının ve ultrases hızlarının yüksek olduğu, geciktirici içeren katkılar kullanımında erken dayanım gereksinmesi durumuna dikkat edilmesi gerektiği belirtilmekte ve yüksek dayanımlı betonlarda boyut etkisinin 28 günlük mukavemetlerde önemini yitirdiği vurgulanarak hazır beton endüstrisinde 15 cm'lik küp numune uygulamasının yüksek dayanımlı betonlar için sakınca olmayacağı ileri sürülmektedir. Akman ve Öztekin yüksek dayanımlı beton kullanımının maliyetine de değinerek, BS65 sınıfı betonun santralde BS35 betonundan % 25 düzeyinde daha pahalıya üretildiğini, ancak mukavemetteki yaklaşık % 200'lük artışa göre yapı sahipleri ve proje mühendisleri açısından BS65 betonunun daha ekonomik olacağını ileri sürmektedirler.

Güner ve arkadaşları beton maliyetinin hesaplanmasında malzeme maliyetleri yanında, nitelik denetleme düzeyinin de girdi olarak kabul edilmesi gerektiğini öne sürmektedirler. Her nitelik denetleme düzeyine bir standart sapma ve maliyet tekabül ettirerek, Simplex algoritması ile en az birim maliyetli beton bileşimini hesaplayan bilgisayar destekli bir yöntem geliştirildiği belirtilmektedir.

Küçük dayanımlarda KPÇ325, orta dayanımlarda PÇ325 ve yüksek dayanımlarda PÇ400 çimentolarının kullanılacağı, en büyük tane boyutu 32 mm olan, plastik kıvamlı, çimento dozajının 300-566 kg/m³ arasında değiştiği, 5 değişik denetim düzeyinde üretileceği varsayılan BS14-BS65 sınıfları arası betonlarda denenen yöntem şu sonuçları vermektedir:

«Basit ve küçük beton tesis ve ekipleriyle üretimde BS14 ve BS16 sınıfları için optimum çözüm düşük nitelikli denetleme düzeylerinde, daha yüksek beton sınıflarında giderek yükselen denetim düzeylerinde sağlanmaktadır.

«Gelişmiş makina teçhizat kullanan büyük beton tesisleriyle üretimde, düşük beton sınıflarının maliyeti

yüksektir ve optimum üretim ancak yüksek beton sınıfları ve yüksek denetim düzeylerinde elde edilebilmektedir.

Öztekin ve arkadaşları bildirilerinde ülkemizde fiilen üretilen ve uygulanan yüksek dayanımlı betonlarla, laboratuarda veya seri üretim koşullarında yürütülen deneysel çalışmalar hakkında topladıkları bilgileri derleyerek mevcut durumu belirlemeyi amaçladıklarını belirtmişlerdir. Böylece 1. Beton kongresinden sonra geçen 2 yıl içindeki gelişmeleri incelemenin de mümkün olabileceğini ileri sürmektedirler.

Prefabrikasyon sektöründe üretimin ağırlığının BS25-BS35 betonlarında olduğu belirtilirken bazı projeler için BS50 kalitesine kadar çıkıldığı bildirilmektedir. Taahhüt sektöründe ise BS2.5 kalitesine kadar ulaşıldığı belirtilmektedir. Öztekin ve arkadaşları prefabrikasyon ve taahhüt sektöründe faaliyet gösteren firmaların, fabrika veya şantiye prefabrikasyonunda BS40-BS50 betonlarını rahatlıkla ve başarı ile uygularken, diğer üretimlerinde BS20-BS35 betonlarla yetindiklerine özellikle dikkat çekmektedirler. Hazır beton sektöründen pek bilgi alınamadığı belirtilerek üretilen betonların çoğunlukla BS14, BS18, BS25 düzeyinde olduğu, bazı özel uygulamalar için BS30 ve BS35 betonları üretildiği bildirilmektedir.

Öztekin ve arkadaşları yüksek mukavemetli beton konusunda üniversitelerde, üniversite-sektör işbirliğinde ve kamu ve özel kuruluşların laboratuvarlarında araştırma çalışmalarının yapıldığını ve 2. Ulusal Beton Kongresi dolayısıyla yapılan yüksek mukavemetli beton yarışmasına katılımın yurt çapında ve sektör bazında yaygın olmasının bunun göstergesi olabileceğini ileri sürmektedirler. Diğer taraftan yüksek ve çok yüksek mukavemetli betonlarla laboratuvar koşullarında yürütülen çalışmaların seri üretim koşullarında deneme çalışmalarına dönüştürülmesi konusundaki girişimlerden bahisle, Öztekin ve arkadaşları yüksek dayanımlı betonlarla seri üretim yapılabileceğini ileri sürmekte ve BS55-BS65 sınıfı betonların ekonomik olarak üretilebileceğini belirtmektedirler.

3.SONUÇ

Yüksek mukavemetli betonla Türkiye'de araştırma ve uygulama konusunda kongreye sunulan bu sınırlı sayıda bildirilerde yüksek dayanımlı betonların üretimindeki, kaliteli malzeme temini, malzeme özelliklerindeki değişkenliklerin çokluğu, süperakışkanlaştırıcı kullanımının getirdiği çökme kaybı, ithal malzeme kullanımının sonucu maliyetin artması, yüksek kalite denetiminin gerekliliği sonucu nitelikli personel ve yüksek teknoloji teçhizat gerekliliği gibi problemler üzerinde durulmuş ve çözümler önerilmiştir.

Ayrıca yüksek mukavemetli betonların davranışı ve çeşitli özellik-bileşim ilişkilerinin, yıkıntısız deney yöntemlerinin yüksek mukavemetli betonlardaki kullanılabilirliğinin araştırılması gereğine de değinilmiştir. Bütün bunların yanında rapor edilen araştırma ve uygulamaların düzeyi yüksek mukavemetli betonların ülkemizde prefabrikasyonda, şantiyede ve hazır beton sektöründe seri üretim koşullarında rahatlıkla ve ekonomik olarak üretilebileceğini göstermektedir. Ancak burada önemli olan noktanın projecilerin bu potansiyeli değerlendirmeleri, yüksek yapılarda, köprü ve viyadüklerde ve diğer özel yapılarda daha yüksek mukavemetli beton kullanımına yönelmeleri ve böylece üretici-uygulayıcı kuruluşlarında daha yüksek dayanımlı beton üretimine zorlanmaları veya teşvik edilmeleridir.