

BETONDA KALİTE DENETİMİ

Prof. Dr. M. Hulusi ÖZKUL

İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Yapı Malzemesi Anabilim Dalı

GİRİŞ

TS 500 “Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları” Standardı, yurdumuzda betonarme yapıların tasarlanması ve yapımı ile ilgili kuralları kapsamaktadır. Bu standard Şubat 2000 tarihinde revizyondan geçirilerek yeni halini almıştır. TS 500 standardının Avrupa standartlarında karşılığı Eurocode 2 ya da EN 1992, A.B. Devletleri’nde ACI 318, İngiltere’de BS 8110’ dur. TS 11222 “Beton - Hazır Beton - Sınıflandırma, Özellikler, Performans, Üretim ve Uygunluk Kriterleri” standardı ise hazır betonu kapsamakta, ancak yerinde yapım betonarme veya prefabrik binalarda veya diğer yapılarda kullanılacak şantiyede veya fabrikada üretilen betonlara da uygulanmaktadır. Öte yandan Avrupa Standardı EN 206 “Beton - Bölüm 1: Özellik, Performans, İmalat ve Uygunluk” Türkçe’ye çevrilerek görüşülüp kabul edilmiş ve Bakanlar Kurulu tarafından resmi gazetede yayımlandıktan sonra yürürlüğe girecek ve TS 11222 standardı kullanımdan kalkacaktır. TS EN 206 Standardı yürürlüğe girdikten sonra TS 500’de yer alan beton denetimine yönelik kurallar yerine TS EN 206’daki kuralların geçerli olması beklenmektedir. Bu yazının ilk bölümünde TS 500 standardı içeriği beton malzeme özellikleri ve yapım kuralları ile ilgili olarak değerlendirilecektir. Önce standardın Şubat 2000 baskısının 1984 baskısı ile karşılaştırması yapılacak, sonra da söz konusu standard ile bazı ülke standartları ve Avrupa kodu arasındaki farklılıklar ele alınacaktır. İkinci bölümde ise Türkiye Hazır Beton Birliği (THBB) tarafından üye tesislere uygulanan Kalite Güvence Sisteminden (KGS) söz edilecek ve Avrupa Ülkelerinde uygulanan benzer bazı sistemler ile karşılaştırması yapılacaktır. Son bölümde, özellikle denetim firmaları ile yüklenici ve hazır beton firmaları arasında anlaşmazlığa yol açan şantiyede betondan örnek alınması konusuna değinilecektir.

BÖLÜM 1: TS 500 STANDARDININ ULUSLARARASI STANDARDLARLA KARŞILAŞTIRILMASI

TS500’ün 2000 ve 1984 Baskıları

Standardın 1984 baskısında beton sınıfları BS harfleri ile simgelenirken ve C simgesi gösterimi parantez içinde yer alırken yeni baskıda BS gösterimi kaldırılmış ve yerini C’li gösterim almıştır (C20, C25 gibi). Eski baskıda beton dayanımının 15x30 cm boyutlu silindirik örnekler üzerinde ölçülebileceği, ancak 20x20x20 cm’ik küplerin de kabul edilebileceği belirtilmişti. Yeni baskıda ise silindirik numunelerin yanında, gerektiğinde 15x15x15 cm lik küp numunelerin de kullanılabileceği yer almaktadır. Bu durum zaten, özellikle hazır beton sektöründe yıllardır geçerliydi. Yeni ve eski baskılarda eşdeğer küp dayanımı açısından da farklılık gözlenmektedir; şöyle ki, eski baskıda silindir/küp karşılıklı dayanımları 30/35, 40/45, 50/55 şeklinde yer alırken yeni baskıda eşdeğer küp basınç dayanımları aynı sınıflar için 30/37, 35/45, 45/55, 50/60 şeklinde değiştirilmiştir ve bu durum daha gerçekçidir. Yeni baskıdaki bir diğer olumlu nokta BS14 (C14) beton sınıfının çıkarılmasıdır.

Standardın her iki baskısında da karakteristik dayanım kavramı korunmakta ve bu dayanım hesaplanırken %10 risk temel alınmaktadır. Ancak eski baskıda yer alan ve beton karışım

hesaplarında temel alınması gereken amaç dayanımının belirlenmesine ilişkin bölüm yeni baskıdan çıkarılmıştır. Oya bu bölüm sonuçların istatistik değerlendirilmesini kapsamakta ve standard sapma ile birlikte karakteristik dayanım kavramını vurgulamakta idi.

Nitelik denetimi için 1984 baskısında, dökülen her 50 m³ betondan, ya da binanın her katından bir deneylik numune (3 numune) alınması ve BS 25'den daha yüksek beton sınıfları için bu sayının iki katına çıkarılması öngörülürken, 2000 baskısında her 100 m³ betondan bir deneylik numune (3 numune) alınır denilerek numune sayısı indirilmiştir. Buna karşılık her üretim gününde ve her 450 m²'lik alandan numune alınması koşulları getirilmiştir. Ayrıca yeni baskıda minimum numune sayısı belirtilmekte ve her işten en az 9 numune alınması öngörülmektedir.

Nitelik denetimi için alınan numunelerin basınç dayanımı deney sonuçları değerlendirilirken standardın eski baskısında

$$f_{cm} \geq f_{ck} + 3 \quad N/mm^2$$
$$f_{c_{min}} \geq f_{ck} - 3 \quad N/mm^2$$

koşullarının sağlanması istenmekteydi. Burada f_{cm} , en az üç numunenin ortalama dayanımı, $f_{c_{min}}$ numunelerden elde edilen en düşük basınç dayanımıdır.

Yeni baskıda ise deney numuneleri üçer adet silindir ya da küpten oluşan gruplara ayrılmakta ve her grubun ortalama basınç dayanımı belirlenmektedir. Birbirini izleyen üçer grupluk partilerin her birinin,

$P_1(G1,G2,G3), P_2(G2,G3,G4), P_3(G3,G4,G5), \dots, P_{n-1}$

aşağıdaki iki koşulu birden sağlaması istenmektedir.

- a) Her parti ortalaması $f_{cm} \geq f_{ck} + 1.0MPa$
- b) Her partide en küçük grup ortalaması $f_{c_{min}} \geq f_{ck} - 3.0MPa$

Burada C_i , 3'er numunedan oluşan grupların ortalamasını ve P_i , partiyi göstermektedir.

Yeni baskıda sonuçları numune bazında değerlendirmek yerine üçer numunedan oluşan gruplar ele alınmakta ve birbirini izleyen üçer grup bir partiyi oluşturmaktadır. Sağlanması gereken minimum dayanım numune başına olmayıp grup başına dönüştürülmüştür. Bu durumda her 100 m³ betondan ya da bir günde dökülen betondan (100 m³ den az ise) alınan üç adet numune bir grup oluşturduğuna göre b) şıkkı gereğince ortalama dayanımların $f_{ck}-3.0 MPa$ olması kabul şartını sağlamalıdır, ancak bu grubun da yer aldığı parti ortalamasının a) şıkkını sağlaması koşulu da getirilmiştir. Bir grubu oluşturan tekil numunelerin basınç dayanımlarında $\pm 3MPa$ lık bir dağılım olduğu varsayılırsa bu gruptaki numunelerin dayanımları aşağıdaki şekilde olabilir:

(G-3) (1. numune), (G) (2. numune), (G+3) (3. numune)

Bu 3 numuneden oluşan grubun ortalama dayanımı

$$[(G-3) + (G) + (G+3)] / 3 = G$$

olur. Grubun ortalama dayanımının karakteristik dayanımın 3 MPa altına inmesine izin verildiğine göre, $G = f_{ck} - 3$ olursa 1. numunenin dayanımı $f_{ck} - 6$ değerine inebilir. Yani Ts 500'ün 1984 baskısında belirttiği

$$\text{En küçük Tek Değer} = f_{ck} - 6MPa$$

değerine kadar düşmektedir. Bu ise, örneğin BS 20 (C20) sınıfında üretilmesi istenen betondan alınan bir numunenin dayanımının 14 MPa, yani taşıyıcı olmayan beton sınıfı düzeyine düşmesi sonucunu getirebilmektedir. Aynı şekilde grup ortalamasının b) şıkkını taşıması durumunda da, üç numune ile temsil edilen 100 m³ dökülen betonun ortalama dayanımının 17 MPa, yani bir alt beton sınıfı düzeyine inmesine izin verildiğini göstermektedir. Buna karşılık, bir grup betonda sonuçların düşük çıkması durumunda, bu düşüklük söz konusu gruptan önceki ve sonraki ikişer gruptan toplam dört grubu da etkilemekte ve bu düşüşün karşılanabilmesi (kompanze edilebilmesi) için söz konusu grupların ortalamalarının istenilenden daha yüksek olması gerekmektedir.

Yapının dürabilitesi ile ilgili olarak eski baskıda, çimento seçimi sırasında gerek yapının, gerekse yapı çevresindeki durumun gereği olarak başka tip çimentoların kullanılabilmesine değinilmiştir. Yeni baskıda ise, uygulama projesinde belirtilen çimentoların kullanılması gerektiği belirtilmiştir. Dürabilite ile ilgili diğer bir sınırlandırma, her iki baskıda da izin verilen en büyük çatlak genişliklerine getirilmiştir. Yeni baskıda, eskisinden farklı olarak yapı içi nemli ve yapı dışı normal çevre koşulları için 0.3 mm'lik bir ara değer yer almaktadır. Beton örtü kalınlıkları (pas payı) her iki baskıda da yer almakla birlikte, yeni baskıda tablo halinde bir arada verilmiştir. Bunların dışında standardda dürabilite ile ilgili bilgiye rastlanmamıştır. Bu durum, TS 801 Beton Karışımı, Hesap Esasları Standardına atıfta bulunulmakla yetinildiği şekilde değerlendirilebilir.

Öte yandan, TS500'lük yeni baskısında hazır betonun TS 11222 Standardına refere edilmesi ve betonun sadece ağırlık esasına göre hazırlanabileceğinin belirtilmesi olumlu yeniliklerdir.

“ACI 318 BETONARME YAPILAR İÇİN YAPI KODU” ile karşılaştırma

Aşağıda A.B.D.de betonarme yapıların tasarım ve yapımında geçerli olan kuralları saptayan standard ACI 318'in TS 500 standardı ile karşılaştırması beton özellikleri ve üretimi açısından yapılmıştır.

Her iki standard da çimento, agregalar ve beton katkıları için uymaları gereken ilgili standartlar belirtilmiştir. Kalıp genişliği, derinliği ve donatılar arası uzaklığa bağlı olarak maksimum agrega boyutunun seçimi ile ilgili ölçütler iki standardda da verilmiştir. TS 500 standardı, kimyasal katkıları için sadece TS 3542 “Beton Kimyasal Katkı Maddeleri” standardına atıfta bulunurken, ACI 318’de katkıların geniş bir sınıflandırılması yapılmıştır. Her iki standardda karma suyunun zararlı maddeleri içermemesi gereğine değinilmiş, TS 500 de toplam madeni tuz ve SO₃ miktarı için sınır değerler belirtilmiştir. ACI da ayrıca içilmeyen su için betonda kullanılabilirlik testi anlatılmıştır. TS 500 standardı, mineral katkıları beton bileşenleri arasında saymazken, ACI’da uçucu kül, doğal puzolan ve yüksek fırın cürufunun, ilgili standartlara uygun olmak koşulu ile betonda kullanılabilceği belirtilmiştir. Ancak, buz çözücülerinin kullanıldığı durumlarda, puzolan miktarlarına sınırlandırılmalar getirilmiştir.

ACI 318 standardı dürabilite (dayanıklılık) konusuna ayrı bir bölüm ayırırken, TS 500’de bu konu ile ilgili bir bölüm bulunmamaktadır. ACI, donma-çözülme etkileri altında kalacak betonlar için minimum sürüklenmiş hava içeriklerini de belirtmiştir. Ayrıca özel çevre etkilerinde kalacak betonlar için, çevre etkisinin şiddetine bağlı olarak su/çimento oranı ve basınç dayanımına getirilen sınırlandırmalar yer almıştır. ACI, sülfat etkisini ayrı bir alt bölümde değerlendirmiş ve kullanılabilir çimento cinslerini, zemindeki sülfat oranlarına göre sınıflandırmış ve maksimum su/çimento oranı ile minimum beton basınç dayanımlarına sınırlandırmalar getirmiştir. Aynı konuda TS 500 standardı, TS 3440 “Zararlı Kimyasal Etkileri Olan Su, Zemin ve Gazların Etkisinde Kalacak Betonlar İçin Yapım Kuralları” standardına atıf yapmakla yetinmiştir. Beton içindeki donatıların korozyondan korunması konusu ACI’da ayrı bir alt bölüm olarak ele alınmış ve beton bileşimine giren su, agregalar, bağlayıcı maddeler ve kimyasal katkıları için, farklı çevre koşullarında izin verilen maksimum klor içerikleri belirtilirken, TS 500’de bu konuda bir bilgi bulunmamaktadır. ACI’da ayrıca, önceki bölümde değişik çevre koşulları için su/çimento oranı ve min. Çimento dozajına getirilen sınırlandırmalar korozyon ile ilgili olarak da aynen geçerli kılınmıştır. Buna ek olarak en düşük beton örtüsü (pas payı) kalınlıkları korozyona karşı belirtilmiştir. Benzer kalınlıklar TS 500’de de yer almaktadır.

ACI 318, beton basınç dayanımının silindirik numuneler üzerinde ve 28. Günde (başka bir yaş belirtilmemiş ise) ölçülmesini öngörürken TS 500’de aynı yaşı benimsemiş ancak silindirik numuneler yanında küp şeklindeki numunelerin de kullanılabilceğini belirtmiştir.

ACI 318’de beton karışım oranlarının belirlenmesi sırasında:

- a) Ayırışma ve aşırı terlemeye yol açmadan kalıplara yerleşebilen ve donatıyı sarabilecek kıvam ve işlenebilirlikte,
- b) Çevre koşullarına dayanıklı (su/çimento ve basınç dayanımı sınırlandırmaları),
- c) Dayanım ile ilgili koşulları sağlayan beton

elde edilebilmesini öngörmektedir. TS 500’de ise dürabilite koşullarına (b koşulu) değinilmeden, beton projede belirtilen karakteristik basınç dayanımının istenilen kıvamda elde edilebilmesi için gerekli ortalama dayanımı hedef alan karışım hesapları TS 802’ye

göre yapılmalı, deneme karışımları hazırlanarak istenilen betonun elde edilebileceği kanıtlanmalıdır denilmektedir.

ACI 318’de beton karışım oranlarının saha deneyleri ve/veya deneme betonları sonuçlarına göre belirlenebileceğine değinilmekte, bunun için bir beton üretim tesisinin deney kayıtlarına göre standard sapmasının bulunması gerektiği, buna dayanarak gerekli ortalama dayanımın hesaplanabileceği kaydedilmektedir. Standard sapmanın bilinmemesi durumunda gerekli ortalama dayanımın, sınıf dayanımına belli artımlar yapılarak saptanabileceğine değinilmiş ve beton sınıfına bağlı olarak artım değerleri verilmiştir. Bu yaklaşım TS 500’ün 1984 baskısında yer alırken, 2000 baskısında TS 802’ye refere edilmekle yetinilmiştir.

ACI 318’de deneme karışımları hazırlanması ile ilgili ayrıntılı bilgiler yer almaktadır. Aynı standardda, üçüncü bir seçenek olarak belirli basınç dayanımlarını elde etmek için gerekli hava sürüklenmemiş ve sürüklenmiş betonlar için maksimum su/çimento oranları da belirtilmiştir.

ACI standardı, her beton döküm gününde, her 115 m³ beton için veya her 465 m² beton döşeme ya da perde yüzey alanı için, betondan dayanım ölçmek amacı ile örnek alınmasını istemektedir. TS 500 de ise yaklaşık benzer şekilde aynı günde dökülmüş en çok 100 m³ ya da 450 m² alanlık beton bir üretim birimi olarak tanımlanmıştır. TS 500’de her üretim biriminden en az 1 grup (3 numune) deney elemanı alınması ve her bir numunenin ayrı betoniye dökümünden ya da ayrı transmikserden alınması, daha sonra grubu oluşturan 3 numunenin ortalamasının hesaplanması öngörülmektedir; karşılaştırmalar bu grup ortalamaları üzerinde gerçekleştirilmektedir. ACI 318’de ise aynı betondan alınan beton örneğinden 2 adet numune oluşturulması istenmekte ve bu iki numunenin ortalaması alınmaktadır. Numune alınış şekli açısından iki standard arasında farklılık görülmektedir. TS 500, her bir numuneyi ayrı bir bölüm betonu (1 betoniye döküşü ya da 1 transmikser zeminde beton) temsil edecek şekilde aldırırken, ACI her iki numunenin de aynı beton örneğinden alınmasını öngörmekte ve bunların ortalamasını temel almaktadır. Böylece ACI, numune alımı, sıkıştırma, kür, deney işlemleri sırasında oluşabilecek hataları gidermeye yönelik önlem almış olmaktadır. Bu nedenle, ACI’nın öngördüğü iki numunenin ortalamasına tek numune gözü ile bakılabilirken, TS 500’de grup ortalaması (3 numunenin basınç dayanımları ortalaması), tek numune sonuçlarını geri plana itmektedir; oysa TS 500’deki her bir numune ayrı bir beton bölümünü temsil ettiğinden kendi başına önemlidir ve bu önem vurgulanmamaktadır.

Her iki standard da birbirini izleyen 3 grubu bir parti olarak almakta ve TS 500’de

Parti Ortalama Dayanımı \geq Karakteristik dayanım+1 MPa

Her Partide En Küçük Grup Ortalaması \geq Karakteristik dayanım-3 MPa

ve ACI 318 ‘de

Parti Ortalama Dayanımı \geq Karakteristik dayanım

Her Partide En Küçük Grup Ortalaması \geq Karakteristik dayanım-3.5 MPa

koşulları getirilmiştir. Önceki bölümde de ele alındığı gibi TS 500'ün koşulları, tek numune baz alındığında dayanımın (f_{ck} - MPa'nın inme olasılığını taşıırken, ACI da en çok 3.5 MPa'lık düşüş numune bazında da korunmaktadır.

EN 1992 (EUROCODE 2) ile karşılaştırma

Beton yapıların tasarımı konusunda Avrupa Birliği ülkelerinde geçerli olan standard EN 1992 (Eurocode 2) dir. Bu standardın tasarım ilkelerini kapsayan 2. Bölümünde yapıların durabilitesini (dayanıklılığı) sağlamak için göz önüne alınması gereken faktörler sıralanmıştır. 3. Bölüm ise malzeme özelliklerine ayrılmış, beton ile ilgili kurallar EN 206 Beton Standardına da atıf yapılarak ele alınmıştır. Betonun karakteristik basınç dayanımının silindirik numunelerde, 28. günde ve %5 riskle sağlanması gerektiği belirtilmiştir. TS 500'de ise risk oranı %10 olarak alınmıştır. EN 1992, TS 500'de olduğu gibi küp örneklerin (150x150x150 mm) de alternatif olarak kullanılabilmesine değinmiş ve silindir/küp numune basınç dayanımları eşdeğerleri TS 500'deki gibi vermiştir.

EN 1992'in atıf yaptığı EN 206 standardı betonun basınç dayanımının denetimini üretim yeri ve şantiye denetimi olarak iki bölümde ele almıştır. Üretim yerindeki denetimde, üretim denetim sertifikası bulunan tesisler için, 35 adet basınç deney sonucu birikene kadar ilk 50 m³ üretiminden 3 adet ve izleyen her 200 m³ betondan en az 1 adet veya her üretim haftası için en az 2 adet numune alınması gereği belirtilmiştir. 35 adet deney sonucu elde edildikten sonra her 400 m³ ya da her üretim haftası için en az 1 adet numune alınması zorunluluğu getirilmiştir. Üretimde denetim sertifikasına sahip olmayan tesisler için ise numune sıklığı artırılmakta ve her 150 m³ hacimde 1 adet yada her üretim gününde alınmasını öngörmüştür. İlk 35 sonuç kullanılarak standard sapma belirlendikten sonra iki ölçütün sağlanması istenmiştir:

Ortalama dayanım, $f_{cm} \geq f_{ck} + 1.48\sigma$ (MPa)

Tek değer $\geq f_{ck} - 4$

Burada f_{cm} , 15 sonuç ortalamasını, f_{ck} karakteristik dayanımı ve σ standard sapmayı gösterir.

Şantiyedeki betonun, sürekli denetimi yapılan üretim yerindeki (örneğin hazır beton tesisindeki) beton ailesinin bir parçası olduğunun denetlemesi için ise aşağıdaki hacimdeki betonlardan örnek almak gerekir:

- Niteliğinden kuşku duyulan karışımdan;
- Bir yapının her kat betonundan ya da her kattaki kiriş/döşeme ya da kolon/perde gruplarından;
- Şantiyeye 1 hafta içinde gönderilen ve 400 m³'ü aşmayan her betondan

Her alınan beton örneğinden en az iki adet numune oluşturulur ve ortalaması alınır. Dayanım değeri ortalamadan %15 den fazla sapan numuneler göz önüne alınmaz. Üretim tesisinin denetim sertifikası taşıması durumunda (örneğin KGS belgesi) numune sayısına bağlı olarak aşağıdaki ölçütlerin sağlanması istenmektedir:

Numune Sayısı	Ortalama Dayanım (MPa)	Tekil Dayanım Değeri (MPa)
2-4	$\geq f_{ck} + 1$	$\geq f_{ck} - 4$
5-6	$\geq f_{ck} + 2$	$\geq f_{ck} - 4$

Tesisin üretim denetim sertifikası taşınmaması durumunda ise koşullar ağırlaştırılmaktadır. Bu durumda, yukarıda tanımlanan beton miktarları için en az 3 beton örneği (her örnekten en az 3 numune olmak üzere toplam 9 numune) alınması ve aşağıdaki koşulların sağlanması gerekir:

Ortalama Dayanım (MPa)	Tekil Dayanım değeri (MPa)
$\geq f_{ck} + 4$	$\geq f_{ck} - 4$

TS 500 standardında sertifikalı-sertifikasız üretim tesisi ayrımı yapılmamaktadır. Oysa, Türkiye Hazır Beton Birliğine (T.H.B.B.) üye tesislerde Kalite Güvence Sistemi Çerçevesinde denetimler yapılarak sertifika verilmektedir (Bknz: Bölüm 2). TS 500'de getirilen şantiye denetim koşulları ise, EN 206'daki sertifikalı tesisler için geçerli olan koşullara yakındır ve sertifikasız üretim için ağırlaştırıcı ölçütler yer almamıştır.

EN 1992'in 4. Bölümünde, başlangıçtaki alt bölüm dürabilite konusuna ayrılmıştır. Bu bölümde, yapıların kullanım ömürleri boyunca karşılaşılabilecekleri doğrudan ve dolaylı etkiler gözönüne alınarak ve bakımları da düşünülerek tasarımlarının yapılması gerektiği belirtilmiştir. Yapıların içinde bulunacağı çevre koşulları kimyasal, fiziksel ve dolaylı etkiler olarak gruplandırılmıştır. Çevre etkilerini içeren tablo, TS 11222 ve TS 802'de

verilen ilgili çevre etkilerine benzemekte, ancak TS 500 standardında bu konuda vurgulayıcı bir tanım ya da tablo bulunmamaktadır.

EN 1992’de, çevre etkilerine bağlı olarak betonun taşınması gereken özellikler (bileşenler, karışım oranları, taşıma, yerleştirme ve kür gibi) EN 206’ya atıf yapılarak belirtilmiş, minimum beton örtü kalınlığı için ise çevre etkileri ile ilgili tablo temel alınarak minimum değerler verilmiştir.

Sonuç

TS 500 Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları Standardının 1984 yılındaki baskısı, Şubat 2000 yılında yeniden düzenlenmiştir. Beton özellikleri açısından ele alındığında, 2000 baskısında beton karışım hesaplarında temel alınacak olan dayanımın hesaplanmasına yönelik standard sapma ve karakteristik dayanım kavramlarının belirtildiği bölüm çıkarılmıştır. Oysa, benzer bölümler Avrupa Standardı EN 1992 ve Amerika Birleşik Devletleri’nde uygulanan ACI 318 standartlarında ayrıntılı olarak yer almaktadır.

Betondan örnek alışı şekli ve basınç dayanımlarına getirilen uygunluk ölçütleri açısından da hem TS 500’ün iki baskısı arasında, hem de TS 500 ile EN 1992 ve ACI 318 arasında önemli farklılıklar vardır. Yeni TS 500 standardı, betondan alınan numunelerin her birinin ayrı betoniye dökümü ve ayrı transmikserden alınmasını isteyerek, her bir tek numunenin belli miktardaki betonu temsil etmesi sonucunu doğurmuştur. Alınan numuneler alınış sırasına göre üçerli gruplara ayrılmış ve grupların ortalamalarının alınması öngörülmüştür. Bundan sonraki karşılaştırmaların bu ortalama değerler üzerinde yapılması gerekmektedir. Bu durumda, sağlanması gereken minimum dayanım koşulu, 3 numunenin ortalaması için geçerli olmakta, bu ise tek numune dayanımının $\geq f_{ck} - 3MPa$ değerinin altına inme riski taşımaktadır. ACI’da ise 2 numunenin ortalaması alınmakla birlikte, TS 500’den farklı olarak bu numuneler aynı beton örneğinden alındığı için aynı betonu temsil etmekte ve birbirinden fark etmeleri ancak deneysel hatalardan kaynaklanmaktadır; bu nedenle alınan iki numunenin ortalaması $\geq f_{ck} - 3.5MPa$ koşulunu sağladığında, tekil numune dayanımının bu değerin çok altına inme olasılığı düşük olmaktadır.

EN 1992 ve ACI 318 standartlarında dürabilite (dayanıklılık) konusuna ayrı bölüm ayrılmış, farklı çevre etkilerinin tanımları yapılmış ve her bir çevre etkisinde kalacak betonun taşınması gereken bileşim özellikleri (minimum çimento dozajı, maksimum su/çimento oranı, çimento cinsi gibi) belirtilmiştir. TS 500’de ise bu konuya açık olarak değinilmemiş, bunun yerine TS 802 ve TS 11222 standartlarına atıfta bulunulmakla yetinilmiştir.

BÖLÜM 2 – HAZIR BETONDA KALİTE GÜVENCE SİSTEMİ

Tarihçe

Hazır Beton Sektöründe Kalite Güvence sistemi 1995 yılında T.H.B.B. üyesi tesislere uygulanmaya başlamıştır. Hazır Beton üreticilerinin örgütlenmeleri 1988 yılında başladığına göre kuruluşlarının 7. yılında KGS'nin gerçekleştirildiği anlaşılır. Yurdumuza hazır beton teknolojisinin bir sektör olarak girişi Avrupa ve Amerika'ya göre çok geç kalmış, ancak 1980'li yılların ikinci yarısında yaygınlaşmaya başlamıştır. Ancak kısa bir süre içinde örgütlenerek KGS sistemini gündemlerine almışlardır.

Dünya'da ilk kez 1903 yılında Almanya'da hazır beton patentinin alındığı bilinmektedir. A.B.D.'nde ilk hazır beton dağıtımı 1913 yılında Baltimor'da gerçekleşmiş ve 1926 yılında ilk transmikser geliştirilmiştir. İngiltere'de ise 1931 yılında ilk hazır beton tesisi kurulmuş, aynı ülkede hazır beton üreticileri bir araya gelerek 1950 yılında İngiliz Hazır Beton Birliği'ni oluşturmuştur. 1962 yılında ise aynı Birlik sertifika verdiği üyelerinin uyması gereken kuralları bir Yetki Şeması olarak belirlemiştir. 1984 yılına gelindiğinde İngiltere'nin iki güçlü hazır beton örgütü olan İngiliz Hazır Beton Birliği ve İngiliz Agregası Yapı Malzemeleri Sanayi bir araya gelerek Hazır Beton İçin Kalite Güvence Şemasını oluşturmuştur. Bu sisteme girmek her iki birliğe üye tesisler için zorunluluk haline getirilmiştir.

Dünya'da Kalite Güvence Sistemleri

Yukarıda belirtildiği şekilde İngiltere'de Hazır Betonda Kalite Güvence Şeması uygulanmaktadır ve İngiliz Ulusal Akreditasyon Merkezi tarafından yetkilendirilmiştir. Sistemin bağımsız bir yönetim kurulu ve yürütücü sekreteri bulunmakta ve yönetim kurulu aşağıdaki kuruluşların temsilcilerinden oluşmaktadır:

- İngiliz Hazır Beton Birliği (BRMCA)
- İngiliz Agregası Yapı Malzemeleri Sanayi (BACMI)
- Danışma Mühendisleri Birliği
- İnşaat Mühendisleri Odası
- Ulaştırma Örgütü
- Ulusal Konut Yapım Konsülü

Ayrıca hazır beton tesislerindeki laboratuvarlar İngiliz Ulusal Ölçüm Akreditasyon Servisi (NAMAS) tarafından onaylanmış olmak durumundadır.

Fransa'da Özel Komite adındaki bir kuruluş tarafından hazır beton tesisleri denetlenerek Hazır Beton Fransız Standardı markası verilebilmektedir. Bu kuruluş aşağıdaki organizasyonların temsilcilerinden oluşur:

- Hazır Beton Üreticileri
- İlgili Kamu Kurumları
- Ulusal Laboratuvarlar
- Fransız Standardlar Örgütü

Sistem tesislerde yılda 2 kez denetim uygulamaktadır.

Almanya’da ise eyalet bazında çalışan toplam 8 adet denetleme-belge verme kuruluşu vardır. Bu kuruluşlar “Institut für Bautechnik” tarafından akredite edilmiştir ve tesisler üzerinde yılda 2 kez sistem denetimi gerçekleştirmektedir. Ayrıca tesislerden alınan beton örnekleri de aynı kuruluşlar tarafından denetlenmektedir.

Türkiye’de Uygulanan Kalite Güvence Sistemi

Kalite Güvence sisteminde sadece ürünü denetlemek yerine tüm üretim süreci denetlenmektedir. ISO 9000 Standardlarında da benimsenen bu yaklaşımda, kurallara uygun bir üretim sürecinin ortaya çıkardığı ürünün de uygun olacağı görüşü savunulmaktadır. Betonun özel durumu nedeni ile, yani hem hazır beton santrali çıkışında henüz tam bitmiş bir ürün olmaması, bunun yanında şantiyeye taşıma sürecinin bulunması ve genellikle bundan sonra pompalama işlemini de içermesi, hem de diğer özel koşulları nedenleri ile hazır beton tesislerinin ISO 9000 Standardı taşıması ile yetinilmemektedir. İngiliz Hazır Beton Kalite Güvence Şeması, bir tesisi sisteme almak için ISO 9000’li belge taşımayı zorunlu tutmakta, ancak yeterli bulmamakta ve Şema’nın belirlediği kurallara da uyulmasını istemektedir. ISO 9000 Standardında, üretici firmanın üretim sürecini nasıl denetleyeceğini gösteren bir El Kitabı hazırlaması ve üretim ve denetimini bu kitaba uygun olarak düzenlemesi beklenir. Yani üretici “ne yapacağını” belirtir ve kendi koyduğu bu kurallara uygun üretim yapıp yapmadığı denetlenir. Oysa beton gibi karmaşık bir malzemenin üretim ve denetim sürecinde “ne yapılacağı” değil “ne yapılması gerektiği”nin ortaya konulması daha uygundur. Türkiye’de uygulanmakta olan KGS sistemi de bu ikinci görüşü benimsemiş ve bir hazır beton tesisinin uyması gereken kuralları gösteren Kalite Güvence Sistemi Kitapçığı hazırlamıştır.

Hazırlanması sırasında İngiliz Hazır Beton Kalite Güvence Şeması’ndan esinlenen T.H.B.B. K.G.S.’nde denetim süreci

1. İç Denetim
2. Dış Denetim

olmak üzere ikiye ayrılmakta, İç Denetim hazır beton tesisi elemanlarınca tüm üretim sürecini kapsayacak şekilde gerçekleştirilirken Dış Denetim KGS’nin denetleyicileri tarafından yapılmaktadır. Dış Denetim, İngiltere’deki sistemden farklı olarak Ürün Denetimi’ni de içermektedir. Yılda 1 kez gerçekleştirilen Sistem Denetimi yanında, hazır

beton tesisinin beton verdiği 2 Şantiyede transmikserden ya da pompa ucundan alınan beton örnekler üzerinde taze beton özellikleri ve dayanım deneyleri yapılmaktadır.

KGS Sistem Denetiminde, KGS kitapçığında belirtilmiş olan uyulması gereken kurallar denetlenir. Bu denetim, malzeme depolama sahalarını, malzeme tartım ve karışırma aygıtlarını, denetim laboratuvarını ve kayıtları kapsar. Tesisteki üretim sürecinin izlenebilir olması ve yapılan işlemlerin ve iç denetimlerin her aşamasının kayıt edilmesi gereklidir. Sistem Denetimi aşağıdaki konuları içerir:

- TSE ve Laboratuvar Yeterlik Belgelerinin denetimi
- Çalışanların Eğitim Durumu
- Alet Kalibrasyon Belgeleri
- Malzeme Denetimi
 - Satın almadan önce
 - Belgeli malzeme alımı
 - Periyodik deneyler
 - Su tahlili
 - Agregada deneyleri
 - Katkı deneyleri
 - Çimento raporları
- Üretim ve Dağıtım
 - Tesis ve ekipman
 - Malzemelerin depolanması
 - Çimento-Mineral katkıları
 - Agregalar
 - Su
 - Kimyasal katkıları
 - Tartım ve Harmanlama
 - Bakım
 - Ölçüm yöntemleri ve duyarlılığı
 - Kalibrasyon
 - Karışırma ve iletim
 - Teslim fişisi
- Beton Siparişisi
- Belgelerin Saklanması

Şantiyede gerçekleştirilen ürün denetiminde ise irsaliye (teslim) fişinin incelenmesi dışında betondan örnek alınarak işlenebilirliği ölçülmekte ve irsaliye fişi ile karşılaştırılmakta, ayrıca beton sıcaklığı ölçülmektedir. Basınç dayanımını belirlemek amacı ile de betondan örnek alınıp kalıplara konmakta ve 28. günde dayanımlar belirlenerek irsaliye fişi ile karşılaştırılmaktadır. T.H.B.B'nin desteği ile bağımsız bir kuruluş tarafından yürütülmekte olan KGS çalışmalarında Üniversite öğretim elemanlarından yararlanılmaktadır. Türkiye coğrafi bakımından bölgelere ayrılarak, o bölgede bulunan Üniversitenin öğretim elemanlarınca denetimler gerçekleştirilmektedir. Bundan sonraki aşamada K.G.S.'nin Ulusal Akreditasyon Komitesi tarafından onaylanarak tüm hazır beton üreticileri için zorunlu hale getirilmesi gerekir. Bunun için hazır beton sektörü ile ilgili kuruluşların temsilcilerinden oluşan bir Yönetim Kurulu oluşturulmalı ve bu kurulun seçeceği bir Genel Sekreter aracılığı ile sistem yürütülmelidir.

BÖLÜM 3 – ŞANTIYEDE BETONDAN NUMUNE ALINMASI

Günümüzde beton daha çok “Hazır Beton” şeklinde üretilmekte ve beton kullanıcısı ile üretici farklı kişi veya kuruluşlar olmaktadır. Bir hazır beton tesisi günlük üretimini TS 11222 “Beton, Hazır Beton” Standardına uygun olarak denetlemekle yükümlüdür. Buna göre, her üretim gününde ve her 300 m³ betondan 1 takım örnek alınması ve bunların 28. günde kırılması gerekir. Bu örnekler 2. gün kalıptan çıkarıldıktan sonra 23 ± 2 °C sıcaklıkta ve kirece doygun durumdaki su içinde deney gününe kadar saklanır.

Şantiyede alınacak örnekler ile ise TS 500 “Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları” Standardı ilgilidir. Bu standarda göre her 100 m³ dökülen beton veya her 450 m²'lik yatay alana dökülen betondan (hangisi daha çok sayıda örnek gerektiriyor ise) bir takım örnek alınır. Bu standard her örneğin ayrı transmikserden alınmasını öngörür. Şantiyede örnek alma işi şantiye ekibinin sorumluluğundadır.

Şantiyede betondan örnek alınması sırasında gereken özen gösterilmez ise hatalı sonuçlar elde edilebilir. Şantiyede hazır beton transmikserinin olduğundan, ya da beton hazır beton firmasının pompası ile iletiliyor ise pompa ucundan örnek alınabilir. Alınan örneğin transmikserin ilk ve son dökümünden olmamasına özen gösterilmelidir (TS EN 12350-1 Beton-Taze Beton Deneyleri Standardı). Alınacak beton örneğinin, deneyler için gereken miktarın en az 1.5 katı olması gereklidir (Aynı standard). Alınan örnekte ayrışma olmamalı ve gerekir ise karıştırılmalıdır. Alınan beton örneği, önceden iç yüzeylerine mineral bir kalıp yağı uygulanmış ve standartlarına uygun olan kalıplara en az 2 tabaka halinde yerleştirilmeli ve her tabaka 16 mm çaplı ve 600 mm uzunlukta (veya 25x25 mm kare kesitli ve 380 mm uzunlukta) çelik bir çubuk ile 25 kezden az olmamak üzere şişlenerek sıkıştırılmalıdır. Burada temel kural tam sıkışmanın sağlanması ve hapsolmuş havanın atılmasıdır. Bu amaçla sıkıştırma işleminden sonra kalıp dış yüzeyine uygun bir tokmak ile

vurularak havanın çıkması sağlanabilir (TS EN 12390-2 Beton-Sertleşmiş Beton Deneyleri Standardı ve TS 3351 Şantiyede Beton Deney Numunelerinin Hazırlanması ve Bakımı Standardı). Sıkıştırma işlemi titreşim masası veya iç vibratör ile de yapılabilir.

Bu şekilde kalıplara doldurulan ve yüzeyi düzeltilen beton, üzeri işaretlendikten sonra şantiye binasında kapalı bir hacme alınarak 20 ± 2 °C sıcaklıkta ve nem kaybı olmayacak şekilde üzeri örtülerek (cam, plastik, branda gibi örtüler ile) sertleşinceye kadar en az 16 saat ve en çok 3 gün (TS EN 12390-2 Standardı) şantiyede saklanır. Bu aşamada ortam sıcaklığının standard değerin üzerine çıkmamasına ya da altına inmemesine, doğrudan güneş ışınları almamasına, nem kaybı olmamasına ve numunenin örselenmemesine özen gösterilmelidir. Beton yeterli sertliğe ulaştıktan sonra kalıbından çıkarılarak ve nem kaybı olmamasına ve örselenmemesine özen gösterilerek (örneğin ıslak kum veya talaş içinde veya köpük ile kaplanmış kalıplar içinde) deney gününe kadar saklanacağı laboratuara iletilir. Bu laboratuvar şantiyede olabileceği gibi, tarafların anlaşması durumunda hazır beton tesisi ya da deneylerin yaptırılacağı bir başka kurum laboratuvarı da olabilir. Burada önemli olan beton numunelerin 20 ± 2 °C sıcaklıkta (TS 3351'e göre 23 ± 3 °C sıcaklıkta), kirece doymun ve sıcaklığı kontrol edilen termostatlı bir havuz içinde saklanmasıdır (TS EN 12390-2).

Deney yapılacak zamandan 2-3 saat önce havuzdan çıkarılan numunelere TS belgeli bir basınç aletinde yükleme hızı kontrolü yapılarak basınç deneyi uygulanır ve basınç dayanımları belirlenir.

Hazır beton üreticisi ile kullanıcı (tüketici) arasında genellikle numunelerin saklama koşulları konusunda anlaşmazlık çıkabilmektedir. Şantiyede betonu kullanacak olan taraf (tüketici), betonun yapıda ideal koşullarda bulunmayacağını ileri sürerek beton numunelerin saklama koşullarının standard olması gereğine önem vermemektedir. Oysa, beton sınıfını belirlemeye yönelik yapılan deneylerde beton numunelerin standard koşullarda, yani 20 ± 2 °C (veya 23 ± 2 °C) sıcaklıkta ve su içinde (kirece doymun) tutulması esastır.

Betondan alınan numunelerin şantiye koşullarında saklanması durumunda elde edilen dayanım değerleri beton sınıfını belirlemede bir ölçüt olarak kullanılamaz. Bu durumun amacı farklıdır; şantiye koşullarında saklanan (numunelere aynı zamanda şantiye koşullarına uygun sıkıştırma da uygulanabilir) beton numunelerinin belirli süreler sonunda ulaştığı dayanımın belirlenmesine yönelik olabilir (TS 3351). Burada elde edilen dayanımlar kullanılarak;

- Kalıp sökme zamanı belirlenebilir,
- Yapının üzerine yeni kat çıkmak için uygun zaman belirlenebilir,
- Bir yapıyı hizmete sokma (örneğin beton yollarda) zamanı belirlenebilir.

Yurdumuzda denetim firmalarının da devreye girmesi ile birlikte standartlara uygun olarak yapılacak şantiye denetimleri beton kalitesinin yükseltilmesine hizmet edecektir. Denetim firmalarına düşen bir görev de şantiyeye gelen betonun doğru olarak kalıplarına

yerleştirilmesini, uygun araçlarla sıkıştırılmasını, şantiyede betona su katılma isteklerinin önüne geçilmesini ve bunlar kadar önemli bir diğer nokta olan yerleştirilen betonun belirli bir süre nemini kaybetmeyecek şekilde kür yapılmasını sağlamaktır. Bunlar her aşamada eksiksiz olarak yapıldığında güvenli yapılardan söz edilebilir.

Kaynaklar

M. H. Özkul, TS 500 Standardının Beton Özellikleri Açısından Değerlendirilmesi, T.H.B.B. Dergisi, Yıl 7, Sayı 39,.59-63 (2000)

M. H. Özkul, T. Akakin ve C. Başegmez, Hazır Betonda Kalite Güvence Sistemi, T.H.B.B. Dergisi, Yıl 6, Sayı 36, 16-19 (1999)

TS 500 “Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları”, Şubat (2000)

TS 11222 “Beton - Hazır Beton - Sınıflandırma, Özellikler, Performans, Üretim ve Uygunluk Kriterleri” Şubat (2001)

TS – EN 206 – 1 “Beton – Bölüm 1: Özellik, Performans, İmalat ve Uygunluk” (Henüz yayınlanmadı)

TS 3351 “Şantiyede Beton Deney Numunelerinin Hazırlanması ve Bakımı”

TS EN 12350-1 „Beton-Taze Beton Deneyleri – Bölüm 1: Numune Alma“

TS EN 12390-2 “Beton-Sertleşmiş Beton Deneyleri- Bölüm 2: Dayanım Deneylerinde Kullanılacak Numunelerin Yapımı ve Kürü”

EK - Beton Numunesi Alırken Kullanılacak Aletler

Betondan numune almada kullanılacak aletler su emmez ve çimento hamurundan kısa sürede olumsuz etkilenmeyen malzemeden yapılmış olmalıdır. Kullanımdan önce tüm aletler temizlenmelidir.

1. Numune Kapları : Numune kapları, TS 11222 Hazır Beton Standardı’nda 15 X 15 cm küp kaplar ve 15 X 30 cm silindir kaplar olmak üzere iki tür kap tanımlanmıştır. Küp numune kalıplarının yan yüzlerinin, tabana göre diklikten sapmaları $\pm 0.5\text{mm}$ ’den az olmalıdır. Numune kalıpları , su sızdırmaz ve su emmez özellikte olmalı, kalıp birleşim yerleri , macun , yağ veya gres yağı ile su sızdırmayacak şekilde kapatılmalıdır.

2. Beton Sıkıştırma Gereçleri : Daire kesitli sıkıştırma çubuğu , çelikten yapılmış , düz daire kesitli , yaklaşık çapı 16 mm ve uzunluğu 600 mm ve yuvarlatılmış uçlu olmalıdır..

3. **Kepçe** : Yaklaşık 100 mm genişlikte olmalıdır.

4. **Mala veya Perdah Malası** : 2 adet bulundurulmalıdır.

5. **Termometre** : $\pm 1^{\circ}\text{C}$ duyarlılığında olmalıdır.

6. **Kürek** : Kare ağızlı olmalıdır.

7. **Karıştırma Kabı**: Sert, düz bir tepsi olmalı, ölçüleri kare ağızlı kürek kullanılarak karıştırma yapmak için uygun olmalıdır.

8. **Kalıp Ayırıcı** : Çimento ile etkileşime girmeyecek nitelikte kalıp yağı kullanılmadır.

9. **Tokmak**

10. **Numune Kalıbı**

