

DEPREMDE YIKILMIŞ BETONARME BİR BİNADAN BETON KAROT NUMUNESİ ALINIR MI?

(Can Concrete Core Samples be Taken From a Reinforced Concrete Building
Collapsed in an Earthquake?)

Levent Mazılıgüney¹, İsmail Özgür Yaman²

ÖZET

6 Şubat 2023 tarihinde Kahramanmaraş'ta meydana gelen ikiz depremlere, 20 Şubat 2023 Hatay depreminin eklenmesiyle birlikte Ülkemiz cumhuriyet tarihi boyunca yaşanan en büyük deprem felaketiyle karşı karşıya kalmıştır. Bu depremler, geçmişte yaşadığımız yüzlerce deprem felaketinin ardından yapılan hatalardan ders almadığımızı bizlere bir kez daha gösterdi. Bu depremlerde yıkılan yüzbinlerce betonarme binanın yıkılmasının ardındaki kök neden veya nedenleri belirlemeye çalışmak; neden sağlıklı bir yapı sistemi kuramadığımızı sorgulamak; bunu nasıl kuracağımızı araştırmak birinci önceliğimiz olması gerekirken, geçmişte yaptığımız şekilde kişisel suçluları arama eğilimimiz devam etmektedir. Yıkılan binalar çoğunlukla betonarme binalar olduğu için de ilk şüpheli olarak betonu görme eğilimindeyiz. Bu yazı, betonun özellikleri ile yapım ve değerlendirme sürecini, Ülkemiz betonarme yapı mevzuatının tarihsel gelişimi ile ilişkilendirerek başlıktaki sorunun cevabını aramak üzere kaleme alınmıştır.

ABSTRACT

On February 6, 2023, Kahramanmaraş was struck by twin earthquakes, followed by another earthquake in Hatay on February 20, 2023, resulting in the largest earthquake disaster in the history of the Republic. These seismic events are a stark reminder that lessons from numerous past earthquakes have not been adequately learned. While it should be our first priority to try to identify the root cause or causes behind the collapse of hundreds of thousands of reinforced concrete buildings that collapsed in these earthquakes; to question why we cannot establish a healthy building system; to investigate how to establish it, our tendency to look for personal culprits continues as we have done in the past. Since the collapsed buildings are mostly reinforced concrete buildings, we tend to see concrete as the first suspect. This article has been written to seek the answer to the question in the title by associating the properties of concrete and its construction and evaluation process with the historical development of reinforced concrete construction legislation in our country.

1. GİRİŞ

Makale başlığında sorduğumuz sorunun cevabını en baştan söylemek gerekirse; depremde yıkılmış betonarme bir binadan beton karot numunesi elbette alınabilir! Ancak, alınacak olan bu karot numunesi üzerinde gerçekleştirilecek inceleme ve değerlendirmelerin ne amaçla yapılacağı çok önemlidir. Eğer amaç depremde yıkılan bir betonarme binada, yıllar önce bina yapımında kullanılan betonun basınç dayanımını belirlemekse, alınan karot veya karotların bu amaca hizmet etmeyeceği çok açıktır. Dolayısıyla depremde yıkılmış bir betonarme binadan beton karot numunesi alınabilse de bu numuneden yola çıkarak betonun yapım aşamasındaki basınç dayanımını bulamayacağımızı net bir şekilde söyleyebiliriz.

Unutulmaması gereken şudur, betondan karot numunesini almak oldukça kolaydır [1], ancak bu karot numunesi üzerinde yapılacak incelemeler görece daha zor, bu incelemelere bağlı değerlendirmeler yapmak ise çok daha zordur. Değerlendirmelerin ardından verilecek hüküm de çoğu zaman kesinlik içermeyecektir, dolayısıyla da karot almak her zaman için belirlenen amaca tam manasıyla hizmet

¹ Dr. İnş. Müh. ve Av., Mazılıgüney Hukuk ve Danışmanlık, info@maziliguneyhukuk.com

² Prof. Dr., Orta Doğu Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, ioyaman@metu.edu.tr

etmeyebilir. Bu makalede beton, basınç dayanımı ve karotların değerlendirilmesinde kullanılan kavramlar açıklanarak makale başlığındaki sorunun cevabı irdelenecektir.

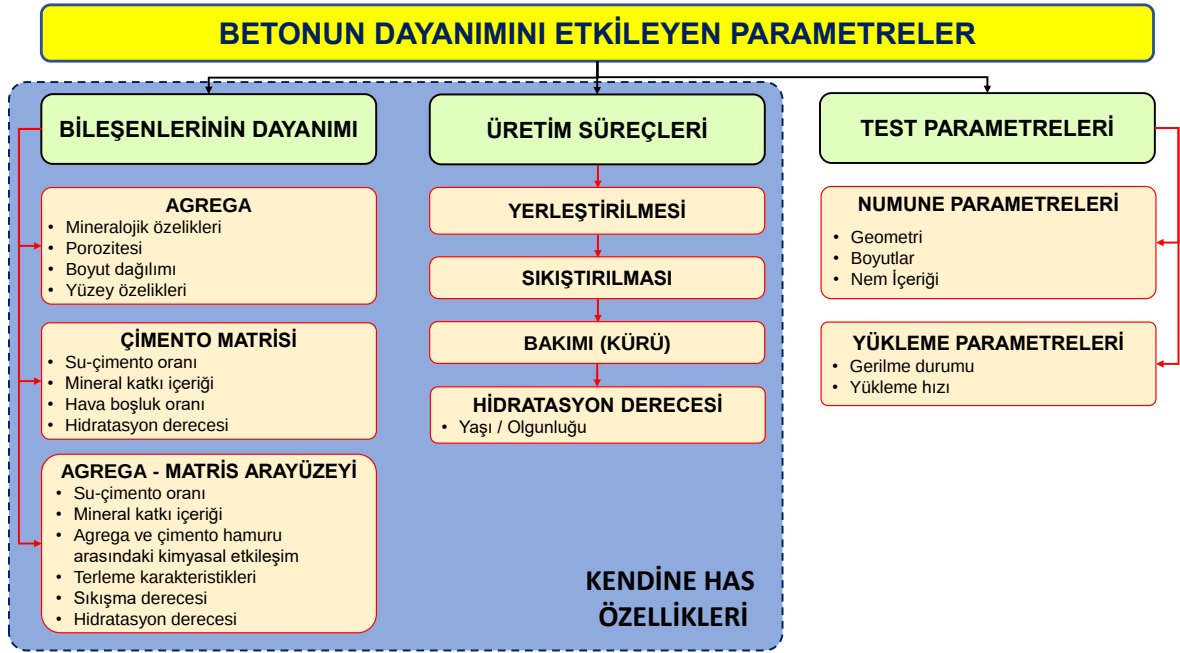
2. BETON, HAZIR BETON, BETONUN BASINÇ DAYANIMI

Çelik donatılar ile birlikte betonarme yapıların taşıyıcı sisteminde 150 yılı aşkın bir süredir kullanılan beton, günümüzde artık “hazır beton” olarak tanımlanmaktadır. Hazır beton, betonu oluşturan bileşenlerin (çimento, su, kum, çakıl ve gerekirse kimyasal ve mineral katkıları) bilgisayar kontrolüyle daha önceden belirlenen oranlarda bir araya getirilip, hazır beton santralinde karıştırılmasıyla üretilen ve şantiyeye “taze beton” olarak teslim edilen bir “yarı-mamül” üründür. Bu yarı-mamulün istenen nihai özelliklere ulaşabilmesi için üretim aşamasından sonra karşılaştığı süreçler, yani yerleştirilmesi, sıkıştırılması ve bakımı (kürü) en az üretim süreçleri kadar önemlidir.

Ülkemizdeki ilk hazır beton üretiminin Ankara’da 1976 yılında başladığı bilinse de Türkiye’de hazır betonun gerçek anlamda kullanılmaya başlaması 1980’li yılların ikinci yarısını bulmuştur. Türkiye Hazır Beton Birliği’nin ilk kuruluş yılı olan 1988’de Ülkemizde yıllık 1,5 milyon m³ hazır beton üretilmekteyken, günümüzde bu miktar 100 milyon m³ civarındadır [2]. İlk hazır beton standardı olan TS 11222 ise 1994 yılında yayımlanmıştır. Günümüzde ise hazır beton harmonize TS EN 206 standardı ile onun ulusal tamamlayıcı standardı olan TS 13515’e göre üretilmektedir.

Betonarme yapıların tasarım ve yapım kurallarının belirtildiği TS 500 standardında “TS 11222’ye uygun hazır beton kullanılması gerektiği” 2000 yılındaki revizyonda belirtilmiştir. Ancak TS 500 kapsamındaki düzenleme uygulamada yeterli olmamış, Çevre ve Şehircilik Bakanlığının 20.04.2004 tarihli ve 248 sayılı “Beton Dökümü ve Bakımında Uyulması Gereken Hususlar” konusunda hazırlanan Genelgesiyle hazır beton (kaliteli, denetimli, bakımı yapılmış ve vibratörle yerleştirilmiş) kullanılması zorunluluğu getirilmiştir. Ülkemiz bina stoğunun azımsanamayacak bir bölümünün 2000 yılı öncesi yapılmış olması nedeniyle, mevcut betonarme binaların önemli bir kısmında kullanılan betonun “hazır beton” olarak imal edilmediği, çimento, çakıl ve su gibi bileşenlerin inşaat mahallinde karıştırılarak hazırlandığı ve her iki dönemde kullanılan “beton” ve “hazır beton” terminolojisinde bazı farklılıklar olduğu anlaşılmaktadır. Öte yandan, geçmişte betonun sadece basınç dayanımına odaklanılmaktayken, günümüzde çevresel etki sınıfları ve kıvam sınıfları da dahil olmak üzere hazır betonu sınıflandırmak için basınç dayanımının ötesinde birçok parametrenin kullanıldığı unutulmamalıdır. Ancak, bu aşamada “beton dayanımını” etkileyen parametrelere değinmek ve “beton basınç dayanımı” kavramını da açmak yerinde olacaktır.

Betonun nihai özelliklerinden biri olan dayanımını etkileyen birçok parametre bulunmaktadır. Şekil 1’de betonun genel anlamda dayanımını etkileyen parametreler listelenmiştir. Buradan da görüleceği üzere betonun dayanımının kendine has (*intrinsic*) özellikleri olan bileşenlerinin özellikleri ve üretim süreçlerinden etkilenmektedir. Buna ilave olarak dayanımın tespitinde kullanılan test parametreleri, örneğin gerilme durumu ve yükleme hızını içine alan yükleme parametreleri ile numune parametrelerini saymak mümkündür. Eğer dayanım bir yapıdan elde edilecek olursa o zaman o yapının kullanım ömrü boyunca maruz kaldığı yükler ile sünme ve yorulma gibi diğer mekanik etkileri de bu listeye eklemek gerekmektedir. Öte yandan sayılan bütün bu parametrelerin betonun yapıdaki dayanımında bir dağılımın oluşmasına sebep olduğu da göz önüne alınması gereken başka bir husustur [3-5].



Şekil 1: Beton dayanımını etkileyen faktörler

Betonda dayanım kavramı farklı terimlerle karşımıza çıkabilmektedir. Bunlardan ilki betonun maruz kaldığı gerilme dağılımıdır. Betonarme yapıların tasarımında betonun tek eksenli bir yükleme altındaki basınç dayanımı değeri kullanılır. Bu nedenle, betonun basınç dayanımı dendiğinde esasen tek eksenli bir basma yükü altında azami (maksimum) taşıyabileceği gerilme değerinin belirlenmesi kastedilmektedir. Ancak, bu noktada betonun “doğru (true)” basınç dayanımının teorik olarak belirlenemeyeceğini de belirtmek yerinde olacaktır. Zira, beton birçok farklı fazdan (**multi-phase**) oluşan heterojen bir malzemedir. Dolayısıyla da betonu oluşturan bileşenlerin kendi içsel özelliklerinden ve bu bileşenlerin karışım oranlarından etkilenir. Öte yandan böylesi çok fazlı heterojen malzemelerde karşılaştığımız ve boyut etkisi olarak adlandırdığımız kavram nedeniyle, betonun basınç dayanımı onu elde etmek için kullanılan numune geometrisine ve boyutlarına göre de değişkenlik gösterir.

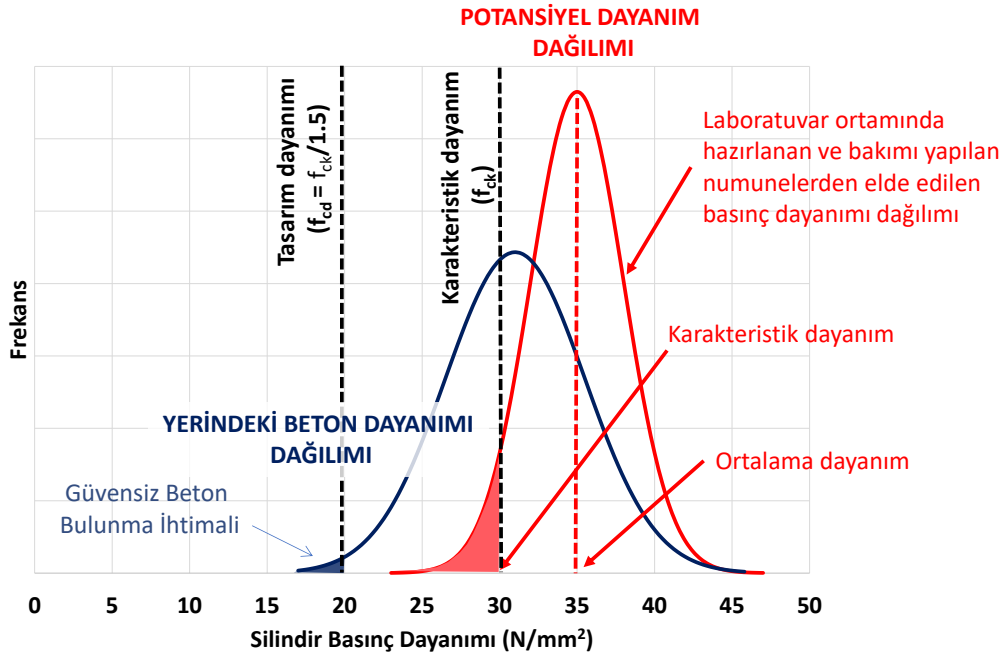
Bu nedenlerle belirli bileşenlerle belirli bir oranda karıştırılarak elde edilen bir beton karışımının, doğru basınç dayanımından ziyade “**potansiyel (potential)**” basınç dayanımından bahsedilmesi gerekir. Betonun potansiyel basınç dayanımını belirleyebilmek için beton dökümü sırasında belirli boyutlara sahip bir dizi beton numunesi hazırlanır. Bu numuneler belirli sıcaklık ve nem koşullarında, genellikle de buna uygun havuzlarda su içinde bekletilerek 28 gün sonraki tek eksenli basma deneyinin ardından potansiyel basınç dayanımı belirlenir. Gerek hazır beton gerekse de betonarme tasarım standardında bahsi geçen “**karakteristik (characteristic)**” basınç dayanımı değeri ise esasen bu potansiyel basınç dayanımının istatistiksel olarak ifade edilmiş halidir. Betonun 28 gün sonra ulaşabileceği potansiyel basınç dayanımını ifade eden karakteristik basınç dayanımı değeri beton üreticisi, beton kullanıcısı, betonarme yapı tasarımcısı ve kontrol eden kişi ve kurumlar tarafından esas alınan bir değerdir. Dolayısıyla, bunun tespiti ile betonarme eleman/yapı üretiminde, hazır beton üreticisi tarafından üretilen beton karışımının projede öngörülen beton dayanım sınıfında olup olmadığı belirlenebilir ve anlaşmazlıkların önüne geçilmesi hedeflenir.

Betonun basınç dayanımının, karıştırma, yerleştirme, sıkıştırma gibi üretim süreçlerinden etkileneceği belirtilmelidir. Betonarme yapı elemanlarını, potansiyel beton dayanımının belirlendiği beton numuneleri gibi bir havuz içinde sabit bir sıcaklık ve nem koşuluna maruz bırakmak mümkün olmayacağından, bu kez betonun “**yerindeki (in-situ)**” dayanımını veya “**asıl (actual)**” basınç dayanımı kavramını belirtmek yerinde olacaktır. Betonun asıl dayanımının potansiyel dayanımından genellikle daha küçük olması beklendiğinden, betonarme eleman/yapı tasarımında kullanılacak beton

basınç dayanımı, karakteristik dayanımının birden büyük bir katsayıya bölünmesiyle küçültülür ve böylece güvenli tarafta kalınmak istenir. Bu kez ortaya çıkan ve betonarme yapı tasarımcısının ya da projecisinin kullandığı bu dayanım değerine ise hesap dayanımı ya da “**tasarım (design)**” dayanımı adı verilir.

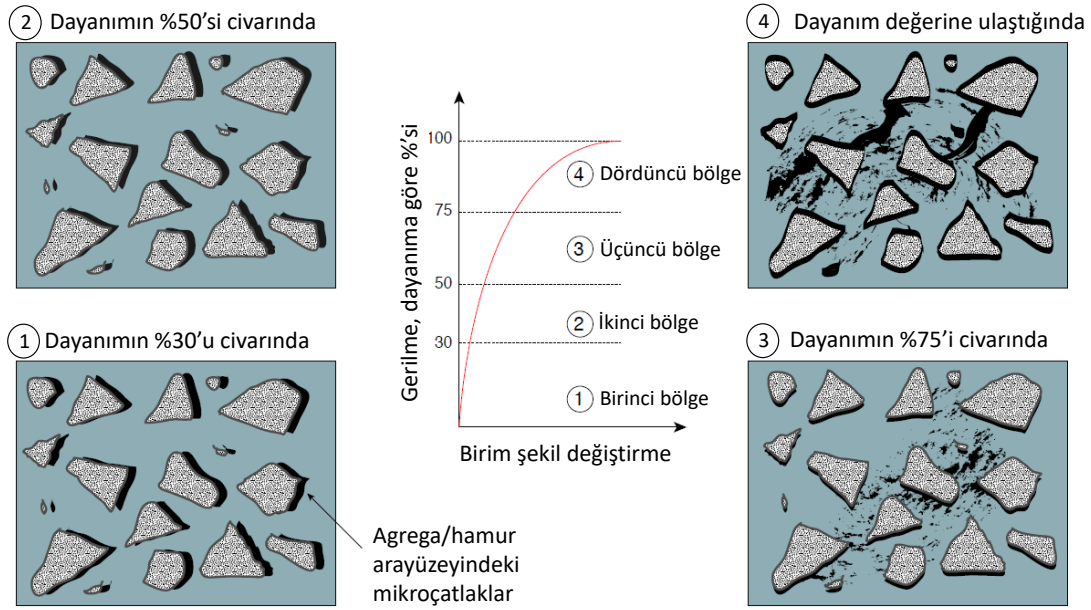
Son olarak betonun yerindeki dayanımının genellikle betonarme elemandan/yapıdan alınan karotlarla belirlendiği, bu durumda da, karot numunesinin çapı, boyu, boyun çapa oranı, kullanılan maksimum agrega boyutu ile karot boyutları arasındaki oran, nem durumu, donatı ihtiva etmesi, karot alma işlemi sırasında verilen hasar gibi farklı parametreler ortaya çıkaracağı belirtilmelidir [6-11].

Şekil 2’de yukarıda tanımlı yapılan farklı basınç dayanımı terimlerinin şematik bir gösterimi yapılmıştır. Bu gösterimde x-ekseni silindir basınç dayanımını, y-ekseni ise her bir silindir basınç dayanımına karşılık gelen frekansı ya da olasılığı göstermektedir. Dolayısıyla, pratikte “betonun basınç dayanımı” diyerek üstünkörü geçirtilen değerden ne kastedildiğinin, yani “potansiyel dayanım” veya “yerindeki dayanım” kavramlarından hangisi olduğunun da bilerek kullanılması gerekmekte ve boyut etkisi nedeniyle gerek “potansiyel dayanımın” tahmin edilmesinde gerekse de “tasarım dayanımının” kontrol edilmesinde dikkatli olunmalıdır.



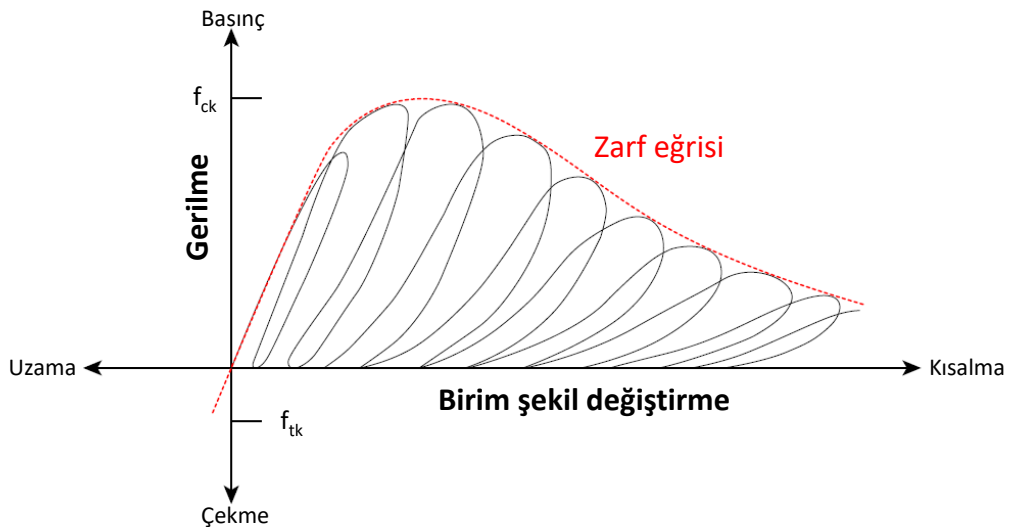
Şekil 2: Farklı beton basınç dayanımı tanımlarının şematik gösterimi

Şekil 3’de bir beton numunesinin basınç dayanımı deneyi esnasında elde edilen gerilme – birim şekil değiştirme grafiği ile o grafiğin çeşitli evrelerinde betonun iç yapısını gösteren bazı şematik çizimler verilmiştir [3]. Buradan da görülebileceği üzere bir betonun dayanımı 100 olarak alındığında ve bir beton numunesi bu yükün %30’una kadar yüklendiğinde, agrega ile çimento hamuru ara yüzeyinde, herhangi bir yük uygulanmamış olduğu halde varlığı bilinen, mikro çatlaklar, oldukça stabildir ve bu kısımdaki eğri neredeyse doğrusal olarak kabul edilir. Yükün %50’ye artmasıyla birlikte bu mikro-çatlakların sayısının artmasına ve bir miktar genişleme ve uzama eğilimi görülmesine rağmen halen stabil oldukları bilinmektedir. Ancak, gerilme değerlerinin özellikle üçüncü bölgeye geçmesinin ardından bu mikro-çatlakların stabilitesini kaybettikleri ve ilerlemeye başladıkları ve bu kısımdaki eğrinin eğrilik derecesinin artmaya başladığı söylenebilir. Yükün dördüncü bölgeye geçmesiyle birlikte çatlaklar çok daha hızlı ilerler ve malzeme daha fazla yük taşıyamayacağı için kırılır. Betonarme yapı elemanlarında aksenal yük kapasitesinin sınırlandırılmasının temel nedeni Şekil 3’de açıklanan bu davranıştır.



Şekil 3: Betonun tek eksenli basınç dayanımı deneyinin şematik gösterimi [3]

Öte yandan, yukarıda irdelenen bu yükleme durumu tek eksenli bir basınç deneyini açıklamaktadır. Betonun kullanıldığı betonarme binanın bir depremin ardından bırakın yıkılmasını bir miktar hasar görmesi durumunda yukarıda açıklamaya çalıştığımız kavramlara bütün malzemelerde gözlenen “**yorulma dayanımı**” kavramını da eklemek gerekmektedir (Şekil 4). Bu kavram özellikle köprüler, viyadükler, katlı otoparklar gibi hareketli yüklerin etkili olduğu yapılarda daha önemli olmakla birlikte, binaların deprem etkisi altında salınma uğraması durumunda da kendini gösterir. Bir malzemenin tek bir defada uygulanan yük sonucunda (monotonik yükleme) elde edilen dayanım değeri, tekrarlama yükünün miktarına bağlı olarak tekrarlı yükler neticesinde elde edilecek olan yorulma dayanımından çok daha fazladır. Bir başka deyişle yorulma dayanımı, monotonik yüklemekten elde edilen dayanım değerinden düşüktür. Dolayısıyla, bir beton numunesinde deprem etkisinde olduğu gibi tekrarlı bir yükleme durumu oluştursa uygulanan yükün miktarına bağlı olarak, betondaki mikro-çatlakların ilerleme durumuna göre betonun basınç dayanımı değerinde bir azalma meydana gelecektir. Bu durumda da yıkılmış bir binadan alınan beton karot numunesi üzerinde yapılan tek eksenli basınç dayanım deneyini ve elde edilen değeri anlamsız kılmaktadır.



Şekil 4: Betonun tekrarlı bir tek eksenli basınç dayanımı deneyinin şematik gösterimi [3]

Yorulma dayanımını güncel hayattan bir örnekle açıklayacak olursak, bir telin (örneğin kağıtları bir arada tutmaya yarayan bir atacın) tek bir defada uygulanacak bir bükme kuvvetiyle kırılmadığı ancak tekrarlı eğme bükme hareketleri sonucunda belirli bir tekrar sonucunda kolaylıkla kırılabildiği hemen gözümüzde canlanacaktır. Dolayısıyla, bir deprem anında betona uygulanan tekrarlı yüklemelerin ardından, beton geçmişte uygulanan yüklerin ortaya çıkardığı gerilme durumuna ve şiddetine bağlı olarak yorulacaktır. Yorulmuş olan bu betondan elde edilecek bir karot numunesi daha sonra tek eksenli bir basınç deneyine tabi tutulduğunda ulaşılan basınç dayanımı değeri betonun gerçek dayanım değerini yansıtmayacaktır.

3. BETONARME BİR YAPININ TASARIMINDA KULLANILAN MEVZUAT VE BETON BASINÇ DAYANIMI

Ülkemizde betonarme tasarımı 2000 yılında yayımlanan “TS 500 – Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları” standardına göre yapılmaktadır. Her ne kadar ilk TS 500 standardı 1971 yılında yayımlanmış olsa da o standarda göre yapılan betonarme tasarımı “emniyet gerilmeleri yöntemi” kullanılmaktadır. TS 500’ün 1984 yılındaki güncellemesiyle birlikte betonarme yapı tasarımı “taşıma gücü yöntemi” kullanılmaya başlanmıştır.

Emniyet gerilmeleri yöntemi, beton ve çeliğin doğrusal elastik davranışları varsayımı ile yapılan kesit hesabına dayanmakta ve bu varsayım ile hesaplanan betonda basınç ve çelikte çekme emniyet gerilmelerini aşmamasına göre betonarme elemanlar boyutlandırmakta ve detaylandırılmaktadır. Taşıma gücü yönteminde ise beton ve çeliğin gerçek davranışları dikkate alınarak kırılma anındaki kesitin taşıma gücü saptanmakta ve herhangi bir emniyet gerilmesi hesabı yapılmamaktadır.

Betonarme yapısında kullanılan malzemeler bakımından bu farklılıklara değinilecek olursa, 1971 yılındaki TS 500’de betonda basınç ve çelikte çekme için kullanılması gereken emniyet gerilmeleri verilmiştir. 1984 yılından sonraki versiyonlarında ise betonun tasarım dayanımı (f_{cd}), karakteristik beton dayanımının (f_{ck}) malzeme katsayısına (γ_{mc}) bölünmesi ile elde edilir. Güncel TS 500 standardında beton için tanımlanan malzeme katsayısı 1,50 olmakla birlikte deprem nedeniyle yıkılan yapıların önceki tarihli standartlara göre yapılmış olmaları muhtemeldir. Binalar yapıldıkları yılda yürürlükte olan mevzuata göre tasarlandığından önceki katsayıların da dikkate alınması gerekmektedir. Bu bölümde ilgili standartlardaki farklılıklara kısaca değinilecektir.

3.1. TS 500’ün 1971 Yılı Sürümünde Beton Sınıfları ve Malzeme Katsayıları

1971 yılında yürürlüğe giren TS 500 (Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları) kapsamında betonarme hesaplar taşıma gücü yöntemiyle değil, emniyet gerilmeleri yöntemiyle yapılyordu [12]. Dolayısıyla TS 500 (1971) kapsamında malzeme katsayıları bulunmamakta idi. TS 500 (1971) Çizelge 5’i “Beton Sınıfına, Yapı elemanına ve Zorlanma Şekillerine Göre Alınabilecek Emniyet Gerilmeleri” başlığı altında farklı koşullar için emniyet gerilmelerini listelemiştir (Resim 1).

ÇİZELGE 5 — Beton Sınıfına, Yapı Elemanına ve Zorlanma Şekillerine Göre Alınabilecek Emniyet Gerilmeleri

1	2	3	4	5	6
Yapı Elemanı ve Zorlanma Şekli	Yapı Malzemesi ve Kullanıldığı Bölge	Beton Sınıflarına Göre Emniyet Gerilmeleri			Satır
		II' b W ₂₂₅ ≥ 160	II a W ₂₂₅ ≥ 225	I W ₂₂₅ ≥ 300	
A Plaklar ve Dikdörtgen kesitli kirişler, momentle zorlanınca.	Plaklardaki ve dikdörtgen kesitli kirişlerdeki beton (Çift yönde donatılı plaklar, kirişsiz döşemeler)				
	d ≤ 8 cm	50	70	90	1
	d > 8 cm	60	80	100	2
	I	1400	1400	1400	3
	II	1800	2000	2000	4
	III	—	2200	2200	5
	IV	—	2400	2400	6
	Kirişteki donatı : Beton çeliği I	1400	1400	1400	7
	• • II	1800	1800	1800	8
• • III, IV	—	2000	2000	9	
B Tablalı kirişler, dışı döşemeler, momentle zorlanınca.	Tabladaki gerilmeler gözönüne alındığına göre beton	50	70	90	10
	(Tablodaki gerilmeler gözönüne alınmazsa A da verilen değerler geçerlidir.)				
	Negatif moment bölgesinde tablalı kiriş ve dışı döşemelerin gövde betonunda	70	90	110	11
	Beton çeliği I	1400	1400	1400	12
	• • II	1800	1800	1800	13
	• • III, IV	—	2000	2000	14
C Plaklar, dikdörtgen kesitli kirişler, tablalı kirişler, çerçevesi kemerler, çerçeve tipi taşıyıcı sistemlerin elemanı olan kolonlar eğilme ve normal kuvvetle zorlanınca.	Beton				
	a) Dikdörtgen kesitli bir eksenli eğilmeye maruz	70	90	110	15
	b) Dikdörtgen kesitli iki eksenli eğilmeye maruz	80	100	120	16
	c) Tablalı kirişlerde tabladaki basınç gerilmesi gözönüne alındığına göre	60	80	100	17
	(Tabladaki gerilmeler alınmazsa veya tabla çekme bölgesinde ise a ve b de dikdörtgen için verilen değerler burada da geçerlidir.)				
	Plaktaki donatı : Beton çeliği I	1400	1400	1400	18
	• • II	1800	2000	2000	19
	• • III	—	2200	2200	20
	• • IV	—	2400	2400	21
	Diğer kısımdaki donatı :				
	Beton çeliği I	1400	1400	1400	22
	• • II	1800	1800	1800	23
	• • III, IV	—	2000	2000	24

Resim 1: TS 500 (1971) Çizelge 5'te verilen emniyet gerilmelerinin ekran görüntüsü [12]

Ayrıca, TS 500 (1971) kapsamında Resim 2’de gösterildiği üzere I, IIa, IIb ve III olmak üzere 4 ayrı beton sınıfı tanımlanmıştır. Ancak, III. sınıf betonun betonarme yapılarda kullanılmaması gerektiği belirtildiğinden esasen 3 sınıf betondan (BS 300, BS 225 ve BS 160) bahsetmek mümkündür. Beton sınıfları taban çapı 15 cm ve yüksekliği 30 cm olan silindir numunelerinden veya 20 cm ayrıtlı küp numunelerinden elde edilen dayanımlara göre tanımlanmıştır.

Dayanım Bağlantıları		
28 günlük (20x20x20 cm) küp dayanımı $W_{b28} = 1,15$ ile $1,25 K_{b28}$		
Silindir dayanımı K_b Taban çapı $\varnothing = 15$ cm Yüksekliği $l_s = 30$ cm kgf/cm ²		Küp dayanımı W_b 20x20x20 cm kgf/cm ²
Ortalama oran	(1,0)	(1,25 / 1,15)
I. Sınıf beton	240	300
IIa. Sınıf beton	195	225
IIb. Sınıf beton	140	160
III. Sınıf beton	100	120

Resim 2: TS 500 (1971) beton sınıfı tanımları ekran görüntüsü [12]

Beton sınıfı için talep edilen potansiyel dayanım ile emniyet gerilmesi oranını beton malzeme katsayısına benzetmek mümkündür. Bu bakış açısıyla TS 500 (1971) kapsamında öngörülen malzeme katsayısının tasarlanan yapı elemanı ve zorlanma şekli ile beton sınıfına göre 2,0 ile 3,3 değerleri arasında olduğu görülecektir. Örneğin, Resim 1’in C satırında yer alan dikdörtgen kesitli ve bir eksenli eğilmeye maruz kalan bir betonarme kolonun emniyet gerilmesi, beşinci sütunda yer alan I. sınıf bir betonla imal edilmesi durumunda 110 kgf/cm² olarak sınırlanmak durumundadır. Bu durumda bu eleman için malzeme katsayısı $300 / 110 = 2,7$ olarak düşünülebilir. Anılan yıllarda henüz ülkemizde hazır betonun bulunmadığı düşünüldüğünde, öngörülen katsayıların (potansiyel dayanımın emniyet gerilmelerine oranının) makul olduğu açıktır.

TS 500 (1971), 1975 yılında güncellenmiş ancak emniyet gerilmeleri aynı kalmıştır.

3.2. TS 500’ün 1984 Yılı Sürümünde Beton Sınıfları ve Malzeme Katsayıları

TS 500’ün 1984 yılındaki versiyonunda gerek taşıma gücü (Madde 8) gerekse emniyet gerilmeleri yöntemine (Madde 9) göre betonarme kesit hesabı yapılabileceği belirtilmiştir [13]. Normal beton için dört (BS 14, BS 16, BS 20, BS 25) ve yüksek dayanımlı beton (BS 30, BS 35, BS 40, BS 45, BS 50) içinse beş olmak üzere toplam dokuz farklı dayanım sınıfı karakteristik dayanım olarak ifade edilmiştir (Resim 3). Dayanımın belirleneceği numunelerin boyutlarında bir değişiklik yapılmamış ve taban çapı 15 cm ve yüksekliği 30 cm olan silindir numunelerinden veya 20 cm ayrıtlı küp numunelerinin kullanılabileceği tekrar ifade edilmiştir. Öte yandan, TS 500 (1984) kapsamında malzeme katsayısı (γ_{mc}) ilk defa tanımlanmış ve kullanılacak malzeme katsayıları aşağıdaki şekilde belirtilmiştir:

“ γ_{mc} yerinde dökülen beton için 1,5, öndöküm için ise 1,4 alınmalıdır. Betonda kalite denetiminin gerektiği gibi yapılamayacağı kuşkusuna varılan durumlarda $\gamma_{mc} = 1,7$ veya daha büyük alınmalıdır. Donatı çeliği için ise $\gamma_{ms} = 1,15$ alınmalıdır.”

TS 500 (1984), 1986 yılında revize edilmiş ancak beton sınıfları ve malzeme katsayıları bölümünde bir değişiklik olmamıştır.

ÇİZELGE 3.2 — BETON SINIFLARI VE DAYANIMLARI

Beton Sınıfı	f_{ck} , karakteristik silindirik basınç dayanımı Kgf/cm ² (N/mm ²)	Eşdeğer Küp Basınç Dayanımı Kgf/cm ² (N/mm ²)	f_{ctk} , karakteristik çekme dayanımı Kgf/cm ² (N/mm ²)	E_c (28 günlük) Kgf/cm ² (N/mm ²)
BS14 (C14)	140 (14)	180 (18)	13 (1,3)	261500 (26150)
BS16 (C16)	160 (16)	200 (20)	14 (1,4)	270000 (27000)
BS20 (C20)	200 (20)	250 (25)	16 (1,6)	285000 (28500)
BS25 (C25)	250 (25)	300 (30)	18 (1,8)	302500 (30250)
BS30 (C30)	300 (30)	350 (35)	19 (1,9)	318000 (31800)
BS35 (C35)	350 (35)	400 (40)	21 (2,1)	332000 (33200)
BS40 (C40)	400 (40)	450 (45)	22 (2,2)	345500 (34550)
BS45 (C45)	450 (45)	500 (50)	23 (2,3)	358000 (35800)
BS50 (C50)	500 (50)	550 (55)	25 (2,5)	369500 (36950)
NOT — BS14, BS16, BS20 ve BS25 normal beton, diğerleri yüksek dayanımlı beton olarak tanımlanır.				

Resim 3: TS 500 (1984) beton sınıfları ve dayanımları çizelgesinin ekran görüntüsü [13]

3.3. TS 500'ün 2000 Yılı Sürümünde Beton Sınıfları ve Malzeme Katsayıları

2000 yılında yenilenen TS 500 (2000) standardı günümüzde halen kullanılmaktadır [14]. Bu standartta yeniden tanımlanan beton sınıflarının ekran görüntüsü aşağıda sunulmuştur (Resim 4). Dayanım sınıfları BS olarak değil C olarak ifade edilmeye başlanmıştır. Yine dokuz dayanım sınıfı tanımlanmış olup, C14 dayanım sınıfı kaldırılarak yerine C18 dayanım sınıfı getirilmiştir. Ayrıca, 20 cm ayrıtlı kübik numuneler yerine 15 cm ayrıtlı kübik numuneler kullanılmaya başlanmıştır. Malzeme katsayılarında ise herhangi bir değişiklik yapılmamıştır.

ÇİZELGE 3.2 - Beton Sınıfları ve Dayanımları

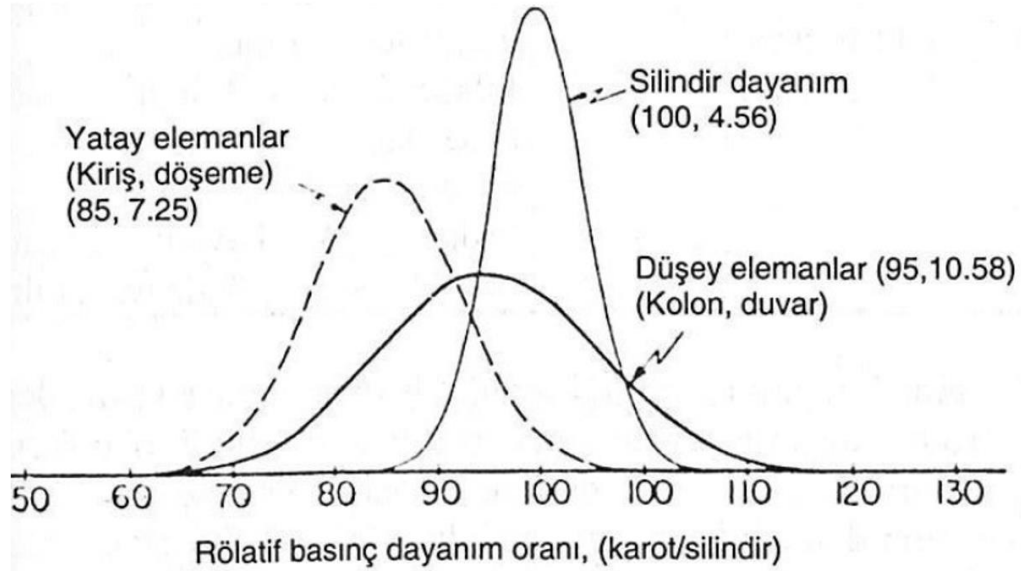
Beton Sınıfı	Karakteristik Basınç Dayanımı, f_{ck} MPa	Eşdeğer Küp (150 mm) Basınç Dayanımı MPa	Karakteristik Eksenel Çekme Dayanımı, f_{ctk} MPa	28 Günlük Elastisite Modülü E_c MPa
C16	16	20	1,4	27 000
C18	18	22	1,5	27 500
C20	20	25	1,6	28 000
C25	25	30	1,8	30 000
C30	30	37	1,9	32 000
C35	35	45	2,1	33 000
C40	40	50	2,2	34 000
C45	45	55	2,3	36 000
C50	50	60	2,5	37 000

Resim 4: TS 500 (2000) beton sınıfları ve dayanımları çizelgesinin ekran görüntüsü [14]

4. BETONARME BİR YAPIDA KULLANILAN BETON BASINÇ DAYANIMININ TESPİTİNE YÖNELİK MEVZUAT

Beton karotlarla ilgili mevzuata geçmeden önce, betonarme elemanlardan alınan karotların değerlendirilmesine yönelik yayımlanan “Üst ve Alt Yapılarda Beton Karot Deneyleri ve Değerlendirilmesi” başlıklı kitap, her ne kadar güncel mevzuatı yansıtmıyor olsa da bu makalede yer verilmesi gereken önemli bir eserdir [15]. Zira, beton karotların değerlendirilmesinde kullanılan

parametreleri ve yöntemleri çok detaylı bir şekilde irdeleyen ve Türkçe olarak hazırlanan başka bir kaynak bulunmamaktadır. Örneğin, Resim 5’de verilen ve bu kitap kapsamında Şekil 3.12 (b)’de yer alan grafikte gösterilen çalışmaya başka hiçbir kaynakta rastlanmamıştır. Bu resimden de anlaşılacağı üzere potansiyel dayanımın elde edildiği silindir numunelerdeki ortalama dayanım ve saçılım, yerindeki dayanımın karot numunelerinde elde edildiği yatay elemanlar (kiriş, döşeme) ve düşey elemanlarda (kolon, perde duvar) oldukça farklı bir biçimde elde edilmektedir. Karot numunelerinden elde edilen ortalama dayanım, silindir numunelerle kıyaslandığında düşük çıkmaktayken, saçılım oldukça fazla çıkmaktadır.



Resim 5: Taşıyıcı eleman bazında karot/silindir numune -şantiyede su içinde kürlenmiş- basınç dayanımlarına ait oranın normal dağılımları (ortalama oran, standart sapma değeri)” [15]

Ülkemizde, sertleşmiş betondan numune alınması TS EN 12504-1, beton kalitesinin değerlendirilmesi ise TS EN 13791 standartlarına göre yapılmaktadır [16,17]. Ayrıca, Kasım 2023 yılında yayımlanan TS 13685 numaralı ulusal standardımız da bulunmaktadır [18].

Öte yandan, 2007 yılında Bayındırlık ve İskân Bakanlığınca yayımlanarak yürürlüğe giren “Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (2007 Deprem Yönetmeliği)” ve bu yönetmeliğin yürürlükten kaldırılmasının ardından 2018 yılında yayımlanarak yürürlüğe giren “Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (2018 Deprem Yönetmeliği)” kapsamında da karot alımı ve değerlendirilmesine ilişkin bazı açıklamalar vardır [19, 20].

4.1. TS EN 13791 - Beton Basınç Dayanımının Yapılar ve Öndökümlü Beton Bileşenlerde Yerinde Tayini

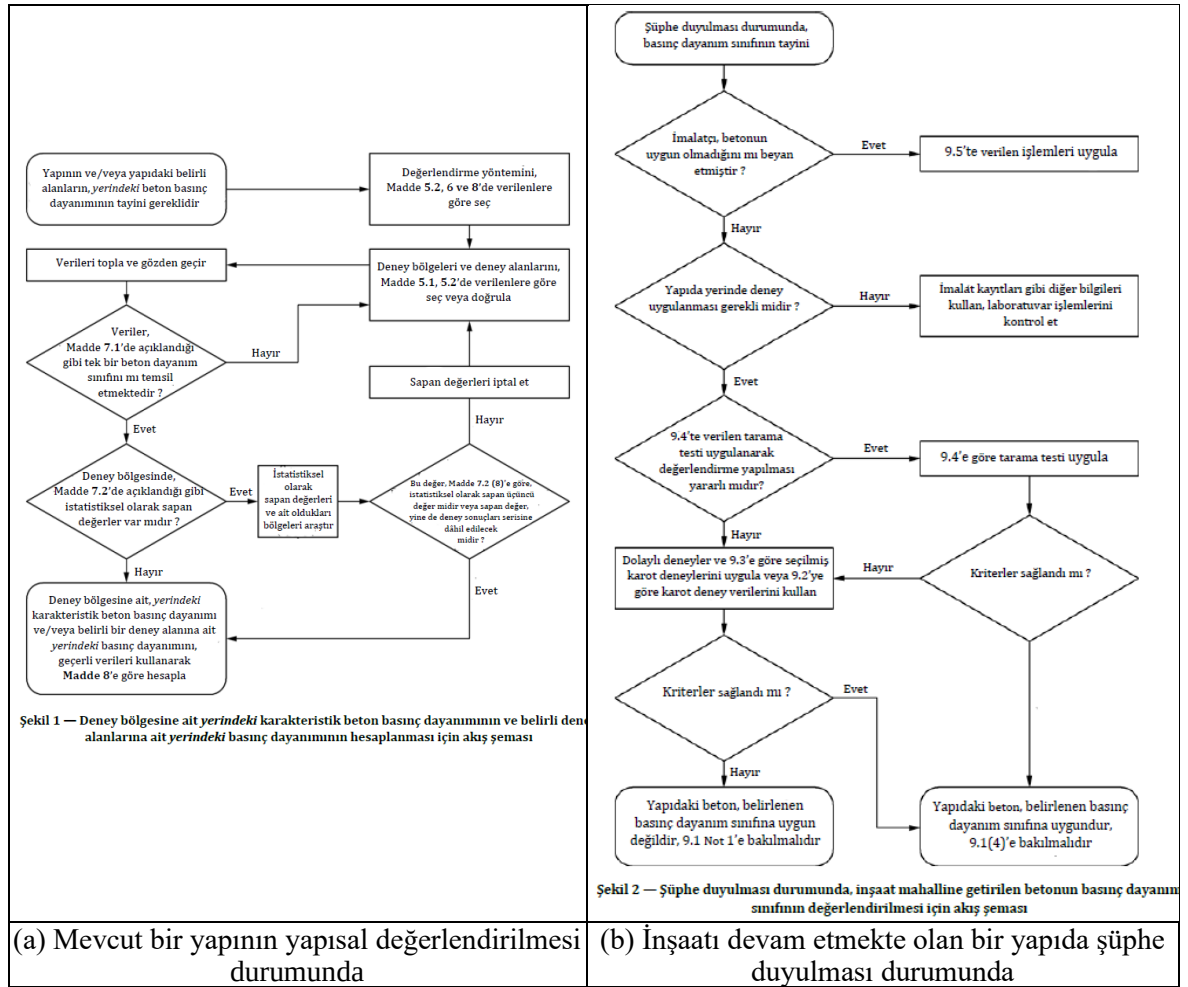
Eylül 2019’da güncel sürümü yürürlüğe giren bu standardın kapsamı 1. bölümünde aşağıdaki şekilde belirtilmiştir:

Bu doküman

1. *Yapılar ve öndökümlü beton bileşenlerde kullanılan betonun yerindeki basınç dayanımının ve yerindeki karakteristik basınç dayanımının, doğrudan yöntemler (karot deneyleri) ve ultrasonik atımlı dalga hızı, geri sıçrama sayısı gibi dolaylı yöntemler kullanılarak tayinine ilişkin yöntemler ve işlemleri*
2. *Dolaylı deney yöntemlerinden elde edilen deney sonuçları ile yerindeki basınç dayanım değerleri arasındaki bağıntının kurulmasına ilişkin prensipler ve kılavuz bilgileri*

3. İnşa hâlinde olan yapıyla getirilen betonun basınç dayanım sınıfı uygunluğunun, standart deneylerden elde edilen sonuçlardan veya beton döküm kalitesinden şüphe duyulması durumunda değerlendirilmesine ilişkin işlemler ve kılavuz bilgileri kapsar.

TS EN 13791 standardının 1. bölümünde yer alan açıklamalardan da görüleceği üzere esasen iki amaçla mevcut bir yapıdan karot alınarak basınç dayanımı tespit edilir. Bunlardan birincisi standardın 8. maddesinde açıklandığı üzere “mevcut bir yapının yapısal değerlendirilmesi”, ikincisi ise standardın 9. maddesinde belirtildiği üzere “inşaata devam etmekte olan bir yapıda şüphe duyulması durumunda” basınç dayanımı tespitine yöneliktir. Her iki duruma ilişkin izlenmesi önerilen yöntemlere dair birer akış şeması yine standartta verilmiştir (Resim 6). Dolayısıyla, yıkılmış bir yapıya ait bir yapısal elemandan (kolon, perde duvar, giriş ve döşeme gibi) karot alınması ve dayanımının incelenmesi durumu standart kapsamında bulunmamaktadır.



Resim 6: TS EN 13791'de verilen ve standardın karot sonuçlarının iki farklı kullanımı için nasıl kullanılacağını gösteren akış şemaları [17]

Eğer ki bir bina yapım aşamasındaysa ve beton dökümü esnasında alınan numunelerden 28 gün sonra elde edilen sonuçlar aranan mukavemet değerini sağlamayıp, kullanılan betondan bir şüphe duyulmuş olursa, bu kez Resim 6(b)'de gösterilen akış şeması kullanılarak inşaat mahalline getirilen betonun basınç dayanım sınıfı değerlendirilebilir. Bu aşamada burada geçen “Şüphe” terimine ilişkin standartta aşağıdaki örneklerin bulunduğunu belirtmek yerinde olacaktır.

- İmalat kontrolü için alınan numune takımının, uygun bulunmama beyanına sebep olan yetersiz basınç dayanımı;

- tanımlama deneyleri için alınan numune takımının yetersiz basınç dayanımı;
- yapının inşası esnasında yaşanan sorunlar.

Yukarıdaki bu örneklerden de anlaşılabilceği gibi bu standart, beton üreticisi, yapı denetim kurumu veya müteahhit, yani konuyla ilgili kişi ve kurumlar arasındaki çeşitli ihtilaflara bir çözüm gösterebilmek amacıyla kullanılmalıdır. Öte yandan yine aynı standartta belirtildiği üzere;

“Bu dokümanda, deney alanlarına ait yerindeki beton basınç dayanımının ve deney bölgelerine ait yerindeki karakteristik beton basınç dayanımının tayinine ilişkin gerekler verilmiş olmakla birlikte, bu bilginin nasıl uygulanacağı, özel durum ve bu özel duruma ait mühendislik öngörüsü dikkate alınarak belirlenmelidir.”

Dolayısıyla, bu standartta tarif edilen yöntemlerden elde edilen sonuçlar mutlak doğruymuş gibi kabul edilmemeli ve bir mühendislik öngörüsüyle birlikte değerlendirilmelidir.

4.2. Deprem Yönetmeliklerine göre Beton Dayanımı Tespiti

2007 yılında Bayındırlık ve İskân Bakanlığınca yayımlanarak yürürlüğe giren “Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik”te mevcut binaların değerlendirilmesi ve güçlendirilmesi yedinci bölümde ele alınmıştır [19]. Bu bölümde betonarme binalarda üç farklı bilgi düzeyinde değerlendirme yapılabilmesi öngörülmüştür. Bu bilgi düzeyleri sırasıyla sınırlı, orta ve kapsamlı olarak sınıflandırılmış ve elde edilen bilgi düzeyleri doğrultusunda bulunan malzeme özelliklerinin taşıyıcı eleman kapasitelerinin hesaplanmasında kullanılacağı belirtilmiştir.

Yine aynı yönetmelikte elemanların kapasitelerinin hesaplanmasında örneklerden elde edilen “ortalama – standart sapma” değerlerinin mevcut beton dayanımı olarak alınması gerektiği belirtilmiştir. Ancak, burada bahsi geçen TS 10465 yürürlükten kaldırılmış olup TS EN 13791 standardı onun yerini almıştır. Burada bulunan “ortalama – standart sapma” değeri ise yapısal tasarımda kullanılan betonun tasarıma esas basınç dayanımıdır. Tekrar hatırlatmak gerekirse, TS 500’e göre betonun tasarım dayanımı (f_{cd}) karakteristik dayanımın (f_{ck}) malzeme katsayısı (γ_{mc}) olan 1,50’ye bölünmesi ile elde edilir.

2018 yılında yayımlanarak yürürlüğe giren “Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY)” 15. Bölümü “Deprem Etkisi Altında Mevcut Bina Sistemlerinin Değerlendirilmesi ve Güçlendirme Tasarımı için Özel Kurallar” başlığının taşımaktadır ve “Sınırlı” ve “Kapsamlı” bilgi düzeyleri için mevcut yapı beton dayanımını belirlemek için yalnızca alınması gereken beton karot numunesi sayısında fark oluşturan iki ayrı yöntem belirtilmiştir. İlgili bölümler aşağıda alıntılanmıştır [20].

Sınırlı Bilgi Düzeyinde beton dayanımı tayini TBDY 15.2.4.3 bölümünde açıklanmıştır:

“Her katta kolonlardan veya perdelerden TS EN 12504-1’de belirtilen koşullara uygun şekilde en az üç adet beton örneği alınarak deney yapılacaktır. Uzunluğu ve anma çapı birbirine eşit ve 100 mm olan karotların deneye tabi tutulmasıyla bulunan dayanım değerleri, herhangi bir katsayı uygulanmaksızın mevcut beton dayanımının tayininde kullanılabilir. Farklı uzunluk/çap oranlarına sahip karotlardan elde edilen deney sonuçlarının dönüştürülmesinde, uygun dönüştürme katsayıları esas alınmalıdır. Toplam örnek sayısı üç ise istatistiki olarak değerlendirme yapılmaksızın örneklerden elde edilen en düşük basınç dayanımı mevcut beton dayanımı olarak alınacaktır. Örnek sayısı üçten fazla ise örneklerden elde edilen (ortalama eksi standart sapma) değeri ile (0.85 çarpı ortalama) değeri arasından büyük olanı mevcut beton dayanımı olarak alınacaktır. Bir grup beton örneğine ait deney sonuçları arasında en küçük değer ile geriye kalan sonuçların ortalaması arasındaki farkın değerlendirilmesi ile en küçük değer istatistiki olarak sapan bir sonuç olup olmadığı kontrol edilecektir. Bu amaçla, gruptaki numune sonuçlarının değerlendirilmesinde, en düşük tek değer, geriye kalan diğer sonuçların ortalamasının %75’inden daha düşük ise bu numune değerlendirmeye alınmaz.”

Kapsamlı Bilgi Düzeyinde beton dayanımı tayini TBDY 15.2.5.3 bölümünde açıklanmıştır ve yalnızca beton karot numunesi sayısını etkileyen madde başlangıç bölümü farklıdır:

“Kolonlardan veya perdelerden TS EN 12504-1’de belirtilen koşullara uygun şekilde zemin katta üç, diğer katlarda iki adetten az olmamak üzere ve binada 310 toplam dokuz adetten az olmamak üzere, her 400 m²’den bir adet beton örneği alınarak deney yapılacaktır. Uzunluğu ve anma çapı birbirine eşit ve 100 mm olan karotların deneye tabi tutulmasıyla bulunan dayanım değerleri, herhangi bir katsayı uygulanmaksızın mevcut beton dayanımının tayininde kullanılabilir.”

Deprem yönetmeliğindeki hesaplama tekniği kullanılarak da standart numune karakteristik basınç dayanımı tahmin edilebilir. Ancak, bunun sonucunda bulunan değerle TS EN 13791’e göre bulunan değer arasında bazı çelişkilerin ortaya çıkması da muhtemeldir. Bununla birlikte, deprem yönetmeliğindeki bu hesaplama tekniği mevcut yapıların performanslarının belirlenmesi ve/veya güçlendirme tasarımı için kullanılmak üzere belirlenmiştir ve deprem nedeniyle yıkılmış bir binadan beton karot numuneleri alınarak dayanımın tespiti kapsam dışındadır, keza yönetmeliğin 15.1.6 numaralı maddesinde değerlendirmenin yapılabilmesi için binanın hasar görmemiş olması ön koşulu bulunmaktadır.

4.3. Bilirkişilik Kılavuzu

6 Şubat 2023 Kahramanmaraş Depremleri sonrasında (14 Şubat 2023 tarihinde) Adalet Bakanlığı Hukuk İşleri Genel Müdürlüğü Bilirkişilik Daire Başkanlığınca “Deprem Nedeniyle Yıkılan veya Ağır Hasar Gören Binalarla İlgili Delil Toplama veya Delil Tespiti Hakkında Bilirkişilik Kılavuzu” ismiyle bir kılavuz yayımlanmıştır [21]. Kılavuz kapsamında depremde yıkılmış veya ağır hasar görmüş bir yapıdan alınan beton karot numunelerinden dayanımın değerlendirilmesine yönelik bir açıklama bulunmamakla birlikte, karot numunelerinin alınma yöntemine yönelik koşullara yer verilmiştir.

Resim 7’den de görüleceği üzere, Adalet Bakanlığı Bilirkişilik Kılavuzunda yer alan tüm koşullar beton karot numunesi alınmasında dikkat edilmesi gereken önemli hususlar olmakla birlikte, koşulların en önemlisinin karot numunesi alınacak elemanların “örselenmemiş olmaması” şartı olduğu değerlendirilmektedir. Deprem nedeniyle yıkılmış ve enkazdan can kurtarma faaliyetleri yürütülmüş bir binadan örselenmemiş taşıyıcı eleman bulunmasının zorluğu açıktır. Buna ek olarak, yapı elemanlarının örselenip örselenmediği hakkında gözleme dayalı nicel bir kanıya varmak olası değildir.

Betondan numune alınmadan önce taşıyıcı elemanların fotoğrafı çekilmelidir. Taşıyıcı elemanlar örselenmemiş olmalıdır.	Betonun ve içinde kullanılan inşaat demirinin (donatı) kalitesi önemlidir. Betondan karot örnekleri alınarak test edilmelidir. Beton karışımında büyük agrega/taş kullanılması olasılığı da göz önünde bulundurularak 10 cm çapında karot numunesi alınması önerilmekte ve karot alımı esnasında veya karotların dayanım tespiti aşamalarında agrega maksimum tane büyüklüğü fotoğraf çekilerek kayıt altına alınmalıdır.
Betondan Karot Alımı	Çok sayıda göçmüş bina bulunduğu ve işin aciliyeti ile imkânlar dahilinde 3 adet karot numunesi alınması önerilmektedir. Karot numuneleri örselenmemiş ve bütünlüğünü tamamen korumuş bir taşıyıcı elemandan alınmalıdır. Örselenmemiş üç farklı düşey taşıyıcının olabildiğince orta yüksekliğinden karot alınması yerinde olacaktır. Karotlar mümkünse çapının iki katı yüksekliğinde alınmalıdır (20 cm). Karot alırken donatı kesilmemelidir; yani karot içinde donatı olmamalıdır. Alınan karot numuneleri özenle saklanmalı ve zarar görmemeleri sağlanmalıdır. Bu amaçla her karot numunesi patpatlı naylonlar ile özenle sarılmalıdır. Karot numuneleri Çevre ve Şehircilik Bakanlığı sertifikalı laboratuvarlarda kırılmalıdır. Ancak güvenilirlik ve doğruluk açısından bu da yeterli değildir. Bu laboratuvarlarda küp numune kırmak için kullanılan yüksek eksenel yük kapasiteli (100-200 ton) hidrolik presler uygun değildir. Karot kırmak için kesinlikle özel üretilmiş düşük kapasiteli (maksimum 50 ton) özel presler kullanılmalı ve yükleme standartlarının belirlediği yükleme hızında ani bir şok etkisi uygulamadan yapılmalıdır.
Donatılardan numune alımı	
- Donatı tipi belirtilmelidir. (Nervürlü/ Düz) - Numune, düşey taşıyıcılardan ve örselenmemiş donatılardan alınmalıdır. - Numune, en az 3 farklı noktadan alınmalıdır.	

Resim 7: Bilirkişiler için Beton Karot Alınırken Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar [21]

5. 6 ŞUBAT KAHRAMANMARAŞ DEPREMLERİ SONRASI KAROT DEĞERLENDİRMESİNE YÖNELİK ÖRNEKLER

Makalenin yazarlarınca incelenen çok sayıda bilirkişi raporu kapsamında alınan beton karot numunelerinin nereden alındığına yönelik fotoğraflarının olmadığı, fotoğrafları olan ve olmayan numunelerin çoğunluğunun “örselenmiş olmaması” şartını sağlamadığı görülmüştür. Bilirkişi raporlarının inceleme konusu olan deprem nedeniyle yıkılmış binalarla ilgili bilgi verilmeksizin, beton karot numunesi alımına yönelik bazı fotoğraflar aşağıda sunulmuştur (Resim 8).



Resim 8: Bilirkişi raporlarından beton karot numunesi alınmasına yönelik fotoğraf örnekleri

Her ne kadar TS EN 13791 deprem nedeniyle yıkılmış bir binadan beton karot numunesi alınarak beton basınç dayanımının belirlenmesine yönelik bir standart olmasa da, alınması gereken beton karot numunelerinin sayısı bakımından bir kıstas oluşturabileceği değerlendirilmektedir. Örneğin, 15 katlı her katında iki daire olan bir yapıdan TS EN 13791, Madde 9'a göre yapılacak bir değerlendirme için yaklaşık 96 beton karot numunesi alınması gereklidir. İncelenen örneklerde ise deprem sonrası koşulların da etkisiyle TS EN 13791'in belirlediği sayıdan çok daha az sayıda (incelenen örnekler 3-11 arasında değişen sayılarda beton karot numunesi içermektedir) beton karot numunesi alınabildiği görülmüştür. Beton karot numunesi sayısının az olması betonla ilgili değerlendirmelerin sağlığını olumsuz etkileyecektir.

Bilirkişi raporlarında gözlemlenen yaygın problemler arasında beton karot numunelerinin kırıldığı preslere yönelik kalibrasyon bilgilerinin yer almaması ve normalde 15 cm ayrıtlı standart kübik numunelerin dayanımının belirlenmesinde kullanılan maksimum 3000 kN yük uygulayabilen yüksek kapasiteli presler olduğu gözlenmiştir. Örneğin 54 mm çapında ve 15 MPa'lık basınç dayanımına sahip bir beton karot numunesinin taşıyacağı yük olan 34 kN'nun böylesi bir presin kapasitesinin %1'i kadar yük taşıyabileceği düşünüldüğünde, karot numunelerinin böylesi bir preste kırılmasının uygun olmayacağı daha iyi anlaşılacaktır. Nitekim bu husus Adalet Bakanlığı tarafından yayımlanan kılavuzda da belirtilmiştir [21].

Yine bu kılavuzda en düşük karot çapının 10 cm ve boy/çap oranının 2 olması gerektiği belirtilmiş olmasına rağmen, beton karot numunelerin genelde 10 cm'den düşük çaplar ve çapa eşit boy ölçüsünde test edildiği gözlenmiştir. Boyut etkisiyle ilgili düzeltme katsayılarının da bir saçılma sahip ortalama değer olduğu, dolayısıyla her bir düzeltme katsayısı ile beton basınç dayanımına yönelik hata payının artacağı göz önünde bulundurulmalıdır.

Yukarıda verilen bu bilgiler ışığında, yıkılmış bir binadan alınan beton karot numunelerinden elde edilecek basınç dayanımı değerlerinin, o binada kullanılan betonun ilk baştaki basınç dayanım değerini yansıtmayacağı bilinmelidir. Bu nedenlerle, böylesi bir durumda TS EN 13791'e veya Deprem Yönetmeliğine göre karotlar üzerinde yapılacak değerlendirmelerin dikkatli bir şekilde yapılması gerekmektedir. Bu bağlamda yıkılmış bir binadan alınan karot numunelerinden elde edilen dayanım sonuçları değerlendirilirken, değerlendirme sonucunda elde edilecek beton dayanımının, gerçek beton dayanımı değerinden daha düşük çıkacağı gerçeği unutulmamalıdır.

6. SONUÇ VE DEĞERLENDİRMELER

Sonuç olarak, betonarme bir binadan beton karot numunesi almak oldukça kolaydır. Kolayca alınan bu karot numunesi üzerinde bir basınç dayanımı deneyi yapmak ve bir değer elde etmek de görece kolaydır. Ancak, elde edilen bu sonucu betonun basınç dayanımı açısından anlamlı bir şekilde değerlendirmek çeşitli zorluklar içermektedir. Hele de bu karot yıkılmış bir binadan alınmışsa, elde edilen değer malzemenin yorulma dayanımı da göz önüne alındığında çok anlamlı olamayabileceği muhakkak göz önünde bulundurulmalıdır. Bu karot numunesi üzerinde dayanımın yanısıra anlamlı adli (forensic) incelemelerin de yapılması gerekir. Ancak, bunlardan biri olan petrografik incelemeler oldukça karmaşıktır, özel ekipmanlar ve o alanda uzmanlaşmış nitelikli elemanlar tarafından yapılabilir.

Makale başlığında sorduğumuz sorunun cevabını tekrarlamamız gerekirse; depremde yıkılmış betonarme bir binadan beton karot numunesi elbette alınabilir. Ancak, alınacak olan bu karot numunesi üzerinde gerçekleştirilecek inceleme ve değerlendirmelerin ne amaçla yapılacağı çok önemlidir. Eğer amaç depremde yıkılan bir betonarme binada, yıllar önce bina yapımında kullanılan betonun basınç dayanımını belirlemekse, alınan karot veya karotların bu amaca hizmet etmeyeceği çok açıktır. Böylesi bir durumda TS EN 13791'e veya Deprem Yönetmeliğine göre karotlar üzerinde yapılacak değerlendirmelerin detaylı adli incelemelerin ardından bir mühendislik öngörüsü kullanılarak yapılması gerekmektedir. Dolayısıyla, depremde yıkılmış bir betonarme binadan beton

karot numunesi alınabilse de bu numuneden yola çıkarak betonun yapım aşamasındaki karakteristik basınç dayanımını bulamayacağımızı net bir şekilde söyleyebiliriz.

KAYNAKLAR

1. Neville, A. (2001), “Core Tests: Easy to Perform, Not Easy to Interpret”, Concrete International, pp 59 – 68.
2. THBB (2024), Türkiye’de Sektör, <https://www.thbb.org/sector/turkiyede-sektor/>, Erişim Tarihi: 26/02/2024
3. Mehta, P.K. and Monteiro, P.J.M., (2006). “Concrete: Microstructure, Properties and Materials”, McGraw Hill, USA.
4. Neville, A.M., (2000). “Properties of Concrete”, Prentice-Hall, England, 844 pp.
5. Popovics, S. (1998). “Strength and Related Properties of Concrete: A Quantitative Approach”, John Wiley and Sons, Inc., USA, 535 pp.
6. Bartlett, F. M., and MacGregor, J. G., (1994a). “Cores from High Performance Concrete Beams,” ACI Materials Journal, V. 91, No. 6, Nov.-Dec., pp. 567-576.
7. Bartlett, F. M., and MacGregor, J. G., (1994b). “Effect of Core Length-to-Diameter Ratio on Concrete Core Strengths,” ACI Materials Journal, V. 91, No. 4, July-Aug., pp. 339-348.
8. Bartlett, F. M., and MacGregor, J. G., (1994c). “Effect of Moisture Condition on Concrete Core Strengths,” ACI Materials Journal, V. 91, No. 3, May-June, pp. 227-236.
9. Bartlett, F. M., and MacGregor, J. G., (1994d). “Effect of Core Diameter on Concrete Core Strengths,” ACI Materials Journal, V. 91, No. 5, Sept.-Oct., pp. 460-470.
10. Bartlett, F. M., and MacGregor, J. G., (1995). “Equivalent Specified Concrete Strength from Core Test Data,” Concrete International, V. 17, No. 3, Mar., pp. 52-58.
11. Bartlett, F. M., and MacGregor, J. G., (1996). “Statistical Analysis of the Compressive Strength of Concrete in Structures,” ACI Materials Journal, V. 93, No. 2, Mar.-Apr., pp. 158-168.
12. TS 500, (1971), “Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları”, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, Türkiye.
13. TS 500, (1984), “Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları”, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, Türkiye.
14. TS 500, (2000), “Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları”, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, Türkiye.
15. Arıoğlu, E. ve Arıoğlu, N. (2005). “Üst ve Alt Yapılarda Beton Karot Deneyleri ve Değerlendirilmesi”, Genişletilmiş 2. Baskı, Evrim Yayınevi, İstanbul.
16. TS EN 12504-1-1 (2019). “Beton - Yapıda beton deneyleri - Bölüm 1: Karot numuneler - Karot alma, muayene ve basınç dayanımının tayini”, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, Türkiye.
17. TS EN 13791, (2019). “Beton basınç dayanımının yapılar ve öndökümlü beton bileşenlerde yerinde tayini”, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, Türkiye.
18. TS 13685, (2023). “Basınç dayanımının yapılar ve ön-dökümlü beton bileşenlerde yerinde tayini – TS EN 13791’in uygulanmasına yönelik tamamlayıcı standart”, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, Türkiye.
19. Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, (2007). “Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik”, Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, Ankara, p. 160.
20. AFAD (2018), “Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği”, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Ankara, p. 309.
21. Adalet Bakanlığı (2023), Deprem Nedeniyle Yıkılan veya Ağır Hasar Gören Binalarla İlgili Delil Toplama veya Delil Tespiti Hakkında Bilirkişilik Kılavuzu, Hukuk İşleri Genel Müdürlüğü Bilirkişilik Daire Başkanlığı, Ankara, p. 2, <https://bilirkisilik.adalet.gov.tr/Home/SayfaDetay/kilavuzu14022023080803>, Erişim Tarihi: 11.03.2024