

# Yapı Denetim Sistemi Kapsamında Elde Edilen **Beton Basınç Dayanımı** Sonuçlarına Dair Bir İrdeleme

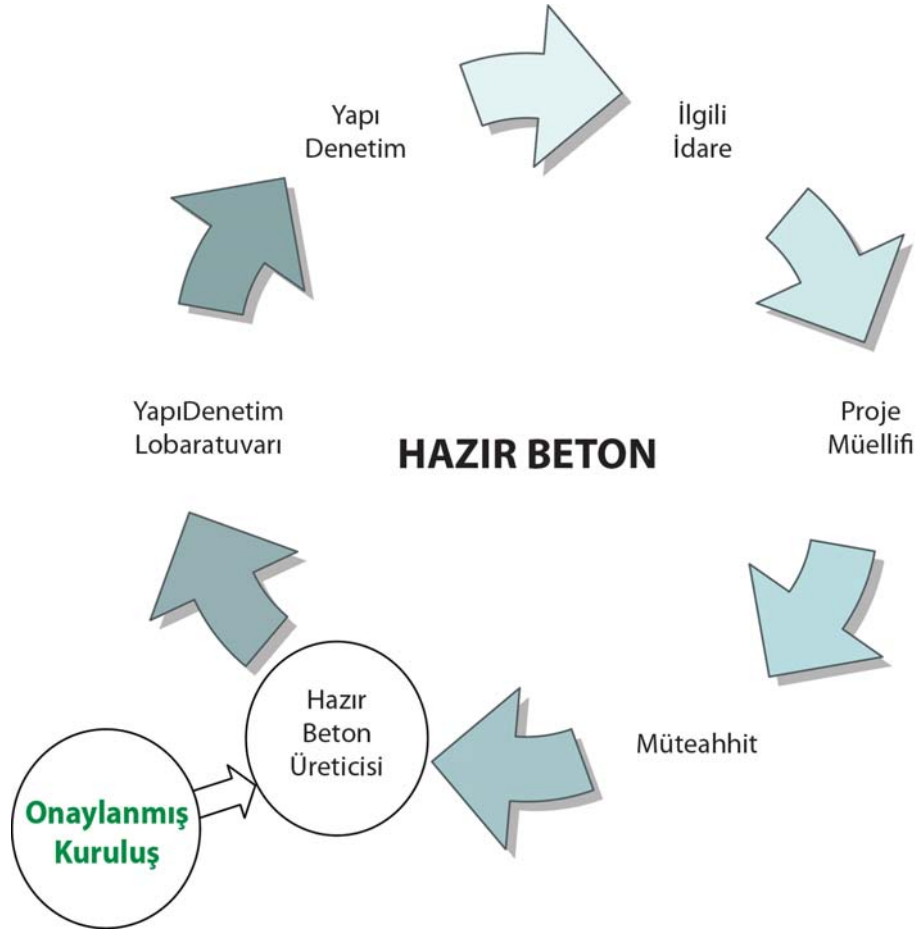
## Özet

Dünyada kişi başı yıllık beton tüketim oranının 0.8 ile 1.0 m<sup>3</sup> arasında değiştiği öngörüldüğünde, betonun dünyanın en fazla kullanılan yapay malzemesi olduğunu söylemek doğru olacaktır. Bu durum ülkemizde de dünyaya paralellik göstermekte olup beton tüketim oranlarının son yıllarda 1.0 m<sup>3</sup> üzerine çıktığı bilinmektedir. Yapı stoğunun çoğunun betonarme olduğu ülkemizde, özellikle geçmişte, her deprem sonrasında yıkılan binalarda neredeyse birinci suçlu olarak betonun hedef gösterilmesi gerek idare, gerekse beton üretici ve yapı denetçilerinin beton denetimine önem vermesine yol açmıştır. Günümüzde beton üretimi hazır beton tesislerinde bilgisayar kontrolündeki üretim sistemleri kullanılarak üretilmekte ve kullanıcıya taze halde, yani nihai özelliklerini kazanmadan sunulmaktadır. Bir nevi yarı-mamül olarak adlandırılan bu ürünün nihai özellikleri üretim sonrası süreçlerden etkilenmekte bu da bazı sorunları beraberinde getirmektedir. Bu bildiriye Türkiye'deki yapı stoğunun en önemli kısmını oluşturan betonarme binalarda, yine yapının taşıyıcı sisteminin en önemli malzemesi olan betonun standartlara göre nasıl denetlendiği açıklanacak, ardından, bir ilimizde 2012 yılında yapı denetim laboratuvarları tarafından yapılmış olan beton basınç dayanımı deneylerinin sonuçları istatistiksel olarak incelenecek ve ilgili standart ve şartnamelere uygunlukları değerlendirilecektir.

## 1. Giriş

Günümüzde yapılarda kullanılan beton, "hazır beton" olarak tanımlanmaktadır. Hazır beton, betonu oluşturan bileşenlerin bilgisayar kontrolüyle daha önceden belirlenen oranlarda bir araya getirilip, beton santralinde (yaş karışım) veya transmikserde (kuru karışım) karıştırılmasıyla üretilen ve tüketicieye "taze beton" olarak teslim edilen bir yarı-mamül üründür. Betonun istenen nihai özelliklerine erişebilmesi için bu ilk üretim aşamasından sonra geçirdiği dönem, yapıya yerleştirilmesi, sıkıştırılması ve bakımı (kürü) yani üretim sonrası süreçler de çok önemlidir. Üretim sonrası süreçlerin kontrolü ise hazır beton üreticisinden ziyade yapı müteahhidin sorumluluğundadır.

Bilindiği üzere bina ve diğer inşaat mühendisliği işlerini içermek üzere tüm yapı işlerinde kalıcı olarak kullanılmak amacıyla üretilen bütün malzemeler Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından yayımlanan "Yapı Malzemeleri Yönetmeliği" gereği "CE" işareti taşımak zorundadır. Hazır beton ise CE kapsamı dışındaki ürünlerin piyasaya arz koşulları ve yapıda kullanım koşullarının belirtildiği "Yapı Malzemelerinin Tabi Olacağı Kriterler Hakkında Yönetmelik" tarafından belirlenmiş olan "G" işaretini taşımak durumundadır. Dolayısıyla, Şekil 1'de verilen "Hazır Beton ve Yapı Denetimi ile ilişkili Kişi ve Kurumlar" listesine "G" belgesi vermek üzere Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından onaylanmış



Şekil 1 - Hazır Beton ve Yapı Denetimi ile ilişkili Kişi ve Kurumlar [1]

uygunluk değerlendirme kuruluşları da eklenmelidir. Bu belge kapsamında hazır beton firmaları yılda bir kez yapılan ve bütün üretim süreçlerinin gözden geçirildiği bir "sistem denetimi"ne tabi tutulmakta ayrıca, yılda üç kez habersiz olarak hazır beton ürünlerinden numunelerin alındığı bir "ürün denetimi"nden geçirilmektedir. Bütün bu denetimlere ilave olarak beton bir de "Piyasa Gözetimi ve Denetimi" kanunu kapsamında ilgili idarelerce tesislerde habersiz olarak denetlenmektedir [1].

Yine bilineceği üzere beton -en yalın haliyle- çimento, kum, çakıl, su ve ilave katkı malzemelerinin belirli oranlarda karıştırılmasıyla elde edilmektedir. Betonda en yaygın aranan niteliklerden birisinin basınç dayanımı olmasına rağmen, günümüzde betonun dayanımdan ziyade dayanıklılık özellikleri ön plana çıkmaktadır. Ancak, ülkemizde halen basınç dayanımının ötesindeki özelliklerine çok fazla önem maalesef verilmemektedir. Betonun dayanım özelliklerinin belirlenmesi ise hazır beton mikserinden alınan "standard numuneler" olarak tabir edilen numuneler yardımıyla belirlenmektedir. Buradan elde edilen dayanım sonuçları yapıdaki betonun "gerçek dayanımından" ziyade "muhtemel dayanımını" vermektedir. Öte yandan aynı beton karışımından alınan ve benzer şekilde saklanan ve test edilen bu standard numunelerin dayanım sonuçları arasında da dahi farklılıklar çıkmaktadır. Bu farklılıkların aşağıda gösterildiği üzere iki temel sebebi olabilir (Tablo 1):

- Beton harmanları arasında; beton bileşenlerinin oranları veya özelliklerinin değişmesi ve üretim sonrası süreçler (taşınma, yerleştirme, sıkıştırma, hava sıcaklığı vb.)
- Aynı harmandaki test numuneleri arasında; numune alma, hazırlama kür ve test süreçlerindeki farklılıklar

Dolayısıyla, herhangi bir betonun basınç dayanımını tek bir numune üzerinden vermek beton gibi kompozit ve heterojen bir malzeme açısından son derece yanıltıcıdır. Herhangi bir beton karışımı-

**Tablo 1 - Beton dayanım farklılıklarının temel nedenleri [2-4]**

Farklı Beton Harmanları Arasında: Betonun Özelliklerinden Kaynaklı Farklılıklar	Aynı Beton Harmanında: Test Yöntemlerinden Kaynaklı Farklılıklar
<ul style="list-style-type: none"><li>• S/Ç oranındaki değişimlere neden olan<ul style="list-style-type: none"><li>- Suyun yetersiz kontrolü</li><li>- Agregadaki nemin aşırı değişkenliği ya da agregaların değişken nem ölçümleri</li><li>- Kıvam iyileştirme</li></ul></li><li>• Su ihtiyacında değişimlere neden olanlar<ul style="list-style-type: none"><li>- Agregada gradasyonu, su emmesi, ve şekil özelliklerindeki değişiklikler</li><li>- Bağlayıcı malzemelerdeki değişiklikler</li><li>- Hava muhtevastındaki değişiklikler</li><li>- Taşıma zamanı ve sıcaklığındaki değişiklikler</li></ul></li><li>• Bileşenlerin özellikleri ve miktarlarındaki değişiklikler<ul style="list-style-type: none"><li>- Agregalar</li><li>- Bağlayıcı malzemeler</li><li>- Kimyasal katkılar</li></ul></li><li>• Karıştırma, taşıma, yerleştirme ve sıkıştırmadaki değişiklikler</li><li>• Beton sıcaklığı ve kür sıcaklığındaki değişiklikler</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Düzgün olmayan numune alma prosedürleri</li><li>• Üretim tekniklerinden kaynaklı değişiklikler<ul style="list-style-type: none"><li>- Yeni hazırlanan numunelerin bakımı, saklanması ve kürü</li><li>- Kalitesiz, bozulmuş ve zarar görmüş numune kalıpları</li></ul></li><li>• Kürdeki değişiklikler<ul style="list-style-type: none"><li>- Sıcaklık değişkenliği</li><li>- Değişken nem kontrolü</li><li>- Numunelerin laboratuvara taşınmasındaki gecikmeler</li><li>- Standart küre başlamadaki gecikmeler</li></ul></li><li>• Yetersiz test prosedürleri<ul style="list-style-type: none"><li>- Numune hazırlanması</li><li>- Test prosedürü</li><li>- Kalibre edilmemiş test cihazları kullanımı</li></ul></li></ul>

nın basınç dayanımı ancak birden fazla numune üzerinden istatistiksel bazı yaklaşımlar kullanarak belirlenebilir. Öte yandan, belirli bir karışım için betonun basınç dayanımını etkileyen en önemli faktör karışım içerisindeki su miktarıdır. Beton içerisinde bulunan su miktarının birkaç kaynağı olabilir. Kum ve çakılın nem durumu, transmikserin nem durumu gibi parametrelerin belirlenmesi maalesef mümkün değildir. Öte yandan, transmikserden sonradan katılan su ise gerektiğinde kayıtlı altına alınabilir. Dolayısıyla, herhangi bir beton karışımındaki basınç dayanımı farklılıklarının belirlenmesi doğrudan karışıma giren bütün malzemelerin; beton üretim ve taşıma süreçlerinin; ve numune alma, hazırlama, bakım ve test süreçlerinin tümünün çok sıkı bir denetimi ile olabilir. Dolayısıyla, hazır betonda "G" belgesi kapsamında uygulanan "sistem denetimi" ve "ürün denetimi" süreçlerinin önemi burada ön plana çıkmaktadır.

## 2. Betonun Üretim Denetimi

Ülkemizde hazır beton EN harmonize standartlarından biri olan TS EN 206-1 standardına göre üretilmektedir. Betonun aşağıda anlatılan hususlara göre yapılacak denetimi, ülkemizde Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından atanan "uygunluk değerlendirme kuruluşları" tarafından herhangi bir hazır beton tesisinde üretilen herhangi bir beton sınıfının TS EN 206-1 standardına göre uygun üretilip üretilmediği denetlenmektedir.

Adıgeçen harmonize standartta, şartname hazırlayıcı, imalâtçı ve kullanıcının üzerine düşen görevler oldukça net bir şekilde tarif edilmiştir. Şartname hazırlayıcının standardın 6. maddesinde belirtilen beton özelliklerinden, imalâtçı'nın 8. ve 9. maddelerinde belirtilen uygunluk ve imalât kontrolünden, kullanıcının ise betonun yapıya yerleştirilmesinden sorumlu olduğu belirtilmiştir. Beton özelliklerinin belirtildiği 4. maddede betonun dayanım sınıflarının yanısıra, dayanıklılık (çevresel etki) sınıfları, yoğunluk sınıfları ve taze özelliklerine ilişkin (kıvam ve agrega tane büyüklüğü) sınıflar verilmiştir. Dolayısıyla, beton sadece basınç dayanımı denetiminden ibaret değildir.

Basınç dayanımı uygunluk değerlendirilmesinde kullanılması gereken ve bir "uygunluk değerlendirme kuruluşu" tarafından kontrol edilmesi gereken imalat kontrol sürecine göre aşağıdaki tabloda belirtilen iki kriter değerlendirilmektedir. Buna ilave olarak sürekli üretimde "standard sapma"nın da kontrolü istenmektedir.

**Tablo 2** - TS EN 206-1'e göre betonun uygunluk değerlendirme kriterleri

İmalât	Grupta elde edilen basınç dayanımı deney sonucu adedi "n"	1. Kriter	2. Kriter
		"n" adet deney sonucunun ortalaması ( $f_{cm}$ ) (MPa)	Herhangi tek deney sonucu ( $f_{ci}$ ) (MPa)
Başlangıç	3	$\geq f_{ck} + 4$	$\geq f_{ck} - 4$
Sürekli	15	$\geq f_{ck} + 1,48\sigma$	$\geq f_{ck} - 4$

### 3. Betonun Yapı Denetim Kanunu Kapsamında Denetimi

Yürürlükte olan yapı denetim mevzuatının temel kaynağı olan 4708 sayılı "Yapı Denetimi Hakkında Kanun" 29/06/2001 tarihinde, "Yapı Denetimi Uygulama Yönetmeliği" de 13/08/2001 tarihinde yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. Burada beton işleriyle ilgili olabilecek sorumlu taraflar olarak "Denetçi mimar mühendis", "İlgili idare", Kontrol elemanı", "Yardımcı kontrol elemanı" ve "Laboratuvar" belirlenmiştir. Betonun "uygulama denetçisi inşaat mühendisi" veya "kontrol elemanı inşaat mühendisi veya mimar" veya "yardımcı kontrol elemanı" nezaretinde dökülebileceği belirtilmiştir. Beton numunelerinin ise döküm yerinde yapı denetim elemanlarının huzurunda deneyi yapacak laboratuvarın teknik elemanlarınca "ilgili standartlara" uygun olarak alınacağı belirtilmiştir. Burada açıkça belirtilmeyen ve daha sonra 08 Ekim 2009 tarihli bir genelge ile betonun nitelik denetiminin TS 500 standardına göre yapılması gerektiği belirtilmiştir.

Şubat 2000'de yürürlüğe giren "TS 500: Betonarme yapıların tasarım ve yapım kuralları standardına" göre yapılacak bir basınç dayanımı uygunluk değerlendirmesine göre bir işte en az 3 grup (9 numune) alınması istenmektedir. Alınan 3'er numunelik gruplar G1, G2, G3... olarak isimlendirilmektedir. Birbiri ardına gelen 3'er grupluk partiler (9 numune) P1, P2, P3 olarak isimlendirilmektedir. TS 500, betonun aşağıdaki tablodaki her iki koşulu birden sağlaması halinde kabul edilebileceğini belirtmektedir:

**Tablo 3** - TS 500'e göre betonun uygunluk değerlendirme kriterleri

Kriterler	Sağlanması gereken eşitlik
Her Parti Ortalaması (9 numune ortalaması)	$f_{cm} \geq f_{ck} + 1 \text{ MPa}$
Her Partide en küçük grup ortalaması (3 numune ortalaması)	$f_{cmin} \geq f_{ck} - 3 \text{ MPa}$

Yukarıda belirtilen betonun nitelik denetiminin anlattığı TS 500'ün "3.4 maddesi" 26 Ekim 2002 tarihinde Resmi Gazete'de yayınlanan bir değişiklikle tadil edilerek betonda nitelik denetimi için uygulanacak koşullar ve kriterler konusunda TS EN 206-1'deki kriterlerin esas alınması belirtilmiştir. Ancak, daha sonra, 4 Haziran 2004'de yayınlanan Resmi Gazete ise, 21/7/2002 tarihli ve 24822 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan "Mecburi Standard Tebliği" ile mecburi uygulamaya konulan TS 500 "Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları" standardı, tadil metninin, yürürlükten kaldırıldığını belirtilerek, tekrar TS 500/2000 "Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları" standardının ilk haline dönmüştür. Halen TSE'nin web-sitesinde bu tadil metninin yürürlükte görünmesi ise karışıklığa yol açmaktadır.

### 4. Bir İlimizdeki Beton Basınç Dayanımı Deney Sonuçları

Ülkemizde kullanılan betonun dayanım özelliklerinin incelenmesi amacıyla bir ilimizdeki yapı denetim laboratuvarlarında 2012 yılında gerçekleştirilmiş olan beton basınç dayanımı deneylerinin sonuçları değerlendirilmiştir. Tablo 4'den de görüleceği üzere bu ilimizde 2012 yılında toplam 13352 adet numune alınmıştır. Numuneler basınç dayanım sınıflarına göre incelendiğinde %45'inin C25, %44'ünün ise C30 dayanım sınıfında üretildiği görülmektedir. Taşıyıcı elemanlarda olması gereken minimum basınç dayanım sınıfı oranı ise sadece %9'dur. Dolayısıyla, o ilimizde minimum basınç dayanım sınıfının üzerinde betonlar üretilebildiğini görmek sevindiricidir.

**Tablo 4 - Bir ilimizde 2012 yılında belirlenen beton basınç dayanım deney sonuçları**

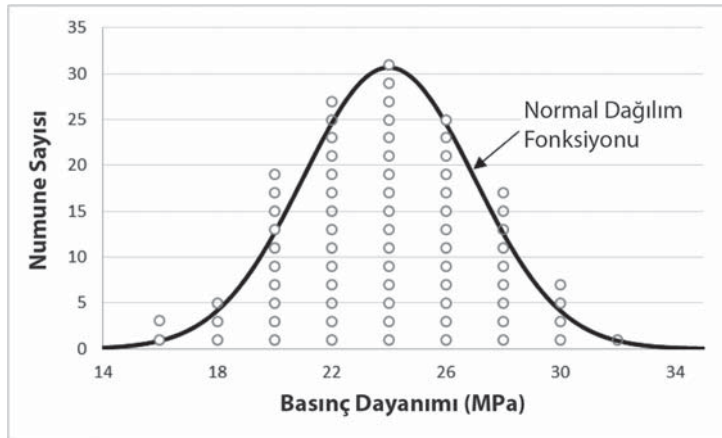
Dayanım Sınıfı	Toplam Numune		Uygun Olmayan Numune ( $<f_{ck}-3$ )	
	Sayısı	Oranı (%)	Sayısı	Oranı (%)
C16/20	3	0,0	0	0
C20/25	1253	9,4	5	0,4
C25/30	5957	44,6	48	0,8
C30/37	5910	44,3	66	1,1
C35/45	223	1,7	0	0
C40/50	6	0,0	0	0
Toplam	13352	100	119	0,9

Tabloda dikkat çeken bir başka husus ise bu betonların neredeyse tamamının TS 500 standardına göre uygun olması durumudur. Betonun 28 günlük basınç dayanımının TS 500'ün yukarıda açıklanan kriterlerine göre bir değerlendirme yapıldığında, toplam 13352 numuneden sadece 119 adedinde TS 500 standardına göre  $f_{ck}-3$  değerinden daha düşük basınç dayanımı gösterdiği belirlenmiş, bunun da %0,9'luk küçük bir dilimi oluşturduğu gözlenmiştir.

## 5. Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Bu bölümde yukarıda özet olarak gösterilen beton basınç dayanımı deney sonuçları her bir basınç dayanım sınıfı için ayrı ayrı incelenecektir. İnceleme esnasında betonun sadece 28 günlük basınç dayanımları değil, yapı denetim mevzuatına göre belirlenen 7 günlük basınç dayanımları da dayanımların dağılımlarına bakılarak incelenecektir. Doğadaki birçok olayda olduğu gibi betonun basınç dayanımı da istatistiksel olarak incelendiğinde genelde normal bir dağılım gösterir. Örnek olarak, Şekil 2'te bir beton santralının basınç dayanım sonuçlarının histogramı verilmiştir. Buradan da görüleceği üzere beton basınç dayanım sonuçlarında bir rasgelelik bulunmakta ve bu durum normal dağılım fonksiyonu ile tarif edilebilmektedir.

Örnek olarak incelenen ilimizde Tablo 4'ten de görülebileceği üzere 2012 yılında toplam 13352 adet beton numunesi test edilmiştir. Bu numuneler beton döküldükten sonraki 7 ve 28 günler olmak üzere iki ayrı deney yaşında test edilmiştir. Ancak, standartlara göre belirlenen 7 günlük basınç dayanımı herhangi bir kontrole tabi tutulmamakta, sadece 28 günlük basınç dayanımları Tablo 3'te belirlenen kriterlere göre yapı denetim firmaları tarafından kontrol edilmektedir. Tablo 4'te belirtildiği üzere toplam betonun %9,4'ünü C20/25, %44,6'sını C25/30, ve %44,3'ünü C30/37 basınç dayanım sınıfları oluşturmaktadır. Dolayısıyla, bu bildiriye istatistiksel incelemeler sadece bu üç basınç dayanım sınıfı için yapılmıştır. Burada belirtilmesi gereken bir diğer husus ülkemizde

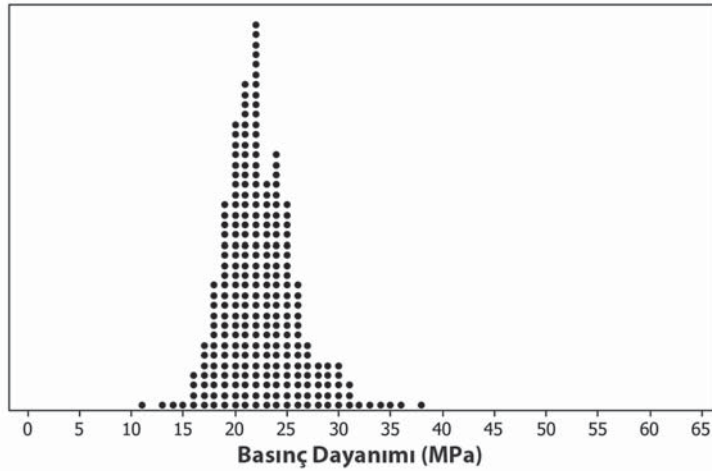


Şekil 2 - Bir beton santralinden elde edilen basınç dayanımı histogramı ve normal dağılım [5]

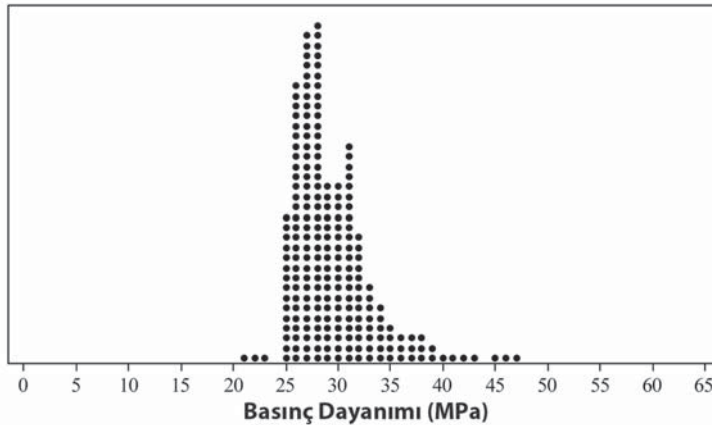
beton basınç dayanımı numunelerinin küp olarak alındığı ve dolayısıyla C20/25 basınç dayanım sınıfı için karakteristik değerin 25 MPa, C25/30 basınç dayanım sınıfı için karakteristik değerin 30 MPa, ve C30/37 basınç dayanım sınıfı içinse karakteristik değerin 37 MPa olarak alınması gerektirir.

Şekil 3'te C20/25 basınç dayanım sınıfındaki beton numunelerin 7 günlük basınç dayanım histogramı verilmiştir. Bu şekilden de görüleceği üzere 7 günlük ortalama basınç dayanımı 22 MPa olarak bulunmuştur ve beklenildiği gibi beton basınç dayanımları normal bir dağılım fonksiyonuyla ifade edilebilecek bir rastgelelik içermektedir. Aynı beton basınç dayanım sınıfı için Şekil 4'te ise numunelerin 28 günlük basınç dayanım histogramı verilmiştir. Ancak, bu beton sınıfı için şekilden de görüleceği üzere 7 günlük basınç dayanımlarının aksine normal dayanım histogramı özelliği gözlenememekte ve bu tür betonlarda beklenen karakteristik değer olan 25 MPa'da sert bir şekilde kesildiği gözlenmektedir.

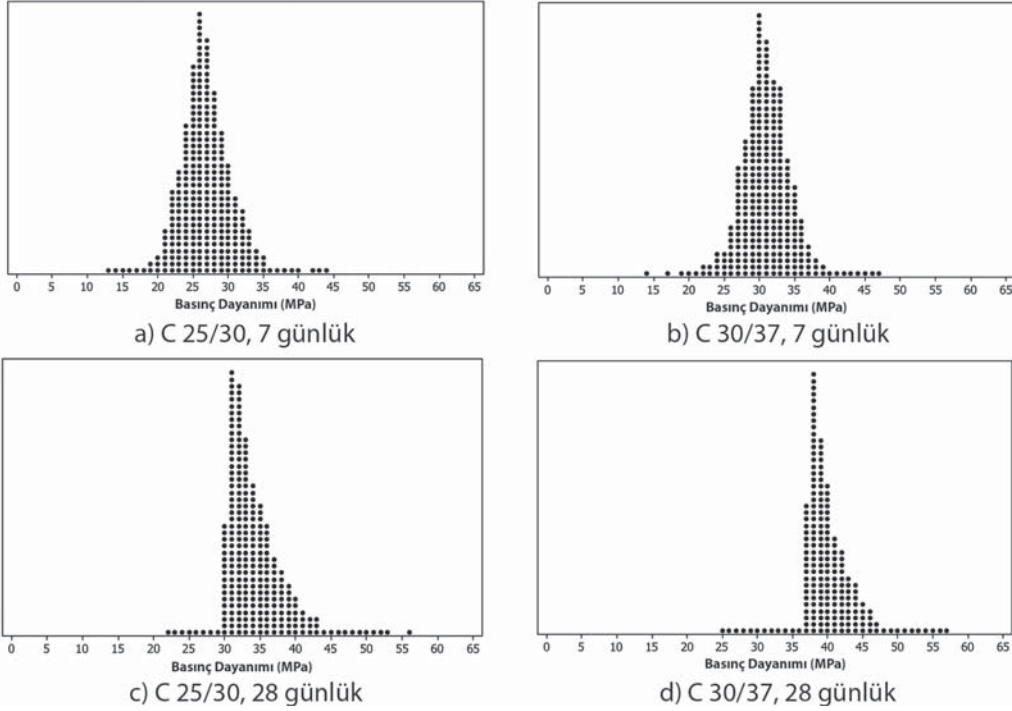
Benzer şekilde diğer dayanım sınıflarındaki beton numunelerin sonuçları istatistiksel olarak incelendiğinde, Şekil 5'ten de görüleceği üzere C25/30 dayanım sınıfındaki ve C30/37 dayanım sınıfındaki beton numunelerin 7 günlük basınç dayanımları normal bir dağılım göstermektedir. C25/30 ve C30/37 dayanım sınıflarındaki beton numunelerin 7 günlük basınç dayanımı ortalamaları sırasıyla 27 MPa ve 30 MPa olarak bulunmaktadır. Ancak, 28 günlük basınç dayanım sonuçları incelendiğinde tıpkı C20/25 dayanım sınıfındaki numunelerde gözlemlendiği gibi normal dağılım kaybolmakta ve her iki dayanım sınıfının karakteristik değerleri olan 30 ve 37 MPa değerlerinde sert bir kesilme olmaktadır.



Şekil 3 - C20/25 dayanım sınıfı beton numunelerinin 7 günlük basınç dayanımları dağılımı



Şekil 4 - C20/25 dayanım sınıfı beton numunelerinin 28 günlük basınç dayanımları dağılımı



Şekil 5 - C25/30 ve C30/37 dayanım sınıfı beton numunelerinin basınç dayanımları dağılımı

İncelenen her üç dayanım sınıfı için ilk 7 günde normal dağılıma sebep olan faktörlerin aradan geçen süre 21 gün zarfında, nasıl olup da ortadan kalkıp 28 günlük basınç dayanımı sonuçlarında normal olmayan bir dağılıma yol açtığı incelenmesi gereken bir husus olarak karşımıza çıkmaktadır.

#### 4. Sonuç

2012 yılında bir ilimizdeki Yapı Denetim laboratuvarlarından elde edilen beton basınç dayanımı deney sonuçları incelendiğinde, uygunsuz numune oranlarının %1'in altında olduğu görülmektedir. Ancak, elde edilen 7 ve 28 günlük basınç dayanımları istatistiksel olarak incelendiğinde, söz konusu her üç dayanım sınıfı için de 7 günlük dayanım sonuçları beklenildiği üzere normal bir dağılım göstermektedir. Öte yandan, 28 günlük basınç dayanımı sonuçlarında bu rastgeleliğin bozularak, normal olmayan bir dağılıma dönüştüğü ve betonun karakteristik basınç dayanım alt sınır değerinde bir kesintiye uğradığı görülmektedir. İncelenen her üç dayanım sınıfı için ilk 7 günde normal dağılıma sebep olan rastlantısal faktörlerin aradan geçen 21 gün zarfında, nasıl olup da ortadan kalkıp 28 günlük basınç dayanımı sonuçlarında normal olmayan bir dağılıma yol açtığı incelenmesi gereken bir husus olarak karşımıza çıkmaktadır.

#### Kaynaklar

- [1] Kaya, S., Kaya, H. ve Yaman, İ.Ö., "Yapı Denetimde Betonun Yeri", 3. Yapı Denetim Sempozyumu Bildiriler Kitapçığı, 5-6 Ekim 2013, Diyarbakır.
- [2] ACI Committee 214, (2003). "Guide for Obtaining Cores and Interpreting Compressive Strength Results", ACI 214.4R-03, American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, USA, 16 pp.
- [3] Neville, A.M., (2000). "Properties of Concrete", Prentice-Hall, England, 844 pp.
- [4] Popovics, S. (1998). "Strength and Related Properties of Concrete: A Quantitative Approach", John Wiley and Sons, Inc., USA, 535 pp.
- [5] Baradan, B., Yazıcı H., Aydın, S., (2012). Beton, Dokuz Eylül Üniversitesi Yayınları, No:334, İzmir, 334 pp.