



Basınç dayanımının yerinde tayini

Enver Toker

İMO Mehmet Göze (ASİ) Yapı Malzemeleri ve Zemin Mek. Lab.

Beton basınç dayanımı döküm esnasında taze betondan alınan standart deney numunelerinin uygun şartlarda laboratuvarında bekletildikten sonraki 28. Gün yapılan basınç dayanım deneyi ile tayin edilmektedir. Bu sayede dökülen betonun istenilen basınç dayanım sınıfında olup olmadığı belirlenmektedir. Mühendislik yaklaşımları gereği bu şekilde test edilen ve istenilen beton basınç dayanımı sınıfına uygun sonuçları sağlayan beton numunelerini temsil eden betonun yerindeki basınç dayanımının da uygun olduğu kabul edilmektedir.

Çeşitli sebepler nedeniyle betonun yerinde dayanımının tayin edilmesi de gerekmektedir. Betonun basınç dayanımının yerinde tayini için çeşitli yöntemler bulunmakla birlikte doğrudan basınç dayanımı tayini için karot yöntemi kullanılmaktadır. Ultrasonik atımlı dalga hızı , çekip çıkarma , batma veya penetrasyon direnci ile geri sıçrama çekici yöntemleri de beton dayanım tayini için yaygın kullanılan yöntemlerdir. Bu durumlarda yerinde basınç dayanımı tayini için yapının yetkili statik müellifi tarafından bir inceleme planlanmalıdır. İnceleme yapılmasına karar verilmesi aşağıdaki nedenlerden dolayı gerekli olmaktadır:

a) Yenilenme veya yeni kullanım öncesindeki mevcut yapıların değerlendirilmesi,

b) Aşağıdaki nedenlerden dolayı betonun hasara uğraması:

- Aşırı yükleme,
- Yorulma,
- Kimyasal tesirler,
- Yangın,
- Patlama,
- Hava etkileri (donma çözülme),

c) Yerindeki beton dayanımının aşağıdaki durumlarda yeterli olup olmayacağına değerlendirilmesi,

- Mevcut taşıyıcı sistem tahkiki,
- Taşıyıcı sistemin yeni kullanımlar için projelendirilmesi,

d) Yapıdaki betonun dayanımı ile ilgili aşağıdaki durumlara ilişkin şüphe olduğunda,

- Betonun uygunsuzluğu,
- Betonun yerleştirilmesi, sıkıştırılması veya kür edilmesi ile ilgili işçilik kalitesi

Herhangi bir yapısal inceleme, bir yapıdaki beton dayanımının yeterli ve güvenilir şekilde değerlendirilmesi amacıyla elde edilen bilginin yeterli olması için dikkatlice planlanmalı ve yürütülmelidir. Detaylı bir deney programı, incelemenin nedenine bağlı olup aşağıdakilere bağlıdır;

1) Yapısal bir elemandaki betonun yerindeki karakteristik basınç dayanımının belirlenmesinin gerekli olup olmadığı (TS EN 13791, Madde 6.2),

2) Yapının diğer kısımlarındaki yeterli dayanımdaki betonun şüpheli beton ile kıyaslanması ile yeterli olduğunun tespit edilmesi (TS EN 13791, Madde 6.4),

3) Yüzeyin hemen üzerinde, yüzeye yakın kısımlarında ve betonun daha derin kısımlarında araştırmanın gerekli olup olmadığı (TS EN 13791, Madde 5.4),

4) Betonun homojenliği ve yoğunluğu gibi ilave bilgilerin gerekli olup olmadığı,

Deney programı yapılırken hangi amaç için yapıldığına bağlı olarak testin tipi ve sayısı ve deney bölgelerine dikkat edilmelidir.

Yüzeyden farklı derinliklerdeki kısımlar için deneylerin göreceli yararları ve sınırlamaları Çizelge 1'de özetlenmiştir.

Çizelge 1'de listelenmeyen Gama radyografisi ve radar gibi diğer deney yöntemleri de mevcuttur, ancak bu deney yöntemlerinin kullanım amacı

betonda dayanım belirleme dışındaki diğer özelliklerin tayin basınç dayanımının yerinde tayini Beton basınç dayanımı döküm esnasında taze betondan alınan standart deney numunelerinin uygun şartlarda laboratuvarında bekletildikten sonraki 28. Gün yapılan basınç dayanım deneyi ile tayin edilmektedir. Bu sayede dökülen betonun istenilen basınç dayanım sınıfında olup olmadığı belirlenmektedir. Mühendislik yaklaşımları gereği bu şekilde test edilen ve istenilen beton basınç dayanımı sınıfına uygun sonuçları sağlayan beton numunelerini temsil eden betonun yerindeki basınç dayanımının da uygun olduğu kabul edilmektedir.

Çeşitli sebepler nedeniyle betonun yerinde dayanımının tayin edilmesi de gerekmektedir. Betonun basınç dayanımının yerinde tayini için çeşitli yöntemler bulunmakla birlikte doğrudan basınç dayanımı tayini için karot yöntemi kullanılmaktadır. Ultrasonik atımlı dalga hızı, çekip çıkarma, batma veya penetrasyon direnci ile geri sıçrama çekici yöntemleri de beton dayanım tayini için yaygın kullanılan yöntemlerdir. Bu durumlarda yerinde

Deneye tabi tutulan bölge	Deney yöntemi	Standard	Dayanım tahmin etme doğruluğu	Deney hızı	Deneyin uygulama kolaylığı	Deneyin ekonomikliği	Yapıya hasar verme durumu
Derin kısım	Karot alma	TS EN 12504-1	✓✓✓✓	✓✓	✓✓	✓	✓
	Ultrasonik atımlı dalga hızı	TS EN 12504-4	✓✓ A)	✓✓✓	✓✓✓	✓✓✓	✓✓✓✓
Yüzeye yakın kısım	Çekip çıkarma	TS EN 12504-3	✓✓✓	✓✓	✓✓	✓✓	✓
	Batma veya penetrasyon direnci	TS 13537	✓✓ A)	✓✓✓	✓✓✓	✓✓	✓✓
Yüzeyse I kısım	Geri sıçrama çekici	TS EN 12504-2	✓✓ A)	✓✓✓✓	✓✓✓✓	✓✓✓✓	✓✓✓
Not – Daha fazla tik (✓) işareti daha iyi performans anlamındadır.							
A) Sadece inceleme altındaki beton için kalibrasyon veya korelasyon kurulduğunda uygulanır.							



basınç dayanımı tayini için yapının yetkili statik müellifi tarafından bir inceleme planlanmalıdır. İnceleme yapılmasına karar verilmesi aşağıdaki nedenlerden dolayı gerekli olmaktadır:

- a) Yenilenme veya yeni kullanım öncesindeki mevcut yapıların değerlendirilmesi,
 - b) Aşağıdaki nedenlerden dolayı betonun hasara uğraması:
 - Aşırı yükleme,
 - Yorulma,
 - Kimyasal tesirler,
 - Yangın,
 - Patlama,
 - Hava etkileri (donma çözülme),
 - c) Yerdeki beton dayanımının aşağıdaki durumlarda yeterli olup olmayacağını değerlendirilmesi,
 - Mevcut taşıyıcı sistem tahkiki,
 - Taşıyıcı sistemin yeni kullanımlar için projelendirilmesi,
 - d) Yapıdaki betonun dayanımı ile ilgili aşağıdaki durumlara ilişkin şüphe olduğunda,
 - Betonun uygunsuzluğu,
 - Betonun yerleştirilmesi, sıkıştırılması veya kür edilmesi ile ilgili işçilik kalitesi
- Herhangi bir yapısal inceleme, bir yapıdaki beton dayanımının yeterli ve güvenilir şekilde değerlendirilmesi amacıyla elde edilen bilginin yeterli olması için dikkatlice planlanmalı ve yürütülmelidir. Detaylı bir deney programı, incelemenin nedenine bağlı olup aşağıdakilere bağlıdır;

1) Yapısal bir elemandaki betonun yerindeki karakteristik basınç dayanımının belirlenmesinin gerekli olup olmadığı (TS EN 13791, Madde 6.2),

2) Yapının diğer kısımlarındaki yeterli dayanımdaki betonun şüpheli beton ile kıyaslanması ile yeterli olduğunun tespit edilmesi (TS EN 13791, Madde 6.4),

3) Yüzeyin hemen üzerinde, yüzeye yakın kısımlarında ve betonun daha derin kısımlarında araştırmanın gerekli olup olmadığı (TS EN 13791, Madde 5.4),

4) Betonun homojenliği ve yoğunluğu gibi ilave bilgilerin gerekli olup olmadığı,

Deney programı yapılırken hangi amaç için yapıldığına bağlı olarak testin tipi ve sayısı ve deney bölgelerine dikkat edilmelidir.

Yüzeyden farklı derinliklerdeki kısımlar için deneylerin göreceli yararları ve sınırlamaları Çizelge 1'de özetlenmiştir. Çizelge 1'de listelenmeyen Gama radyografisi ve radar gibi diğer deney yöntemleri de mevcuttur,

ancak bu deney yöntemlerinin kullanım amacı betonda dayanım belirleme dışındaki diğer özelliklerin tayin edilmesidir. Sınırlı sayıda deney verisinin kullanılması ile ilgili belirsizlik nedeniyle, karot sayısının 15'den daha az olduğu herhangi bir eski yapıda olduğu gibi karot deneyleri ultrasonik atımlı dalga hızı ve benzeri ilave tahribatsız deneyler ile desteklenmelidir.

Deneyler nedeniyle yapıya verilen zararın etkisi dikkate alınmalı ve yenileme yöntemi belirtilmelidir

Çizelge 1: Yerde basınç dayanımı

ölçülmesi için farklı deneylerin yararları ve sınırlamaları

Deney yönteminin seçiminde aşağıdaki faktörler dikkate alınmalıdır:

- Genel şantiye konumu ve deney donanımının taşınmasının kolaylığı,
- Deney bölgesine ulaşılabilirlik,
- Şantiyedeki personelin ve halkın güvenliği,
- Uygun şekilde eğitilmiş ve vasıflı personelin mevcudiyeti,
- Deneyler yürütülürken ve karar verilirken inşaat işlerinde gecikme,
- Deney nedeniyle yapıya verilen hasar,
- Tamamlanmasında ve devir tesliminde gecikmeler

Karot deneyleri ile ultrasonik atımlı dalga hızının birlikte kullanılması gibi farklı deney tekniklerinin birleştirilerek kullanılması daha güvenilir sonuçlar elde edilmesini sağlar. Dolaylı olarak tahribatsız muayene deneyleri sonucunda elde edilen yerindeki dayanımın doğruluğu, karot deneyleri ile tahribatsız deney yöntemi arasında kurulan korelasyonun güvenilirliğine bağlıdır. TS EN 13791'de güvenilir ilişkilerin kurulması için önerilen yöntemler verilmiştir. Birleşik tekniklerin kullanılması için aşağıdaki iki işlem verilmektedir;

1) İnceleme altındaki beton için ultrasonik atımlı dalga hızı ile karot basınç dayanım sonuçları arasında kurulan korelasyon gibi dolaylı tahribatsız muayene deneyleri ve karot deneyleri arasında kapsamlı bir korelasyon bağlantısının oluşturulması. Daha sonra, bütün deney verileri eşdeğer küp veya 2:1 boy: çap oranındaki silindir numune dayanımına dönüştürülür. Bu konuda ayrıntılı bilgi, TS EN 13791, Madde 8'de mevcuttur.

2) İki farklı konumdan her birinden en az iki karot veya dört ayrı konumdan bir tek karot elde edilecek şekilde daha zayıf alanların belirlenmesi amacıyla dolaylı yöntemlerin kullanılması (Madde 6.3). Bu prosedürde, dolaylı yöntem ve karot dayanımı arasında bir ilişki kurulabilmesi amacıyla yetersiz sayıda karot verisi söz konusudur. Bu teknik sadece yapısal değerlendirme amaçları için olup temin edilen betonun kalitesinin değerlendirilmesinde kullanılmamalıdır. Çünkü bu teknikle belirli bir konumdaki yerindeki en düşük dayanım değeri elde



edilmekte ve yerindeki betonun ortalama dayanımı elde edilmemektedir.

Yapısal elemanlar üzerinde ultrasonik atımlı dalga hızı veya geri sıçrama çekici ölçümlerinin kolaylıkla çok sayıda elde edilebilmesi bir yapının dayanımının daha kapsamlı değerlendirilmesine imkân sağlar.

Karot deneyleri TS EN 12504-1 standardına uygun olarak yapılmalıdır. Karotlar için aşağıdaki düzeltme faktörlerinin kullanılması belirtilmiştir;

- Karot dayanım değerinin (fis) boy: çap oranına göre eşdeğer küp (fis, küp) veya silindir (fis, sil) dayanımına dönüştürülmesi,
- Karot çapına göre çapı 150 mm veya kenarı 150 mm eşdeğer silindir/küp dayanımına dönüştürülmesi,
- Karotun deney sırasındaki rutubet durumuna göre düzeltme faktörü uygulanması,
- Karotun beton döküm yönüne göre yapıdan alınma yönü ile ilgili düzeltme faktörünün uygulanması,
- Karotun yapıdan alınması sırasında örselenmesi ile ilgili düzeltme faktörünün uygulanması,
- Yükleme yönüne göre karotta enine olan donatının varlığına göre içerisinde boyuna yönde yükleme doğrultusunda donatı içeren bir karot görsel muayene sırasında tespit edildiğinde reddedilmeli ve yerine bir başka karot alınmalıdır.

Karota ait basınç dayanımı (fis) ve düzeltilmiş karot dayanımı (fis, küp, düzeltilmiş veya fis, sil, düzeltilmiş) her ikisi birden kayda geçirilmelidir. Her ne kadar standard bir işlem olmasa da, bu değerler su kürünün ardından hemen sonra deneye tabi tutulan karotlarda herhangi bir düzeltme



faktörü ihtiva etmemektedir. Karotların, su kürünün hemen ardından deneye tabi tutulması durumunda, bu durum standard işlemde bir sapma olarak rapor edilmelidir. Geri sıçrama çekici, ultrasonik atımlı dalga hızı ve çekip çıkarma deneyleri sırasıyla TS EN 12504-2, TS EN 12504-4 ve TS EN 12504-3 standartlarına uygun olarak yürütülmelidir.

Karot konumları aşağıda verilenlerden sakınmak amacıyla dikkatlice belirlenmelidir:

- Yüksek gerilmeye sahip kısımlardan kaçınılmalıdır,
- Donatı, ön-germe donatısı ve tesisatlardan kaçınılmalıdır,

Karot alma konumlarının belirlenmesi amacıyla karot alımından önce bir donatı tespit cihazı ile donatı veya ön-germe çeliğinin yerlerinin belirlenmesi mutlaka önerilmektedir.

Deney konumlarının seçimi, incelemenin amacına ulaşmasını sağlamalıdır. Ekonomikliği temin edecek ve gerekli doğruluğu sağlayacak şekilde yeterli sayıda deney konumu belirlenmelidir. Deney bölgesi içindeki deney konumları, deney elemanı içindeki tipik dayanım değişikliklerini dikkate alacak şekilde seçilmelidir.

Karot alınacak olan şantiye koşullarında aşağıdakilere dikkat edilmelidir:

- Genel şantiye konumu ve deney

donanımının taşınma kolaylığı,

- Şüpheli bölgeye yerinde erişilebilirlik,
- Şantiyedeki personelin ve civardaki insanların güvenliği

Deney konumlarından alınan karotlar aşağıdaki beton kısımlarını içermemelidir;

- Beton elemanın yüzeyinden 50 mm'lik derinlikteki kısımlarını,
- Eleman yüksekliğinin 1,5 m'den fazla olmadığı yerlerde, elemanın üst yüzeyinden itibaren 50 mm'lik kısmından veya eleman üst yüzeyinden itibaren %20'lik kısmı içinden, hangisi daha büyükse ve

- Beton anonun derinliğinin 1,5 m veya daha fazla olduğu yerlerde anonun üst yüzeyinden 300 mm altında

Seçilen teknik olarak kabul edilebilir uygun olan diğer beton elemanlar ile inceleme altındaki bileşenin karşılaştırılması durumunda, inceleme altındaki eleman ile referans elemanda aynı test konumları seçilmelidir.

Dolaylı deney verisinin olmaması durumunda, bir düşey elemanın üçte birlik üst kısmın dayanımında azalma olacağı ve temelene bitişik kısımların dayanımının ise daha yüksek olduğu kabul edilir. İhtilaf durumundaki hallerde, deney konumları olarak daha zayıf alanlar seçilir ve uygun konumların belirlenmesine yardımcı olmak için hiçbir dolaylı deney verisinin olmadığı düşey elemanlarda, deney konumları üst kısımdan itibaren 300 mm'lik kısım haricindeki üst üçte birlik kısımdan seçilmelidir. Karotlar, üst kısım donatısının



altındaki bir derinlikten alınmalıdır. Ancak, ortalama beton kalitesinin belirlenmesinin gerektiğinde, deney konumları elemanın orta üçte birlik kısmından seçilerek alınmalıdır. Zemin döşemesi gibi ince ve yatay elemanlarda dolaylı deneyler kullanılmadan zayıf alanların tespit edilmesi normal olarak mümkün değildir. Sonuç olarak, ince ve yatay elemanlarda dolaylı deney yapılmadığında deney konumları rastgele belirlenmelidir.

Betonun, yerleştirilmesinden sonra istenildiğinde gücünü tahmin etmek yüksek düzeyde belirsizliğe sahip karmaşık bir süreçtir. Bunun nedenleri, karot dayanımlarının, betonun test numunelerine yapılmış olan en azından numunelerde kürlenme ve olgunlaşmada bulunan havanın hacmine göre ayarlanması gerektiğidir. Betonun olgunluğu, bilinmeyen sıcaklığa ve sertleşme geçmişine bağlıdır. Çimento tipi ve içeriği, katkı tipi ve içeriği, kesit kalınlığı, kalıp tipi, yerleştirme sıcaklığı ve ortam sıcaklığının bir fonksiyonudur. Mukavemetin zaman içerisinde gelişimi çimentonun tipine ve içeriğine bağlıdır. Bununla birlikte, yapısal bir bakış açısından bakıldığında, bunun yanlış bileşen seçimi, zayıf beton, sahada yanlış uygulama veya bu faktörlerin bir kombinasyonundan kaynaklanıp kaynaklanmadığına bakılmaksızın, yapıdaki yetersiz mukavemeti önler.

Kesitin büyük olduğu ve betonun tipik sıcaklık artışı ve düşüşüne uğradığı farklı bir komplikasyonlar ortaya çıkarmaktadır. Bu betonun mukavemeti standart kürlenmiş numunelerden %20 daha az olabilir.

Karakteristik dayanımın tam bir analizi zor ve sonuç belirsiz olsa da, bu analizin güvenilir ve düşük beton dayanımının nedenlerini değerlendirirken dikkate alınacak yönleri vardır.

Müşterinin talimatları altında betona su eklenmişse, EN 206'ya göre, eklenen suyun hacmi teslimat irsalyesi üzerine kaydedilmiş olmalı ve üretici bunun etkisine dair kanıt sunabilmelidir ve basınç dayanımına etkisini önceden belirlenmelidir.

Karot deney verilerinin analizi uzman yorumlaması ve itina gerektiren bir işlemdir ve bu şekilde yapılmadığı takdirde tartışmalı yorumlara ve sonuçlara yol açabilir. Bu nedenle, karot deneyleri ile belirlenen beton dayanımı ile ilgili yorum ve değerlendirmeler mutlak surette beton teknolojisi

işinde tecrübeli uzmanlar tarafından veya uzman yardımıyla yapılmalıdır. Karot dayanımı üzerinde etkili faktörler aşağıda verilmiştir;

- Bir yapı bileşeni veya tüm yapıda yerindeki dayanımın sistematik değişkenliği,
- Tek bir harman ve tüm harmanlarda beton dayanımının sistematik olmayan değişkenliği,
- Kusurlu deney numuneleri veya uygun olmayan deney işlemlerine atfedilen düşük deney sonuçları,
- Ölçülmüş dayanımlar üzerinde boyut, narinlik oranı, rutubet içeriği, karot numune alınma yönü ve olgunluk gibi faktörlerin etkileri,
- Standard deney işlemlerine tam olarak uygun olmayan şekilde gerçekleştirilen mevcut deney yöntemlerine atfedilen ilave belirsizlikler.

Şantiyeye sevk edilen betonun kalitesi, bileşen malzemelerin bağlı oranlarına ve kalitesine, harmanlama, karıştırma ve taşıma sırasındaki bakım ve yapılan kontrol işlemlerine bağlıdır. Betonun yerindeki nihai kalitesi yerleştirme, sıkıştırma ve kür işlemlerine bağlıdır. Sevk edilen taze betonun numune dayanımı kullanılarak tayin edilen kalitesi, aynı betonun yerindeki (yapıdaki) kalitesini garanti etmez. Betona şantiyede fazla su ilavesi veya uygun olmayan yerleştirme, sıkıştırma veya kür işlemleri uygulandığında, karot deney sonuçları şantiyeye sevk edilen beton kalitesini temsil etmeyebilir. Genel olarak döküm yönüne göre bir beton elemanın üst kısmındaki yerindeki dayanım, alt kısımdaki dayanımdan daha düşüktür. Diğer taraftan yapılan bazı araştırmalara göre döküm yönüne göre yatay ve düşey olarak alınan karotların dayanımları arasında önemli sayılabilecek farklar gözlenmiştir.

KAYNAKLAR:

- TS EN 206:2013+AI, 2017“Beton – Özellik, imalat, performans ve uygunluk”
 TS 500, 2013“Betonarme yapıların tasarım ve yapım kuralları”
 TS 13791” Basınç dayanımının yapılar ve öndökümlü beton bileşenlerde yerinde tayini”
 TS 13685:2016 “Basınç dayanımının yapılar ve öndökümlü beton bileşenlerde yerinde tayini – TS EN 13791’in uygulanmasına yönelik tamamlayıcı standard”