

**BETONARME YAPI SİSTEMLERİNDEN  
ALINAN MİKROKAROT NUMUNELERİN  
MEKANİK, FİZİKSEL VE MİKROYAPI  
ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

Kadir KILINÇ  
Doktora Tezi

Fen Bilimleri Enstitüsü  
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı  
Aralık - 2010

**Bu tez çalışması Anadolu Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri  
Komisyonu Başkanlığı tarafından desteklenmiştir. Proje No: 070230**

## JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

**Kadir KILINÇ**'ın “**Betonarme Yapı Sistemlerinden Alınan Mikrokarot Numunelerin Mekanik, Fiziksel ve Mikroyapı Özelliklerinin Belirlenmesi**” başlıklı **İnşaat Mühendisliği** Anabilim Dalı Yapı Malzemeleri Bilim Dalındaki *Doktora Tezi* 10/11/2010 tarihinde, aşağıdaki jüri tarafından Anadolu Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

	Adı - Soyadı	İmza
Üye (Tez Danışmanı)	: Prof. Dr. MUSTAFA TUNCAN	.....
Üye (İkinci Danışman)	: Doç. Dr. ÖMER ARIÖZ	.....
Üye	: Prof. Dr. BEKİR KARASU	.....
Üye	: Doç. Dr. GÖKHAN ARSLAN	.....
Üye	: Yard. Doç. Dr. FATİH ESER	.....

Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun  
..... tarih ve ..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Enstitü Müdürü

## ÖZET

**Doktora Tezi**

### **BETONARME YAPI SİSTEMLERİNDEN ALINAN MİKROKAROT NUMUNELERİN MEKANİK, FİZİKSEL VE MİKROYAPI ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

**KADİR KILINÇ**

**Anadolu Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı  
Yapı Malzemeleri Bilim Dalı**

**Danışman: Prof. Dr. Mustafa TUNCAN  
2010, 255 sayfa**

Beton basınç dayanımı, tüm beton yapılarda doğrudan önemi olan bir özelliktir. Yapıdaki betonun basınç dayanımı standart küp veya silindir numuneler üzerinde uygulanan basınç dayanımı testleri ile belirlenemez. Betonun yerinde dayanımının tayini için uygulanan farklı yöntemlerden klasik olanı ve yapıdan alınan karotlardan oluşan silindirik numuneler üzerinde basınç testlerini içeren yöntem sonuçların doğruluğu ve kesinliği için en uygundur. Karot çapının test sonuçları üzerindeki etkisi büyüktür. Küçük çapların seçimi maliyeti azaltmakta ve yapıya olan zararı minimuma indirmektedir. Bu çalışmada maksimum agrega boyutu 22 mm olan kırmataş agrega kullanılarak farklı beton karışımları hazırlanmış ve bu beton karışımları ile elde edilen numuneler üzerinde standard silindir ve küp deneyleri, karot deneyleri yapılmıştır. Ayrıca, laboratuarda üretilen beton kırımlardan alınan karotlar üzerinde SEM (taramalı elektron mikroskobu) analizleri gerçekleştirilmiştir. Çalışmada üretilen betonlardan biri de hafif beton olmuştur. Deneysel çalışmaların sonunda 17 blok farklı binada vaka çalışması da gerçekleştirilmiştir. Bu bağlamda 17 farklı yapının kolon ve perdelerinden alınan 94, 64 ve 28 mm çapında karotlar test edilerek yapıda kullanılan betonun basınç dayanımı belirlenmiştir ve 28 mm çapında mikrokarotların düzeltilmiş basınç dayanımı değerleri bir istatistik programı kullanılarak değerlendirilmiş ve uygun görülen dağılımlar belirlenmiştir. Sonuç olarak normalize edilmiş dayanımlar için elde edilen olasılık yoğunluk fonksiyonu yalnızca değişkenlik katsayısına bağlı olarak türetilmiştir. Bu fonksiyonun sadece değişkenlik katsayısına bağlı olması, yalnızca bu çalışmaya değil ileride yapılacak pratik ve teorik çalışmalara da katkı sağlayacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Beton, Basınç Dayanımı, Mikrokarot, Kırmataş Agrega, Taramalı Elektron Mikroskobu

## ABSTRACT

### PhD Dissertation

# DETERMINATION OF MECHANICAL, PHYSICAL AND MICRO-STRUCTURAL PROPERTIES OF MICROCORES DRILLED FROM CONCRETE BEAMS AND REINFORCED CONCRETE CONSTRUCTION SYSTEMS

KADİR KILINÇ

Anadolu University  
Graduate School of Sciences  
Civil Engineering Program  
Construction Materials

Supervisor: Prof. Dr. Mustafa TUNCAN  
2010, 255 pages

Compressive strength of concrete is probably the most important single property of concrete. In-situ strength is the strength of the concrete as it exists in the construction and is the end result of the quality of concrete in the construction. The examination and compression testing of cores cut from hardened concrete is a well-established method for the determination of in-situ strength of concrete. The core diameter affects the test results significantly. Microcores offer considerable advantages in terms of reduced costs and damage. In this experimental study, various concrete mixtures were prepared by using crushed limestone aggregate having the maximum aggregate size of 22 mm. The standard cube and cylinder tests and core tests were performed on the cube, cylinder and various core specimens. The micro-structural properties of different diameter cores were examined by using Scanning Electron Microscope (SEM). On the other hand, lightweight concrete was produced by using pumice aggregate. At the end of this experimental study, 94, 64, and 28-mm (microcore) diameter cores were drilled from the members such as columns and shear walls of 17 different buildings. The in-situ compressive strengths of 94, 64, and 28-mm (microcore) diameter cores were investigated. The equivalent compressive strength values of 28 mm diameter cores drilled from columns and shear walls of the buildings were evaluated by using a statistical software. The distributions suitable for the data were determined. Finally, the probability density function was derived only as a function of the coefficient of variation, for normalized compressive strength values of micro-cores. The established probability density function which is only a function of the coefficient of variation has far reaching use in future studies concerning both applied and fundamental research.

**Keywords:** Concrete, Compressive Strength, Microcore, Crushed Limestone Aggregate, Scanning Electron Microscope (SEM)

## TEŞEKKÜR

Araştırmacı olarak, bu çalışmanın gerçekleştirilebilmesi için maddi ve manevi desteklerinden dolayı başta önceki Rektör Sayın Prof. Dr. Fevzi SÜRMEĒİ, yeni Rektör Prof. Dr. Davut AYDIN olmak üzere, önceki Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu Başkanı Prof. Dr. Nezh VARCAN, yeni Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu Başkanı Prof. Dr. Hasan MANDAL ve tüm Anadolu Üniversitesi'ne teşekkürlerimi sunarım. Çalışmaya başladığımdan beri her zaman yardım aldığım hocam Sayın Prof. Dr. Mustafa TUNCAN'a, benim için gösterdiği sabır ve bu çalışmanın yürütülmesi için gösterdiği olağanüstü gayretinden ve manevi desteğinden dolayı, Sayın Doç. Dr. Ömer ARIÖZ'e, gösterdiği çok olumlu ilgiden ve bu çalışmanın yapılabilmesi için verdiği katkıdan dolayı teşekkürlerimi bir borç bilirim. Tezimin şekillenmesinde büyük emekleri olan Sayın Prof. Dr. Ahmet TUNCAN, Prof. Dr. Bekir KARASU ve Doç. Dr. Gökhan ARSLAN'a teşekkür ederim. Tezimde yer alan istatistiksel testlerin gerçekleştirilmesinde yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyen Araş. Gör. A. Ozan ÇELİK'e teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca tezimde yer alan mikroyapı özellik testleri hususunda yardımlarından dolayı Doç. Dr. Taner KAVAS'a da teşekkürü bir borç bilirim. Proje kapsamında gerçekleştirilen deneylerin en verimli şekilde yapılabilmesi için yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyen İbrahim TUNÇ, Turgut BİLGİÇ, Erdoğan ÖZKAN, Nurettin DUMAN ve Adnan KILIÇ'a teşekkürlerimi sunarım. Son olarak, bu çalışmanın tamamlanabilmesi için her zaman yanımda bulunan ailem ve bana yardımcı olabilmek için hiçbir fedakarlıktan kaçınmayan hayat arkadaşım sevgili eşim Nigar KILINÇ'a teşekkür ederim.

Kadir KILINÇ

Aralık 2010

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
<b>ÖZET</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>ii</b>
<b>TEŞEKKÜR</b> .....	<b>iii</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>iv</b>
<b>ŞEKİLLER DİZİNİ</b> .....	<b>viii</b>
<b>ÇİZELGELER DİZİNİ</b> .....	<b>xi</b>
<b>SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ</b> .....	<b>xiv</b>
<b>1. GİRİŞ</b>	<b>1</b>
1.1. Amaç ve Kapsam.....	2
<b>2. BETON BASINÇ DAYANIMININ ÖNEMİ</b>	<b>9</b>
2.1. Beton Basınç Dayanımının Belirlenmesi.....	9
2.2. Karakteristik Basınç Dayanımı ( $f_{ok}$ ).....	10
2.3. Beton Yaşının Dayanım Üzerindeki Etkisi.....	14
<b>3. BETON BASINÇ DAYANIMINI ETKİLEYEN FAKTÖRLER</b>	<b>16</b>
3.1. Çimento Özelliklerinin Beton Basınç Dayanımına Etkisi.....	16
3.2. Agrega Özelliklerinin Beton Basınç Dayanımına Etkisi.....	18
3.3. Karışım Suyu Özelliklerinin Beton Basınç Dayanımına Etkisi.....	19
3.4. Kimyasal Katkı Özelliklerinin Beton Basınç Dayanımına Etkisi.....	20
<b>4. BETON BASINÇ DAYANIM TESTLERİNİN</b>	
<b>SONUÇLARINI ETKİLEYEN FAKTÖRLER</b>	<b>22</b>
4.1. Şekil Etkisi.....	22
4.2. Boyut Etkisi.....	24
4.3. Boy/Çap Oranının Etkisi.....	24
4.4. Numune Uç Kısımlarının ve Başlık Yapımının Etkisi.....	25

4.5. Yükleme Hızının Etkisi.....	<u>Sayfa</u> 26
----------------------------------	--------------------

## **5. KONU İLE İLGİLİ ARAŞTIRMALARIN GÖZDEN**

### **GEÇİRİLMESİ 27**

5.1. Standard Test Yöntemleri.....	28
5.1.1. Küp testi.....	28
5.1.2. Silindir testi.....	29
5.2. Karot Testi.....	30
5.2.1. Karot alma ve test etme nedenleri.....	30
5.2.2. Karot boyutu, sayısı, konumu, alma ve test etme prosedürü.....	32
5.3. Karot Basınç Dayanımını Etkileyen Faktörler.....	34
5.3.1. Karot çapının etkisi.....	34
5.3.2. Karot boy/çap oranının etkisi.....	37
5.3.3. Karot alma yönünün etkisi.....	42
5.3.4. Örselenmenin etkisi.....	43
5.3.5. Karotta donatı varlığının etkisi.....	43
5.4. Karot Basınç Dayanımı Testleri Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	44
5.4.1. Karot basınç dayanımının potansiyel dayanıma çevrilmesi.....	44
5.4.2. Karot basınç dayanımı testleri sonuçları ile ilgili araştırmaların gözden geçirilmesi.....	45
5.5. Mikrokarotların Kullanımı.....	46
5.5.1. Mikrokarot alma ve test etme nedenleri.....	46
5.5.2. Mikrokarot basınç dayanımı test sonuçlarının farklılığı.....	46
5.5.3. Mikrokarot basınç dayanımı testleri sonuçları ile ilgili araştırmaların gözden geçirilmesi.....	47
5.6. Yerinde (Hakiki) Beton Basınç Dayanımı Belirlenmesi.....	48
5.6.1. Yerinde karot alma prosedürü.....	50
5.6.1.1. Kolonlarda karot alma prosedürü.....	50
5.6.1.2. Kirişlerde karot alma prosedürü.....	51
5.6.2. Yerinde (Hakiki) beton basınç dayanımı ve ilgili araştırmaların gözden geçirilmesi.....	51

	<b><u>Sayfa</u></b>
5.7. Hafif Beton.....	56
5.7.1. Hafif beton üretiminde kullanılan agregalar.....	57
5.7.2. Hafif betondan alınan karot basınç dayanımı testleri sonuçları ve ilgili araştırmaların gözden geçirilmesi.....	59
5.8. Betonun Mikroyapısı.....	60
5.8.1. Hidratasyon süreci.....	60
5.8.2. Hidrate çimento hamuru.....	60
5.8.3. C-S-H fazı.....	61
5.8.4. Kalsiyum hidroksit (Ca(OH) <sub>2</sub> ) kristalleri.....	61
5.8.5. Kalsiyum sülfalüminat hidratlar (Etrenjit ve monosülfatlar)....	62
5.8.6. Tamamen hidrate olmayan çimento partikülleri.....	62
5.8.7. Arayüzey geçiş bölgesi.....	62
<b>6. DENEYSEL ÇALIŞMALAR</b>	<b>64</b>
6.1. Birinci Bölüm Deneysel Çalışmada Beton Üretiminde Kullanılan Malzemeler ve Beton Karışımları.....	67
6.2. Deney Numunelerinin Hazırlanması ve Taze Beton Çökme Deneyi...	68
6.3. Betonlarda Standard Küp ve Silindir Basınç Dayanımı Testlerinin Yapılması.....	70
6.4. Beton Kirişlerden Farklı Çaplarda Karot Numunelerin Alınması.....	71
6.5. Karot Numunelerin Farklı Boy/Çap Oranlarında Kesilmesi ve Basınç Dayanımı Testi Yapılması.....	76
6.6. İkinci Bölüm Deneysel Çalışmada 17 Farklı Bloкта Farklı Elemanlardan Farklı Çaplarda Karot Numunelerin Alınması.....	78
6.7. Karot Numunelerin Farklı Boy/Çap Oranlarında Kesilmesi.....	83
6.8. Farklı Boy/Çap Oranlarında Kesilen Karot Numunelerde Basınç Dayanımı Testi Yapılması.....	84
<b>7. DENEYSEL BULGULAR VE TARTIŞMALAR</b>	<b>85</b>
7.1. Standart Testlerin Sonuçları.....	85

	<b><u>Sayfa</u></b>
7.2. Karot Deneylerinin Sonuçları.....	87
7.2.1. Karot boy/çap oranının karot basınç dayanımı üzerindeki etkisi.....	87
7.2.2. Karot çapının karot basınç dayanımı üzerindeki etkisi.....	96
7.2.3. Karot deneyleri sonuçlarının değerlendirilmesi.....	98
7.2.4. Hacim etkisi.....	101
7.3. 17 Farklı Bloktan Alınan Karot Deneylerinin Sonuçları.....	104
7.4. 17 Farklı Bloktan Alınan Mikrokarotlarda Gerçekleştirilen İstatistiksel Analiz Sonuçları.....	105
7.5. Farklı Karot Numunelerde Taramalı Elektron Mikroskobu ile Yapılan Mikroyapı Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	113
<b>8. SONUÇLAR VE ÖNERİLER</b>	<b>116</b>
<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>121</b>
<b>Ek-1 17 Farklı Bloktan Alınan 94, 64 ve 28 mm Çapındaki Karot     Beton Basınç Deneyi Sonuçlarının TS 10465’de Verilen     Yönteme Göre Değerlendirilmesi.....</b>	<b>129</b>
<b>Ek-2 17 Farklı Bloktan Alınan 94, 64 ve 28 mm Çapındaki Karot     Beton Basınç Deneyi Sonuçlarının İngiliz Beton Birliği     Yöntemine Göre Değerlendirilmesi.....</b>	<b>190</b>
<b>Ek-3 Log-Normal Dağılım Gösteren Olasılık Yoğunluk Fonksiyonları.....</b>	<b>250</b>
<b>Ek-4 Johnson S<sub>B</sub> Dağılımı Gösteren Olasılık Yoğunluk Fonksiyonları.....</b>	<b>251</b>

## ŞEKİLLER DİZİNİ

1.1.	Birinci bölüm deneysel çalışmanın akım şeması.....	6
1.2.	İkinci bölüm deneysel çalışmanın akım şeması.....	8
4.1.	Uç etkisi.....	22
5.1.	Tipik yerinde eşdeğer 28 günlük küp dayanımı.....	52
6.1.	Birinci bölüm deneysel çalışmanın akım şeması.....	65
6.2.	İkinci bölüm deneysel çalışmanın akım şeması.....	67
6.3.	Kiriş kalıplara beton dökümü.....	69
6.4.	K1 beton karışımında kiriş elemandan 46 mm çapında karot alınması...	71
6.5.	Kiriş elemanlardan alınan farklı çaplardaki karot numunelerin depolanması.....	71
6.6.	Beton karışımlarından alınan 94 mm çaplı karot numuneler.....	72
6.7.	Beton karışımlarından alınan 69 mm çaplı karot numuneler.....	73
6.8.	Beton karışımlarından alınan 46 mm çaplı karot numuneler.....	74
6.9.	Beton karışımlarından alınan 28 mm çaplı karot numuneler.....	75
6.10.	Beton K1 karışımlarından alınan 94 mm çaplı ve farklı boy/çap oranına sahip karot numuneler.....	76
6.11.	Beton K1 karışımı hariç diğer karışımların tümünden alınan 28 mm çapındaki mikrokarotların farklı boy/çap oranlarında kesilmiş hali.....	77
6.12.	Bina 1’de farklı taşıyıcı elemanlardan alınan 28 mm çapındaki mikrokarot numuneler.....	82
6.13.	Bina 6’da farklı taşıyıcı elemanlardan alınan 28 mm çapındaki mikrokarot numuneler.....	83
6.14.	Bina 10, 1 nolu kolondan alınan 28 mm çapında ve boy/çap oranı 1,0-2,0 arasında kesilmiş karot numuneler.....	84
7.1.	Beton K1 karışımında üretilen kiriş betonlardan çıkarılan karot numunelerinin basınç dayanımları.....	88
7.2.	Beton K2 karışımında üretilen kiriş betonlardan çıkarılan karot numunelerinin basınç dayanımları.....	88

7.3.	Beton K3 karışımında üretilen kiriş betonlardan çıkarılan karot numunelerinin basınç dayanımları.....	88
7.4.	Beton K4 karışımında üretilen kiriş betonlardan çıkarılan karot numunelerinin basınç dayanımları.....	89
7.5.	Beton K5 karışımında üretilen kiriş betonlardan çıkarılan karot numunelerinin basınç dayanımları.....	89
7.6.	Beton K6 karışımında üretilen kiriş betonlardan çıkarılan karot numunelerinin basınç dayanımları.....	89
7.7.	Hafif beton karışımında üretilen kiriş betonlardan çıkarılan karot numunelerinin basınç dayanımları.....	90
7.8.	Kırmataş ile üretilen betonlardan çıkarılan 94 mm çapındaki karotların boy/çap oranı düzeltme faktörlerinin regresyon analizi.....	94
7.9.	Kırmataş ile üretilen betonlardan çıkarılan 69 mm çapındaki karotların boy/çap oranı düzeltme faktörlerinin regresyon analizi.....	94
7.10.	Kırmataş ile üretilen betonlardan çıkarılan 46 mm çapındaki karotların boy/çap oranı düzeltme faktörlerinin regresyon analizi.....	95
7.11.	Kırmataş ile üretilen betonlardan çıkarılan 28 mm çapındaki karotların boy/çap oranı düzeltme faktörlerinin regresyon analizi.....	95
7.12.	Üretilen betonlardan çıkarılan karot numunelerinin çap düzeltme faktörlerinin regresyon analizi (boy/çap=2).....	97
7.13.	Üretilen betonlardan çıkarılan karot numunelerinin çap düzeltme faktörlerinin regresyon analizi (boy/çap=1).....	98
7.14.	K1 betonundan çıkarılan karot numunelerinde hacim etkisi.....	102
7.15.	K2 betonundan çıkarılan karot numunelerinde hacim etkisi.....	102
7.16.	K3 betonundan çıkarılan karot numunelerinde hacim etkisi.....	102
7.17.	K4 betonundan çıkarılan karot numunelerinde hacim etkisi.....	103
7.18.	K5 betonundan çıkarılan karot numunelerinde hacim etkisi.....	103
7.19.	K6 betonundan çıkarılan karot numunelerinde hacim etkisi.....	103

7.20.	Ortalama eşdeğer beton basınç dayanımı ile standart sapma arasındaki ilişkinin belirlenmesi.....	107
7.21.	Ortalama eşdeğer beton basınç dayanımı ile değişkenlik katsayısı arasındaki ilişkinin belirlenmesi.....	108
7.22.	K1-K6 betonlarından alınan farklı çaplarda karotların Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) kullanılarak elde edilen görüntüleri.....	114

## ÇİZELGELER DİZİNİ

2.1.	Normal ve ağır beton için basınç dayanımı sınıfları.....	11
2.2.	Hafif beton için basınç dayanımı sınıfları.....	12
2.3.	Test sayısına göre çarpım faktörü.....	13
2.4.	Ortalama basınç dayanımı hesabı.....	13
3.1.	Beton agregası olarak kullanılan kayaç tipi agregalar.....	18
5.1.	Düşük dayanımlı beton ile normal dayanımlı betonların karakteristik özellikleri arasındaki farklar.....	27
5.2.	Ortalama değer ( $\beta$ ) ve standard sapma (s) arasındaki bağıntı.....	35
5.3.	ASTM C 42-90 Amerikan Standardı'na göre farklı boy/çap oranlarına ait düzeltme faktörleri.....	38
5.4.	ASTM C42'nin önerdiği boy/çap oranı dayanım düzeltme faktörleri.....	39
5.5.	Basınç dayanımı düzeltme faktörleri.....	40
5.6.	Farklı boy/çap (l/d) oranları için dayanım düzeltme faktörleri.....	41
5.7.	Karot dayanımının potansiyel dayanıma çevrilmesi.....	44
5.8.	44 mm çaplı (boy/çap oranı= 2) karotlar için küp/düzeltilmiş karot dönüşüm faktörleri.....	45
5.9.	Yerinde dayanım ve standard küp dayanımı karşılaştırması.....	52
5.10.	Karot dayanımının yerinde dayanıma çevrilmesi.....	53
5.11.	prEN 206 standardına göre farklı beton sınıfı için yerinde basınç dayanımı.....	54
5.12.	k katsayısı.....	55
6.1.	Agregaların özgül ağırlık, su emme kapasitesi ve nem değerleri.....	68
6.2.	Beton karışımlarında kullanılan malzeme miktarları.....	68
6.3.	Birinci bölüm deneysel çalışmada üretilen beton karışımlarının çökme miktarları.....	70
6.4.	Standart silindir testi (150 mm x 300 mm) ve standart küp testinde (150 mm) yararlanılan ilgili standartlar.....	70
6.5.	17 farklı blokta 94, 64 ve 28 mm çapında karot ve mikrokarot alınan taşıyıcı eleman ve numaraları.....	79
6.5.	(devamı).....	80

6.5.	(devamı).....	81
7.1.	Beton karışımlarının 28 ve 180 günlük 150 mm küp ve 150x300 mm silindir numunesi basınç dayanımları.....	85
7.2.	Standart numunelerin 28 ve 180 günlük basınç dayanımlarının oranları.....	86
7.3.	TS 500 Standardında yer alan beton sınıfları ve dayanımları.....	86
7.4.	Çapı 28 mm olan karotlar için narinlik düzeltme faktörleri .....	91
7.5.	Çapı 46 mm olan karotlar için narinlik düzeltme faktörleri .....	91
7.6.	Çapı 69 mm olan karotlar için narinlik düzeltme faktörleri .....	91
7.7.	Çapı 94 mm olan karotlar için narinlik düzeltme faktörleri .....	92
7.8.	Boy/çap oranı 2 olan karotlar için çap düzeltme faktörleri .....	96
7.9.	Boy/çap oranı 1 olan karotlar için çap düzeltme faktörleri .....	96
7.10.	Beton K1-K6 karışımlarından üretilen betonlardan ve hafif betondan alınan boy/çap oranı 2 olan karotların dayanımlarının 150x300 mm standard silindir numunesi dayanımına oranları (180 günlük) .....	99
7.11.	Beton K1-K6 karışımlarından üretilen betonlardan ve hafif betondan alınan boy/çap oranı 1 olan karotların dayanımlarının 150 mm standard küp numunesi dayanımına oranları (180 günlük) .....	99
7.12.	Beton K1-K6 karışımından ve hafif betondan üretilen standart küp dayanımlarının 28 mm çapında mikrokarot dayanımları ile karşılaştırılması.....	100
7.13.	Beton K1-K6 karışımından ve hafif betondan üretilen standart silindir dayanımlarının 28 mm çapında mikrokarot dayanımları ile karşılaştırılması.....	101

7.14.	16 farklı binada 28 mm karot çapına göre ortalama beton basınç dayanımı, standart sapma ve değişkenlik katsayısı değerlerinin belirlenmesi.....	106
7.15.	11 farklı binada Kolmogorov-Smirnov testi kullanılarak p değerlerinin belirlenmesi.....	112

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

ASTM	: Amerikan Malzeme Test Kurumu
ISO	: Uluslararası Standartlar Organizasyonu
ACI	: Amerikan Beton Enstitüsü
l/d	: Boy/çap oranı
$f_{c,küp}$	: Küp beton basınç dayanımı
$f_{c,silindir}$	: Silindir beton basınç dayanımı
TS	: Türk Standardı
TS EN	: Türk Standardı Avrupa Normu
$f_{ck}$	: Karakteristik basınç dayanımı
K	: Kompozit
$f_{ck,küp}$	: En düşük karakteristik küp dayanımı
$f_{ck, silindir}$	: En düşük karakteristik silindir dayanımı
C	: Beton sınıfı
LC	: Hafif beton sınıfı
S	: Standard sapma
n	: Test sayısı
$f_c$	: Dizayn basınç dayanımı
$f_{cr}$	: Ortalama basınç dayanımı
$x_i$	: Dayanım değeri
$\bar{x}$	: n testin sonucunda ortalama dayanım
BS	: İngiliz Standardı
k	: Dayanım düzeltme faktörü
$\lambda$	: Boy/çap oranı

$\emptyset_r$	: Donatı çapı
$\emptyset_c$	: Karot çapı
$h$	: Donatının karotun en yakın yüzüne olan uzaklığı
$l$	: Karot boyu
$f_{cy}$	: Boy/çap oranı 2.0 olan karot dayanımı
$f_{cu}$	: Karakteristik yerinde basınç dayanımı
SEM	: Taramalı elektron mikroskobu
$\beta$	: Ortalama değer
$s$	: Standard sapma
$V$	: Değişkenlik katsayısı
DYK	: Doygun yüzey kuru
$\bar{f}_k$	: Standart küp dayanımı
$\bar{f}_m$	: 28 mm çapında mikrokarot dayanımı
$V_k$	: Küp numune değişkenlik katsayısı
$V_m$	: Mikrokarot değişkenlik katsayısı
$p$	: p değeri

## 1. GİRİŞ

İnşaat Mühendisliği Bölümü'nde gerçekleştirilen bu çalışmada, bugüne kadar yapılan araştırmalarda oldukça az rastlanan mikrokarotlar da kullanılarak beton basınç dayanımı tahmini yapılmıştır. Mikrokarot dayanımı sonuçları diğer karot numuneleri sonuçları ve küp ve silindir numunelerden elde edilen sonuçlarla da karşılaştırılmıştır. Yani mikrokarotların mekanik, fiziksel ve mikro yapı özellikleri belirlenmiş ve bu özellikler sayesinde beton basınç dayanımına ulaşılmaya çalışılmıştır.

Bu çalışmada 6 farklı l/d oranı kullanılarak l/d oranının mikrokarot mekanik özellikleri üzerindeki etkisi de detaylı olarak araştırılmıştır. Farklı l/d oranına sahip karotların da değerlendirilmesi mümkün olabilmektedir.

Ayrıca betonlardan alınan karotların SEM analizleri yapılarak mikroyapı özellikleri belirlenmiştir. Bu çalışmanın diğer çalışmalardan farklarından biri de karot numunelerinin farklı betonlardan alınmış olmasıdır. Hem beton basınç dayanımı çok düşük olan mevcut yapıların hem de basınç dayanımı çok yüksek olan önemli yapıların beton basınç dayanımlarının gerektiğinde tahmin edilmesi işi kolaylaştırılmıştır. Çalışmada üretilen olan betonlardan biri de hafif beton olmuştur. Hafif beton dayanımlarının karot ve mikrokarotlarla belirlenmesi konusundaki çalışma sayısı çok azdır.

Bu çalışmanın diğer çalışmalardan önemli bir farkı da 17 farklı binanın farklı yapı elemanlarından da karot numuneler alınmasıyla binada kullanılan betonun özellikleri belirlenmesi olmuştur. Bu bağlamda 17 farklı yapının kolon ve perdelerinden alınan 94, 64 ve 28 mm çapında karotlar test edilerek yapıda kullanılan betonun basınç dayanımı belirlenmeye çalışılmıştır. Bina 6 hariç 16 farklı yapının kolon ve perdelerinden alınan 28 mm çapında karotların düzeltilmiş basınç dayanımı değerleri bir istatistik programı kullanılarak değerlendirilmiş ve uygun görülen dağılımlar belirlenmiştir. Bina 6'dan alınan iki adet mikrokarot test sonucu istatistiksel değerlendirme için yeterli görülmemiştir. Bunun sonucunda 16 farklı binada yapılan ileri istatistiksel analizler sonucunda 28 mm çaplı karot dayanımını en iyi şekilde karakterize eden dağılımın 2 binada log-normal dağılım, 9 binada ise Johnson  $S_B$  dağılımı olduğu belirlenmiştir. Diğer 5 binada ise 28 mm çapındaki mikrokarot sayısının ileri istatistiksel analiz için uygun olmadığı

belirlenmiştir. Sonuç olarak normalize edilmiş dayanımlar için elde edilen olasılık yoğunluk fonksiyonu yalnızca değişkenlik katsayısına bağlı olarak türetilmiştir. Bu fonksiyonun sadece değişkenlik katsayısına bağlı olması, yalnızca bu çalışmaya değil ileride yapılacak pratik ve teorik çalışmalara da katkı sağlayacaktır. Özetlemek gerekirse bu çalışma sayesinde mikrokarot numunelerde basınç dayanımı belirlenmesi ve ayrıca farklı binalarda yerinde basınç dayanımı belirlenmesi işlemleri gerçekleştirilmiştir.

### **1.1. Amaç ve Kapsam**

Beton basınç dayanımı, tüm beton yapılar da doğrudan önemi olan bir özelliktir. Ayrıca beton dayanımı diğer özelliklerin çoğu için iyi bir gösterge olduğundan betonun kalite kontrolü için de temel oluşturur [1,2]. Betonun genel kalite kontrolü için beton dökümü esnasında standart test numuneleri alınır [1]. Betonun potansiyel basınç dayanımı küp veya silindir numuneler üzerinde uygulanan basınç dayanımı testlerinden elde edilir [3]. Ancak, yapıdaki betonun basınç dayanımı standart küp veya silindir numuneler üzerinde uygulanan basınç dayanımı testleri ile belirlenemez [4]. Çünkü yerinde dayanım kür süresi ve sıkışma derecesiyle de ilgilidir [1]. Betonun yerinde dayanımının tayini için uygulanan farklı yöntemlerden klasik olanı ve yapıdan alınan karotlardan oluşan silindirik numuneler üzerinde basınç testlerini içeren yöntem sonuçların doğruluğu ve kesinliği için en uygundur [5]. Ancak, yapılarda yerinde beton dayanımının belirlenmesi için karot testi sonuçları dikkatlice değerlendirilmelidir. Çünkü karot dayanımı karot çapı, numune boy/çap oranı, test anındaki numune nemi, agrega boyutu, karot başlığı tipi, karot alma işlemi ve numune hazırlanmasının sebep olduğu zarar ve boyut gibi birçok faktörden etkilenmektedir [1,5]. Karot dayanımları, standart boyutta silindir dayanımı veya küp dayanımlarına çevrildiğinde betonun yerinde dayanımını en iyi şekilde temsil etmesine rağmen dayanımlar yukarıda bahsedilen farklı parametrelerden etkilenmektedir [1,5]. Örneğin, karot çapının test sonuçları üzerindeki etkisi büyüktür [2]. Karot çapının sınır değerlerinin ne olması gerektiği farklı ulusal ve uluslar arası standartlarda belirtilmiştir. Hem ASTM hem de İngiliz Standardları

minimum karot çapının 100 mm olması gerektiğini ve karot çapının maksimum agrega boyutunun 3 katından daha fazla olması gerektiğini belirtmiştir. 100 mm'den daha küçük karot çapına Türk Standardlarında izin verilmiştir. Ancak karot, betonun yerinde dayanımının belirlenmesinde kullanılacağında minimum çapın 50 mm olması gerektiği belirtilmiştir [1,6-11]. Birkaç özel durumlarda Uluslararası Standartlar Organizasyonu (ISO) ve Amerika Beton Enstitüsü (ACI), 50 mm'ye kadar küçük çaplı karotlar kullanılmasına izin verir. Fakat karot çapı en azından maksimum agrega boyutunun 3 katı olmalıdır [2]. Ancak, numune boyutunda bir artış, daha ağır bir kullanım, daha büyük ekipman, yüksek maliyet ve yapıya da daha çok hasara neden olmaktadır. Küçük çaplı karotların alınması maliyeti azaltmakta ve yapıya olan zararı minimuma indirmektedir. Daha az ve daha küçük aletlerle numuneler daha kolay çıkarılabilmektedir [5]. Ancak mikrokarotların en önemli dezavantajlarından biri yapılan çalışmaların ve istatistiksel verilerin az olmasıdır. Bu alışma ile literatürde bulunan bu veriler arttırılarak karot basınç dayanımının belirlenmesi kolaylaştırılmıştır.

Bu çalışmada bugüne kadar yapılan araştırmalarda oldukça az rastlanan mikrokarotlar da kullanılarak beton basınç dayanımı tahmini yapılmıştır. Mikrokarot dayanımı sonuçları diğer karot numuneleri sonuçları ve küp ve silindir numunelerden elde edilen sonuçlarla da karşılaştırılmıştır. Yani mikrokarotların mekanik, fiziksel ve mikro yapı özellikleri belirlenmiş ve bu özellikler sayesinde beton basınç dayanımına ulaşılmaya çalışılmıştır. Belirtilen konuda yapılan çalışma sayısı oldukça sınırlıdır.

Bu çalışmada 6 farklı l/d oranı kullanılarak l/d oranının mikrokarot mekanik özellikleri üzerindeki etkisi de detaylı olarak araştırılmıştır. l/d oranı 1'den küçük olan numuneler genellikle tercih edilmemektedir. Ancak, kapsamlı bu çalışma ile l/d oranının karot dayanımlarına etkisi belirlenmiş ve farklı l/d oranına sahip karotların da değerlendirilmesi mümkün olabilmektedir. Bu alışma ile Avrupa ve Türk Standardlarına da önemli katkılar sağlanmışır.

Bu çalışmanın diğer çalışmalardan farklarından biri de karot numunelerinin farklı betonlardan alınmış olmasıdır. Zira, bu çalışmada hem beton basınç dayanımı çok düşük olan mevcut yapıların hem de basınç dayanımı çok yüksek olan önemli yapıların beton basınç dayanımlarının gerektiğinde tahmin

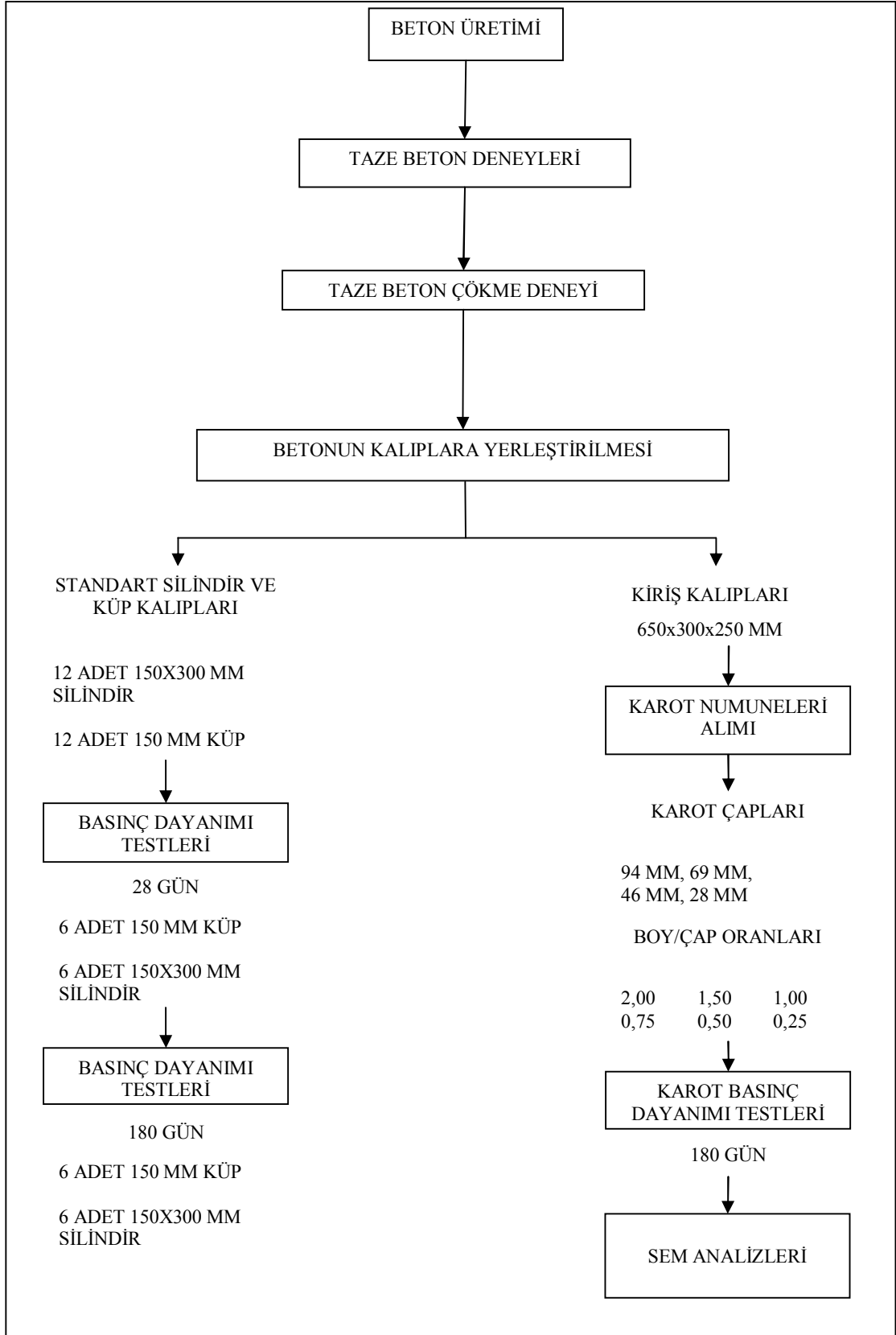
edilmesi işi kolaylaştırılmıştır. Çalışmada üretilen betonlardan biri de hafif beton olmuştur. Hafif beton dayanımlarının karot ve mikrokarotlarla belirlenmesi konusundaki çalışma sayısı çok azdır.

Bu çalışmanın diğer çalışmalardan önemli bir farkı da 17 farklı bina üzerinde farklı yapı elemanlarından da karot numuneler alınarak binada kullanılan betonun özelliklerinin belirlenmesi ve böylece vaka çalışmasının da gerçekleştirilmiş olmasıdır. Bunun sonucunda yapılan ileri istatistiksel analizler sonucunda 28 mm çaplı karot dayanımını en iyi şekilde karakterize eden dağılımların belirlenmesi ve normalize edilmiş dayanımlar için elde edilen olasılık yoğunluk fonksiyonunun yalnızca değişkenlik katsayısına bağlı olarak türetilmesidir. Bu fonksiyonun sadece değişkenlik katsayısına bağlı olması, yalnızca bu çalışmaya değil ileride yapılacak pratik ve teorik çalışmalara da katkı sağlayacaktır.

Bu çalışmada kapsam geniş olduğundan deneysel çalışma iki ana bölüme ayrılmıştır. Birinci bölümde maksimum agrega boyutu 22 mm olan kırmataş agrega kullanılarak farklı beton karışımları hazırlanmış ve bu beton karışımları ile elde edilen numuneler üzerinde standart silindir ve küp deneyleri ile karot deneyleri yapılmıştır. Üretimde ince agrega olarak kum kullanılmıştır. Beton üretildikten hemen sonra, bu beton karışımları için, taze beton deneylerinden çökme deneyi gerçekleştirilmiş, taze betonun işlenebilirliği hakkında önemli ipuçları veren çökme değeri ilgili standarda göre bulunmuştur.

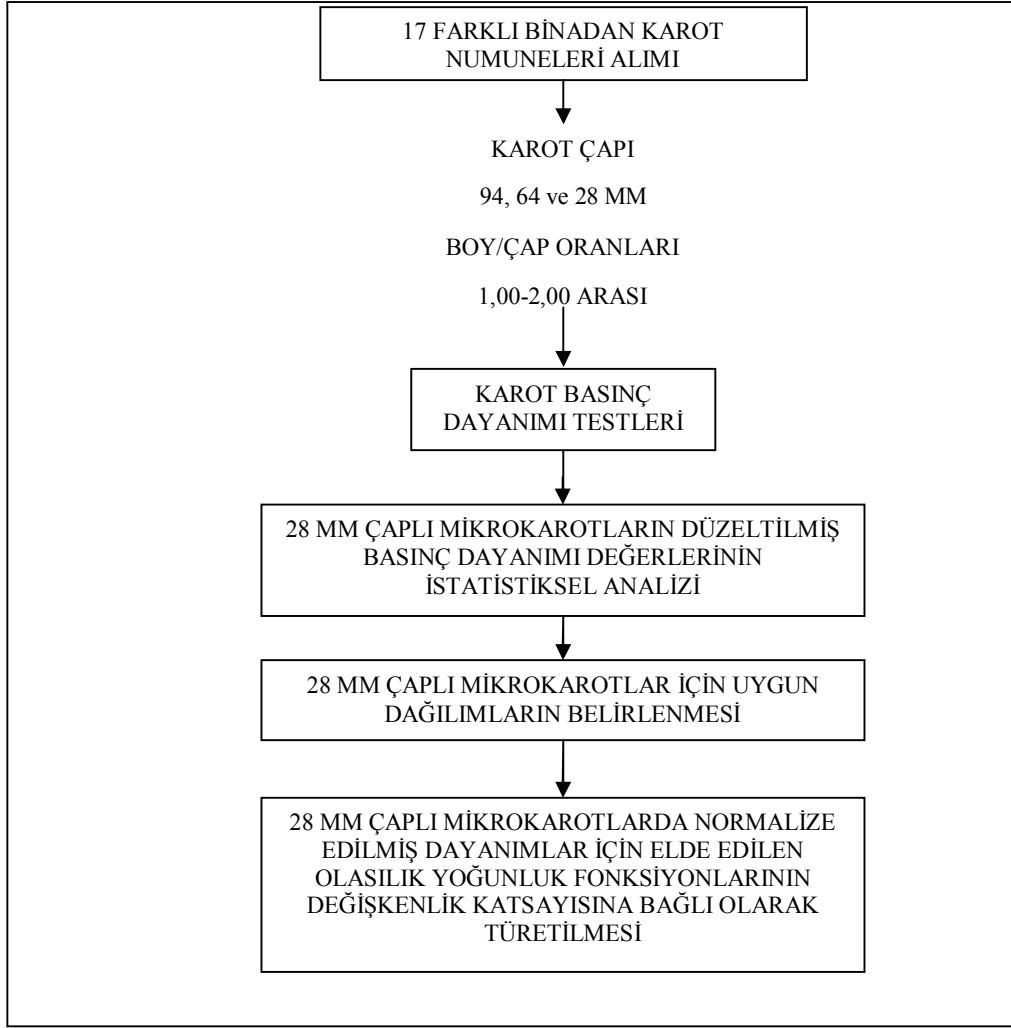
Beton basınç dayanımlarının standart yöntemle belirlendiği beton deney numunelerinin hazırlanmasında, 150 mm küp kalıplar ile 150x300 mm (150 mm çapında ve 300 mm boyunda) silindir kalıplar kullanılmıştır. Karot deneylerinde, karot çapının, karotun boy/çap oranının, kiriş beton elemanlardan alınan karot numunelerinin basınç dayanımı üzerindeki etkisi kapsamlı bir şekilde araştırılmıştır. Karot basınç dayanımı deneyleri için, kiriş betonlarından 94, 69, 46 ve 28 mm olmak üzere 4 farklı çapta karot alınmıştır. Her bir karot çapı için 6 farklı boy/çap oranında karot numuneleri hazırlanarak basınç dayanımı testleri yapılmıştır. 28 mm çaplı mikrokarot numuneleri almak için özel bir karot alma aparatı kullanılmıştır. Her bir karışım için 12 adet küp ve 12 adet silindir numune üretilmiştir.

Standart küp ve silindir dayanımı testlerinde 6 adet küp ve 6 adet silindir numune 28 gün sonra basınç dayanımı testine tabi tutulmuştur. Diğer 6 adet küp ve 6 adet silindir numune ise 180 gün sonra karotlarla birlikte basınç dayanımı testine tabi tutulmuştur. Laboratuarda üretilen beton kirişlerden alınan karotlar üzerinde SEM analizleri gerçekteştirilmiş ve mikroyapı özellikleri belirlenmiştir. Deneysel çalışmanın akım şeması şekil 1.1’de gösterilmektedir.



Şekil 1.1. Birinci bölüm deneysel çalışmanın akım şeması

Deneysel çalışmanın ikinci bölümünde ise 17 farklı binada seçilen yapı elemanları üzerinde 94, 64 ve 28 mm çapında karotlar alınmıştır. Bu bağlamda 17 farklı yapının kolon ve perdelerinden alınan 94, 64 ve 28 mm çapında karotlar test edilerek yapıda kullanılan betonun basınç dayanımı belirlenmeye çalışılmıştır. Bu sayede yerinde beton dayanımı ile karot dayanımları arasında bağıntılar kurulmuştur. Bina 6 hariç 16 farklı yapının kolon ve perdelerinden alınan 28 mm çapında karotların düzeltilmiş basınç dayanımı değerleri bir istatistik programı kullanılarak değerlendirilmiş ve uygun görülen dağılımlar belirlenmiştir. Bina 6'dan alınan iki adet mikrokarot test sonucu istatistiksel değerlendirme için yeterli görülmemiştir. Normalize edilmiş dayanımlar için elde edilen olasılık yoğunluk fonksiyonu yalnızca değişkenlik katsayısına bağlı olarak türetilmiştir. İkinci bölüm deneysel çalışmanın akım şeması Şekil 1.2'de gösterilmektedir:



**Şekil 1.2.** İkinci bölüm deneysel çalışmanın akım şeması

## 2. BETON BASINÇ DAYANIMININ ÖNEMİ

### 2.1. Beton Basınç Dayanımının Belirlenmesi

Ülkemizde yılda 40 milyon ton civarında çimento üretilmektedir. Beton, konutlarda, yer altı yapılarında, yer üstü yapılarında yaygın olarak kullanılan önemli bir yapı malzemesidir [12]. Dayanım yük taşıma kapasitesinin bir ölçümüdür ve betonun en önemli özelliğidir [13-15]. Yükleme testinde gerilmenin maksimum değeri dayanım olarak alınır [13]. Dayanım aynı zamanda betonun diğer özelliklerine ve uzun süre boyunca göstereceği performansa da yön tutar ve beton kalitesini gösterir [13,14,16]. Beton gevrek bir malzemedir ve basınç dayanımı çekme dayanımına oranla daha yüksektir [16,17]. Yapılarda beton farklı tip yüklemelere maruz kalır. Kolonlarda veya donatılı beton kirişlerde basınç dayanımı önemlidir. Döşemedeki çatlama ise çekme gerilmesi önemlidir [13].

Betonun mekanik özellikleri arasında en çok inceleneni basınç dayanımıdır. Betonun basınç dayanımı betonun diğer özellikleriyle paralellik gösterir. Yüksek dayanımlı betonda porozite, su geçirimsizlik azdır, dayanıklılık fazladır. Basınç dayanımını belirleme betonun diğer özelliklerini belirlemeye göre en kolaydır [17].

Beton basınç dayanımı, prEN 12390-3:1999'a uygun küp şekilli numunede tayin edilmişse  $f_{c,küp}$  silindir şekilli numunede tayin edilmişse  $f_{c,sil}$  şeklinde ifade edilir. Basınç dayanımı tayininde küp veya silindir şekilli numunelerden hangisinin kullanılacağı, teslim tarihinden önce imalatçı tarafından beyan edilmelidir. Basınç dayanımı aksi belirtilmedikçe 28 günlük numunelerde tayin edilir [18].

Betonda uygulanan gerilme yalnızca gerilme tipine değil aynı zamanda betonun farklı bileşenlerinin porozitesini etkileyen farklı faktörlere de bağlıdır. Bu faktörler sıkıştırma derecesi, kürlenme gibi faktörlerdir. Su/çimento oranı ve porozite arasındaki ilişki kuşkusuz en önemli faktördür. Faktörler üç kategoride sınıflandırılır. Bunlar özellikler ve malzeme oranları, kür koşulları ve test parametreleridir [19].

Laboratuarda veya sahada sertleşmiş beton özelliklerini belirlemek için birçok farklı test kullanılmaktadır. Bu testler beton kalite kontrolü için gerçekleştirilir. Sertleşmiş betonda uygulanan en yaygın test basınç dayanımı testidir. Çünkü uygulaması kolaydır [17,20]. Beton kalite kontrolü beton numunelerin basınç testine dayanır [13]. Dayanım testi şüphesiz ki sertleşmiş beton özelliklerini belirleyen en yaygın test olarak bilinmektedir. Çünkü basınç dayanımı testinin yapılması ile sertleşmiş betonun diğer özellikleri arasında korelasyon kurulabilir [20,21]. Ayrıca, beton basınç dayanımının belirlenmesi ile beton eğilme dayanımı, çekme dayanımı, elastisite modülü ve geçirimsizlik gibi özellikleri hakkında bir tahmin yürütülebilir [21]. Beton basınç dayanımı hem numune hacmi boyunca üniform olan nem miktarı değişimleri hem de numune yüzeyi ile iç kısım arasındaki nem miktarı gradyanlarından etkilenir [22].

## **2.2. Karakteristik Basınç Dayanımı ( $f_{ck}$ )**

Beton sınıfı ile karşılaştırılan değer, karakteristik basınç dayanımıdır. Çimento cinsi ve miktarı basınç dayanımını önemli oranda etkiler. Çimento dozajı yüksek olduğunda dayanım artar ancak dayanımı etkileyen temel faktör su/çimento oranıdır. Karma suyu çok fazla veya çok düşük kullanıldığında basınç dayanımı önemli oranda düşmektedir. Beton kompasitesi önemli bir kavramdır. Taze beton kompasitesi 1 m<sup>3</sup> betondaki katı malzemelerin (agrega ve çimento) mutlak hacimleri toplamı olarak tanımlanabilir. Kompasite K olarak kodlandırılırsa iyi bir betonda  $K \geq 0,80$  olmalıdır. Kompasite yüksek olursa doğal olarak basınç dayanımı da yüksek olur [17].

Karakteristik dayanım TS EN 206-1 Türk Standardında, dikkate alınan hacimdeki betonda belirlenecek bütün dayanım değerlerinden, bu dayanım altına düşmesi beklenen oranın % 5 olduğu dayanım düzeyi olarak tanımlanmıştır [18].

Betonun karakteristik basınç dayanımı, belirlenmiş basınç dayanımı sınıfı için Çizelge 2.1 ve 2.2’de verilen en düşük karakteristik basınç dayanımından daha büyük veya eşit olmalıdır [18].

**Çizelge 2.1.** Normal ve ağır beton için basınç dayanımı sınıfları [18]

Basınç dayanımı sınıfı	En düşük karakteristik silindir dayanımı $f_{ck, sil}$ N/mm <sup>2</sup>	En düşük karakteristik küp dayanımı $f_{c, küp}$ N/mm <sup>2</sup>
C 8/10	8	10
C 12/15	12	15
C 16/20	16	20
C 20/25	20	25
C 25/30	25	30
C 30/37	30	37
C 35/45	35	45
C 40/50	40	50
C 45/55	45	55
C 50/60	50	60
C 55/67	55	67
C 60/75	60	75
C 70/85	70	85
C 80/95	80	95
C 90/105	90	105
C 100/115	100	115

**Çizelge 2.2.** Hafif beton için basınç dayanımı sınıfları [18]

Basınç dayanımı sınıfı	En düşük karakteristik silindir dayanımı $f_{ck, sil}$ N/mm <sup>2</sup>	En düşük karakteristik küp dayanımı $f_{c, küp}$ N/mm <sup>2</sup>
LC 8/9	8	10
LC 12/13	12	15
LC 16/18	16	20
LC 20/22	20	25
LC 25/28	25	30
LC 30/33	30	37
LC 35/38	35	45
LC 40/44	40	50
LC 45/50	45	55
LC 50/55	50	60
LC 55/60	55	67
LC 60/66	60	75
LC 70/77	70	85
LC 80/88	80	95

ACI 322-Beton için yapı kodları ve ACI 318-Betonarme için yapı kodları standartları betonun ortalama basınç dayanımının ( $f_{cr}$ ), dizayn dayanımından ( $f_c$ ) yüksek olması gerektiğini belirtir. Bir beton üretiminde benzer malzemenin 30 testi var ise standard sapma (2.1)'de gösterildiği şekilde hesaplanır [19,23,24].

$$S = \left[ \frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n - 1} \right]^{1/2} \quad (2.1)$$

S= Standard sapma (MPa)

$x_i$ = Dayanım değeri

$\bar{x}$  = n testin sonucunda ortalama dayanım

n= test sayısı

Eğer 15-25 arası test mevcut ise, standard sapma değeri çarpım faktörü ile çarpılmalıdır. Çizelge 2.3’de test sayısına göre çarpım faktörü değişimi verilmiştir [19,23,24].

**Çizelge 2.3.** Test sayısına göre çarpım faktörü [19,23,24]

Test sayısı	Çarpım faktörü
15	1,16
20	1,08
25	1,03
30 veya daha çok	1,00

Ortalama basınç dayanımı ( $f_{cr}$ ); (2.2) ve (2.3)’deki  $f_{cr}$  değerlerinden daha yüksektir.

$$f_{cr}' = f_c' + 1,34S \quad (2.2)$$

$$f_{cr}' = f_c' + 2,33S - 500 \quad (2.3)$$

Standard sapma hesaplamak için gerekli veri geçerli değilse, ortalama dayanım Çizelge 2.4’den bulunabilir [19,23,24].

**Çizelge 2.4.** Ortalama basınç dayanımı hesabı [19,23,24]

Dizayn basınç dayanımı $f_c$ (MPa)	Ortalama basınç dayanımı $f_{cr}$ (MPa)
<21	$f_c + 7$
21-35	$f_c + 8$
>35	$f_c + 10$

Basınç dayanımı testinde numune şekli farklılık gösterebilir. Bazı ülkelerde küp bazı ülkelerde de silindir numune kullanılır [14]. İngiltere’de basınç dayanımı testinde küp numune kullanılır. Küp numunenin boyutu uygun olmalıdır. Çünkü agrega tanesi boyutu sonucu etkileyebilir. Maksimum agrega tane boyutu 20 mm veya daha az olan agrega kullanıldığında küp numunenin boyutunun 100 mm olması gerektiği, maksimum agrega boyutu 40 mm’ye varan

agrega kullanıldığında ise küp numunenin boyutunun 150 mm olması gerektiği belirtilmiştir. Küp numunenin karşılıklı yüzleri düz ve birbirine paralel olmalıdır. Yükleme hızı yüksek olursa, yüksek dayanımlar çıkar [13].

Kuzey Amerika'da, Avrupa'nın çoğu ülkesinde ve dünyada diğer ülkelerin çoğunda silindir numune kullanılmaktadır. 150 mm çapında ve 300 mm yüksekliğinde silindir numuneler kullanılır. Küp dayanımı yaklaşık olarak silindir dayanımından % 25 daha fazladır. Ancak bu oran birçok faktöre bağlıdır ve dayanım arttıkça azalır. Örneğin; CEB-FIP (1990)'da küp dayanımı (2.4) ve (2.5)'de belirtildiği gibi verilmiştir [13,25].

$$f_{küp} = 1,25f_{silindir} \quad f_{silindir} \leq 40 \text{MPa} \quad (2.4)$$

$$f_{küp} = 1,25f_{silindir} \quad 40 \leq f_{silindir} \leq 80 \text{MPa} \quad (2.5)$$

Boy/çap oranı 1'den küçük silindir numune kullanılmamalıdır. Çünkü dayanımda yüksek artmalar gözlenir. Silindir numunenin önemli bir dezavantajı vardır. Silindir numunenin üst yüzeyi mala ile düzeltilir. Üst yüzey test için yeterli düzlükte değildir. Bu sebepten dolayı kükürt-grafit veya erken dayanımı yüksek çimento kullanarak 2-3 mm kalınlığında başlık yapılmalıdır [13].

BS 1881, Kısım 4 standardında verilen standard küp ile standard silindir arasında basit bir dönüşüm faktörü (2.6)'da görülmektedir [14,26].

$$\text{Küp dayanımı} = 1,25 \times \text{silindir dayanımı} \quad (2.6)$$

Silindir ebadı 150 mm çap ve 300 mm boy'dur. BS 1881, Kısım 4'de aynı zamanda düzeltme faktörleri verilmiştir. Boy/çap oranı 2,0 için düzeltme faktörü 1,0, boy/çap oranı 1,0 için düzeltme faktörü 0,92 olarak verilmiştir [14,26].

### 2.3. Beton Yaşının Dayanım Üzerindeki Etkisi

Hidratasyon olayı devam ettikçe günden güne beton dayanımı da değişmektedir. Bu değişimin oranı ve miktarı, sıcaklık ve nem gibi faktörlere bağlıdır. Numune boyutu, yükleme oranı, nem miktarı, numune hazırlama yöntemi gibi parametreler dayanımı doğrudan etkilemektedir. Beton pratiğinde

basınç dayanımı beton üretiminden 28 gün sonra belirlenmektedir. 28 günlük basınç dayanımı beton sınıfını belirten basınç dayanımıdır [17,27]. 28 günlük basınç dayanımı testi yapmanın özel bir sebebi yoktur. Çünkü 28 gün bir haftanın dört katı olup beton üretildikten sonraki dört haftaya karşılık gelmektedir [27]. Çoğu ülkede de numuneler 28 gün sonra test edilir [14]. 28 günden önce de numuneler dayanım testine tabi tutulabilir. 7. gün sonunda beton numuneler üzerinde basınç dayanımı testi gerçekleştirilebilir. Ancak betonda kütleme dikkatlice kontrol edilse de 7 günlük dayanıma bakarak 28 günlük dayanımın tahmini oldukça güçtür [15].

### **3. BETON BASINÇ DAYANIMINI ETKİLEYEN FAKTÖRLER**

Beton, çimento, beton agregası, su ve gerektiğinde katkı maddelerinin homojen olarak karıştırılması ile elde edilen başlangıçta plastik kıvamda olup zamanla çimentonun hidratasyonu sebebiyle katılaşp sertleşen bir yapı malzemesidir. Bileşen malzemelerin özellikleri beton basınç dayanımını olumsuz etkilememeli ve betonda kullanım amacına uygun olmalıdır.

#### **3.1. Çimento Özelliklerinin Beton Basınç Dayanımına Etkisi**

Çimento TS EN 206-1 Türk Standardında, su ile karıştırıldığında hidratasyon reaksiyonları ve işlemleriyle priz alarak sertleşebilen hamur meydana getiren ve sertleştikten sonra dayanım ve kararlılığını su içerisinde bile sürdürebilen öğütülmüş inorganik malzeme olarak tanımlanmıştır [18].

ASTM C150 Amerikan standardında Portland çimentosu, kalsiyum silikat ve kalsiyum sülfatlar içeren bağlayıcı olarak tanımlanmıştır [19,28]. Portland çimentolu beton, dünyada en yaygın kullanılan yapı malzemesidir. Portland çimentosu, 1824 yılında Joseph Aspdin tarafından bulunmuştur [20]. Çimentonun EN 197-1'e genel uygunluğu kanıtlanmış olmalıdır [18].

Yapı ve bina endüstrisinde veya mühendislik problemlerini çözümede çimentoların geniş bir kullanım alanı vardır. Değişik çimentoların kimyasal bileşimleri oldukça farklı olabilir fakat günümüzde kullanılan beton, Portland çimentosundan yapılır [29]. ASTM C 150'ye göre Portland çimentosu, kalsiyum silikat ve düşük miktarda kalsiyum sülfat içeren öğütülmüş klinkerlerle üretilen bir bağlayıcıdır. Klinker 5-25 mm çaplarındadır [19,28]. Portland çimentosu, su ile etkileşime girdiğinde sertleşen ve prizini tamamladığında suya dayanıklı bir bileşen oluşturan bağlayıcı bir çimentodur. Alçıtaşı ve kireç gibi bağlayıcı olmayan çimentolara kıyasla, Portland çimentosu yüksek derecede dayanıklıdır ve harç ile betonlarda yüksek basınç dayanımlarının olmasını sağlar [30].

Portland çimentosu, kalsiyum ve alüminyum silikatlardan oluşan ince toz halindeki kristal minerallerden yapılır. Bu minerallere su eklenmesi, hamuru oluşturur. Sertleştiğinde taşın dayanımı gibi dayanıma sahip olur. Özgül ağırlığı

3,12 ve 3,16 arasında değişir. Tane boyutu ile ölçülen inceliği, 10-50 µm arasında değişebilir. ASTM C 150 şartnamesinde Tip I, II, III, IV ve V çimentoları için gerekli şartlar verilmiştir [28,30].

Betonun dayanımının yüksek olmasında çimentonun dayanımının yüksek olmasının önemli bir etkisi vardır. Çimento kalitesinin yanında miktarı da dayanımı önemli oranda etkiler. Çimento dozajı yüksek olduğunda dayanım artar ancak dayanımı etkileyen faktörün çimento/su oranı olduğunu unutmamak gerekmektedir [17].

Çimento hidratasyon derecesinin dayanım üzerinde doğrudan etkisi vardır. Normal sıcaklıklarda yüksek inceliği olan ve hidratasyon hızı yüksek olan ASTM Tip III Portland çimentosu kullanılır. Tip III Portland çimentolu betonun erken yaşlarda porozitesi düşüktür ve dayanımı yüksektir. Diğer yandan Tip I, Tip II ve Tip III Portland çimentolarına kıyasla Tip IV ve Tip V Portland çimentolarının hidratasyon hızı ve dayanım artış hızı 28 güne kadar daha yavaştır [19].

Portland çimentosuna su ilave edildiğinde kimyasal reaksiyonlar meydana gelir ve kalsiyum silikat hidratlar oluşur. Hidratasyon için gerekli su miktarı çimento ağırlığının yaklaşık % 30'udur. Ancak, eğer karışıma yalnızca bu kadar su ilave edilirse, katı ve işlenebilir olmayan bir karışım elde edilir. Bu yüzden işlenebilir bir karışım elde etmek için hidratasyon için gerekenden daha fazla su ilave etmektir. Su-çimento oranı hamurun kalitesini belirler ve betonun dayanımını kontrol eder [21].

Portland çimentosunun beton dayanımı üzerindeki etkisi çimentonun kimyasal bileşimi ve inceliğine bağlıdır. Çimentonun dayanımı erken yaşlarda  $3CaO.SiO_2$  ( $C_3S$ ) ileri yaşlarda ise  $2CaO.SiO_2$  ( $C_2S$ ) yüzdesine bağlıdır.  $C_3S$  miktarı yüksek olan çimentolar ile üretilen betonlar dayanımı daha hızlı kazanır. İleri yaşlarda ise dayanım ilerleme hızı azalır. Çimento inceliğinin beton dayanımı üzerindeki etkisi de oldukça önemlidir. Çimento inceliği arttığında hidratasyon hızı artmakta ve bunun sonucunda dayanım kazanma hızı artmaktadır. Tipik olarak, maksimum tane boyutu yaklaşık 50 µm'dir. Tane boyutu olarak çimentonun % 10-15'i 5 µm'den daha küçük, yaklaşık % 3'ü ise 1 µm'den daha küçüktür. Çapı 3 µm'den az olan partiküllerin 1 günlük dayanım üzerinde önemli etkisi vardır. 28 günlük dayanım ise 3-30 µm tane boyut aralığındaki kısımdan

etkilenmektedir. Tane boyutu 60  $\mu\text{m}$ 'den yüksek olan kısmın dayanım üzerindeki etkisi çok düşüktür [29].

### 3.2. Agreganın Özelliklerinin Beton Basınç Dayanımına Etkisi

Agrega TS EN 206-1 Türk Standardında, betonda kullanıma uygun taneli mineral malzeme olarak tanımlanmıştır. Agregalar, doğal veya yapay olarak elde edilmiş olabilir [18]. Normal ve ağır agregaların prEN 12620:2000'e uygunluğu, hafif agregaların ise prEN 13055-1:1997'ye uygunluğu kanıtlanmalıdır [18].

Agrega pahalı bir malzeme değildir. Su ile kimyasal reaksiyona girmez. Agreganın beton dayanımı ve dayanıklılığı üzerinde önemlidir. Ayrıca, agreganın beton maliyeti ve işlenebilirliği belirlemede önemli rol oynar [19].

Agrega, betonda çimento hamuru ile doldurulacak boşluğu azaltır. Agreganın üretimde kullanılmadan önce gradasyonunun belirlenmesi gereklidir. Ayrıca, şekil ve yüzey yapısı, su emme kapasitesi, nem miktarı ve özgül ağırlık parametrelerinin de belirlenmesi gereklidir [31]. Beton agregası olarak kullanılan kayalar Çizelge 3.1'de gösterilmiştir.

**Çizelge 3.1.** Beton agregası olarak kullanılan kayalar Çizelge 3.1'de gösterilmiştir [31,32]

andezit	dolomit	hornfels
bazalt	flint	kireçtaşı
çört	gabbro	kuartz
diorit	granit	kumtaşı
dolerit	grittası	syenit

Portland çimentolu betonda, hacim olarak % 60-75 oranında, ağırlık olarak ise % 79-85 oranında agreganın yer alır. Agreganın miktarını belirli bir miktara kadar artırmak karışım kalitesini artırır ve maliyeti azaltır [20].

En önemli agreganın parametreleri agreganın şekli, yüzey yapısı ve maksimum agreganın tane boyutudur. Agreganın yüzey yapısı mikroçatlakların başladığı gerilme düzeyini etkiler. Agreganın yüzey yapısı  $\sigma$ - $\epsilon$  eğrisinin şeklini etkileyebilir ancak betonun maksimum basınç dayanımı üzerinde küçük bir etkisi vardır. Düşük su-

çimento oranlarında kırmataş iyi mekanik bağ sağladığından dolayı beton dayanımı artar. Ancak, bu etki su-çimento oranı arttıkça ortadan kalkar. Maksimum agrega tane boyutunun artması dayanımı farklı şekillerde etkiler. Tane boyutu yüksek agrega kullanımı agrega özgül yüzey alanını azaltır. Bunun sonucunda bağ dayanımı azalır ve beton dayanımı azalır. Ayrıca tane boyutu yüksek olan agregalı betonlarda segregasyon görülebilir [29]. İri agreganın maksimum agrega tane boyutunun değişmesinin beton dayanımı üzerinde iki farklı etkisi olabilir. Aynı çimento miktarı ve kıvama sahip iki farklı karışımda maksimum agrega tane boyutu daha büyük olan karışımın ihtiyaç duyduğu karışım suyu miktarı maksimum agrega tane boyutu daha küçük olan karışımın ihtiyaç duyduğu karışım suyu miktarına göre daha azdır. Diğer yandan maksimum agrega tane boyutunun artması mikroçatlakların artmasına neden olur [19].

### **3.3. Karışım Suyu Özelliklerinin Beton Basınç Dayanımına Etkisi**

Beton üretiminde kullanılan karışım suyunun kalitesi, betonun priz süresini, dayanım kazanma hızını ve donatının korozyona karşı korunmasını etkileyebilir. Kalitesi bilinmeyen bir suyun, beton üretimi için karışım suyu olarak uygunluğunun tayininde, suyun bileşimi ve imal edilecek betonun kullanım yeri dikkate alınmalıdır. İçilebilen sular beton yapımında kullanım için uygun kabul edilir. Bu tip sularda deney yapmaya gerek duyulmaz [33]. Karışım suyu ve beton imalatından ortaya çıkan atık sudan tekrar geri kazanılan suyun prEN 1008:1997'ye uygunluğu kanıtlanmalıdır [18]. Beton malzemelerin karılmasında kullanılan karışım suyu iki önemli işlevi yerine getirmektedir: Birincisi, çimento ve agrega tanelerinin yüzeyini ıslatarak ve böylece yağlayıcı etki yaratarak, beton malzemelerinin kolayca karıştırılabilmesini, taze betonun yerleştirilebilmesini ve sıkıştırılabilmesini, yani “işlenebilmeyi” sağlamak ve ikincisi toz halindeki çimento taneleriyle birleşerek ortaya çıkan çimento hamurunda hidrasyon denilen “kimyasal reaksiyonları” sağlamaktır [34]. Karışım suyu, betonun sertleşme oranı, mukavemeti ve dayanıklılığını etkileyecek ve donatının paslanmasını sağlayacak yabancı maddeler içermemelidir [35]. Karışım suyunda

yabancı maddelerin varlığı yalnızca beton dayanımını değil aynı zamanda priz süresini de etkiler [19].

Karışım suyunun beton yapımında uygunluğu deneysel yöntemlerle de belirlenebilmektedir [36]. Uygulamada en çok kullanılan yöntem şüpheli su ile yapılan numunelerin 7 ve 28 günlük ortalama basınç dayanımlarının şahit su ile yapılan numunelerin 7 ve 28 günlük ortalama basınç dayanımları ile karşılaştırılmasıdır. Şüpheli su ile yapılan numunelerin 7 ve 28 günlük ortalama basınç dayanımları, şahit su ile yapılan numunelerin 7 ve 28 günlük ortalama basınç dayanımlarının en az % 90'ı kadar olmalıdır. TS EN 1008 şartnamesinde uygunluğu araştırılan su ile yapılan beton veya harç numunelerin 7 günlük ortalama basınç dayanımlarının, aynı yaşta deneye tabi tutulan saf su veya deiyonize su ile hazırlanmış numune dayanımlarının % 90'ından daha küçük olmaması gerektiği belirtilmiştir [33].

### **3.4. Kimyasal Katkı Özelliklerinin Beton Basınç Dayanımına Etkisi**

Katkılar, işlenebilirliği artırmak, priz süresini hızlandırmak veya geciktirmek, donma-çözünmeye karşı dayanıklılığı artırmak, alkali-agrega reaksiyonu, sülfat etkisi ve donatı korozyonuna karşı dayanıklılığı artırmak için kullanılır [19].

Kimyasal katkı TS EN 206-1 Türk Standardında, taze veya sertleşmiş betonun bazı özelliklerini değiştirmek üzere, karıştırma işlemi esnasında betona, çimento kütlelerine oranla az miktarlarda ilave edilen malzeme olarak tanımlanmıştır [18].

ASTM C 125 Amerikan standardında katkı, su, agrega, çimento ve liften hariç betonda bir bileşen olarak kullanılan ve karışıma karıştırmadan önce veya karıştırma esnasında eklenen bir malzeme olarak tanımlanmıştır [19,37]. ACI Komite 212 katkıların kullanılmasının önemli amaçlarını belirtmiştir. Örneğin; su miktarını artırmadan betonun plastikliğini artırma, terleme ve segregasyonu azaltma, priz süresini geciktirme veya hızlandırma, erken yaşlarda dayanım artış oranını hızlandırma, ısı açığa çıkmasını azaltma, betonun dayanıklılığını artırma gibidir. Betonun taze ve sertleşmiş halde önemli özellikleri katkı kullanımı ile

iyileştirilir. Dünyada gelişmiş ülkelerde üretilen betonun % 80-90'ı kimyasal katkı içermektedir [19,38].

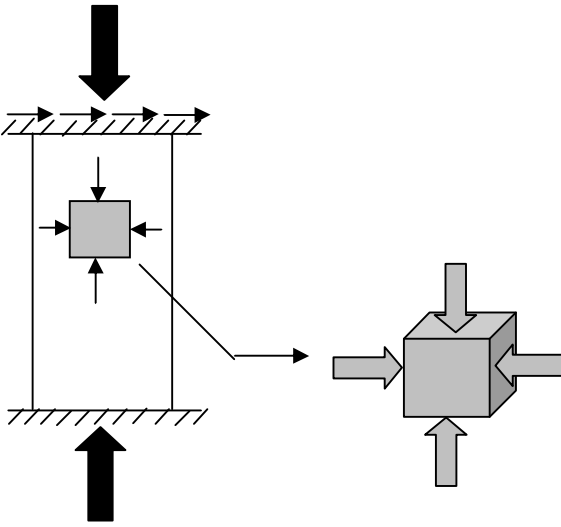
Portland Çimentosu Kurumu, kimyasal katkı kullanımının sebeplerinin beton yapımı maliyetini azaltmak, betonda daha iyi özellikler elde etmek ve karıştırma, taşıma, yerleştirme ve olumsuz hava koşullarında kürlemede beton kalitesini artırmak olduğunu belirtmiştir [20]. Kimyasal katkı maddelerinin EN 934-2'ye genel uygunluğu kanıtlanmalıdır [18]. Kimyasal katkıların betonun maksimum dayanımı üzerinde oldukça düşük bir etkisi vardır. Kimyasal katkıların dayanım kazanma hızı üzerinde önemli etkisi vardır. Kimyasal katkı kullanımı ya çimentonun hidrasyonunu hızlandırır ya da geciktirir. Dayanım kazanma hızındaki azalma daha yüksek maksimum dayanımlara ulaşılmasını sağlar [19,29].

#### 4. BETON BASINÇ DAYANIM TESTLERİNİN SONUÇLARINI ETKİLEYEN FAKTÖRLER

Beton basınç dayanımı test sonuçlarını etkileyen faktörler şekil ve boyut farklılığı, boy/çap oranı farklılığı, numune uç kısımlarına başlık yapımı ve yükleme hızı gibi faktörlerdir.

##### 4.1. Şekil Etkisi

Şekil etkisine bakılacak olursa küp numunelerin basınç dayanımları, silindir numunelerin basınç dayanımlarından daha yüksektir. Burada uç etkisi söz konusu olmaktadır. Uç etkisi Şekil 4.1’de açıklanmaktadır [15,29].



Şekil 4.1. Uç etkisi [15,29]

Burada yanal basınç gerilmeleri oluşur. Ayrıca üst ve alt başlıklarda numune ile başlık arasındaki sürtünmeden dolayı kayma kuvvetleri etkisi gerçekleşir. Ortalara doğru bu etki azalmaktadır. Silindir kalıplara yerleştirilen beton dikey ekseninde yerleştirilmekte ve yerleştirildiği ekseninde kırılmaya tabi tutulmaktadır. Oysa, küp kalıplara dikey ekseninde yerleştirilen beton, numunenin yana çevrilmesiyle, yerleştirilmiş olduğu eksenine dik şekilde kırılmaktadır. Silindir numunelerin üst bölgesi, betonda yer alan terlemenin etkisi ile, nispeten daha

gözenekli bir durum göstermektedir. Küp numuneler böyle bir etki altında bulunmamaktadır [15,29].

Farklı şekle sahip olan küp, silindir ve prizma numuneler farklı dayanım gösterirler. Küp numuneyi test etmek başlığa ihtiyaç olmadığından oldukça kolaydır. Ancak silindir numune kullanma küp numune kullanmaya nazaran tercih edilmiştir. Numune boyutu artarsa beton dayanımı ve dayanımdaki farklılık azalır, düşük yükte göçecek eleman sayısı da artar [29].

Silindir numune basınç dayanımı ile küp numune basınç dayanımı arasında bir farklılık mevcuttur. Küp numune basınç dayanımı değeri, silindir numune basınç dayanımı değerine oranla daha yüksektir. Silindir numune üst kısmında terleme etkisi nedeniyle gözenekli ve zayıf bir bölge oluşur. Küp numunede böyle bir durum söz konusu değildir. Bu yüzden küp numune basınç dayanımı silindir numune basınç dayanımından daha yüksektir [39].

Dayanımı etkileyen bazı ikincil faktörler iki farklı şekilli numunenin dayanımını da etkiler. Örneğin; agrega tane gradasyonu daha iri olursa silindir dayanımı-küp dayanımı oranı azalır. Küp ve silindir dayanımları arasındaki ilişki yalnızca dayanımın fonksiyonu değildir. Hangi tip numunenin daha iyi olduğunu söylemek güçtür ancak silindir numune kullanımının küp numune kullanımına göre daha iyi olduğu hususunda bir eğilim olmakla birlikte RILEM komitesi tarafından önerilmiştir. Silindir numune dayanımı, karışımda kullanılan iri agrega özelliklerinden daha az etkilenir. Silindir numunede yatay düzlemlerdeki gerilme dağılımı, küp numunede yatay düzlemlerdeki gerilme dağılımına göre daha uniformdur. Silindir numuneler döküldüğü yönde test edilir. Küp numuneleri ise istediğimiz düzlemde test edebiliriz. Yapılarda ise taşıyıcı elemanlarda basınç yüklemesi durumu silindir numunedeki duruma benzer. Bu yüzden silindir numune kullanımı daha gerçekçidir. Silindir numune Amerika, Fransa, Kanada ve Yeni Zelanda'da kullanılmaktadır [15]. Amerika'da basınç dayanımı testinde kullanılan standard numune 15x30 cm silindir numunedir. Büyük Britanya, Almanya ve diğer çoğu Avrupa ülkesinde standard basınç dayanımı testinde 15 cm ebatlı küp numune kullanılmaktadır [15,19].

## 4.2. Boyut Etkisi

Boyut etkisine bakılacak olursa, küçük numunelerde büyük numunelere göre basınç dayanımı daha yüksektir. Küçük numunelerde basınç dayanımı daha yüksektir. Çünkü küçük numunelerde kusurlar daha azdır. Büyük numunelerde ise basınç dayanımı daha düşüktür. Sebebi ise kusurların daha fazla olmasıdır [15,29].

Betonda boyut etkisi olarak ikinci unsur çeper etkisidir. Burada maksimum agrega boyutu önemli rol oynar. Numune boyutu ve maksimum agrega tane çapı arasındaki ilişki numunenin dayanımını etkiler. Maksimum agrega tane çapı büyüdüğünde çeper etkisi de büyür ve aynı boyutlu kalıplar için önemli dayanım farkları meydana gelir. Çünkü çeperlerdeki agreganın tamamı çimento hamuru tarafından sarılmamıştır [15].

Silindir veya küp numune boyutu azalırsa kuruma hızı gerçekleşir ve dayanım kazanma hızı artar. Numune boyutunun artması aynı zamanda numunede yer alacak mikroçatlakların veya kusurların da artması anlamına gelir. Bundan dolayı numune boyutunun artması ile basınç dayanımı azalır [15,39].

Boyut etkisi hafif betonlarda düşüktür. Boyut etkisi, duvar etkisi, numune boyutu/maksimum agrega tane boyutu, numune yüzey ve iç kısmı arasındaki sıcaklık ve nem farkından dolayı oluşan içsel gerilmeler, tabla ile numune yüzeyi arasında sürtünmeden dolayı oluşan teğet gerilmeden kaynaklanır. Numune yüzeyi/hacim oranı arttıkça duvar etkisi de artar [15].

## 4.3. Boy/Çap Oranının Etkisi

Standard silindirin boy/çap oranı 2'dir. Bunun dışında boy/çap oranı kullanıldığında numune dayanımı uç etkisinden dolayı değişir. Yüksek dayanımlı betonlar numune şeklindeki değişimden daha az etkilenirler [29].

Silindir numune çapı arttıkça dayanım azalır. Boy/çap oranı arttıkça dayanım azalır. Örneğin; boy/çap oranı 1 olan standard numunelerin basınç dayanımı boy/çap oranı 2 olan standard numunelerin basınç dayanımına göre % 15 daha fazladır. Bu yüzden Avrupa'da kullanılan 15 cm standard küp numunenin

basınç dayanımının Amerika’da kullanılan 15x30 cm standard silindir numunenin basınç dayanımından % 10-15 daha fazla olduğunu söyleyebiliriz [19].

Yüksek dayanımlı betonlarda boy/çap oranının etkisi düşüktür. Yani küp dayanımı ile silindir dayanımı birbirine göre çok farklı değildir. Boy/çap oranı arttıkça dayanım azalır. Çünkü basınç dayanımı test cihazı yükleme tablası ile olan uzaklık arttıkça numunede kayma gerilmesi azalır ve enine genleşme artar. Bunun sonucunda basınç dayanımı düşük olur [15].

#### **4.4. Numune Uç Kısımlarının ve Başlık Yapımının Etkisi**

Basınç dayanımı testi esnasında test silindirinin üst yüzeyi test cihazının üst tablası ile temas eder. Silindir numune üst yüzeyi genelde düz ve pürüzsüz olmaz. Bu durumda gerilme konsantrasyonları oluşur ve beton dayanımı önemli oranda azalır. Bu dayanım kaybından kaçınmak için numune uç yüzeylerinin düz ve pürüzsüz olması gerekir. Bundan dolayı alt ve üst yüzeylerin başlıklanması gerekir. İdeal bir başlık malzemesinin dayanımı ve elastik özellikleri beton dayanımı ve elastik özelliklerine benzer olmalıdır. Başlıklama ya testten hemen önce ya da numune döküldükten sonra yapılmalıdır. Başlık kalınlığı 1,5-3 mm arasında olmalıdır. Başlık malzemesinin dayanımı beton dayanımından düşük olmamalıdır. Ancak, başlık malzemesi dayanımı ile beton dayanımı çok farklı olursa ve kuvvetli bir başlık yapılırsa görünen dayanım daha yüksek olur. Başlık malzemesinin dayanım üzerindeki etkisi yüksek ve orta dayanımlı betonlarda düşük dayanımlı betonlara göre daha yüksektir. Karot numunelerin alt ve üst yüzlerinin pürüzsüz düzgünlükte olması bunun için de numunelere kükürt-grafit tozu, yüksek alüminli çimento, Portland çimentosu ve yüksek alüminli çimento karışımı, erimiş sülfür karışımı, sülfür-kum karışımı, düşük kıvamlı çimento hamuru veya çimento alçı karışımından başlık yapılmalıdır [15,39,40]. Başlık mümkün olduğu kadar ince olmalıdır. Polyester reçinesi gibi zayıf malzemeler başlık malzemesi olarak uygun değildir. Eğer kullanılırsa düşük karot dayanımı elde edilir [40]. Karot başlıklama yöntemi oldukça önemlidir. Kuvvetli bir malzeme ile ince başlıklama iyi bir yöntemdir. Kalın başlık yapılması veya zayıf

bir malzeme ile başlık yapılması karot dayanımını özellikle L/D oranı 2'den az olan kısa karotlarda önemli oranda azaltabilir [41].

#### **4.5. Yükleme Hızının Etkisi**

Yükleme hızının betonun görünen dayanımı üzerinde önemli bir etkisi vardır. Yükleme hızı düşük olursa dayanım düşük olur ve sebebi de zamanla meydana gelen deformasyon artışıdır. Yükleme hızı yüksek olursa dayanım da artar [15,29]. Yükleme hızının düşük olması daha çok çatlak oluşumuna izin verir. Ayrıca daha büyük kusurlar oluşur ve daha küçük kırılma yükleri görülür. Diğer yandan yükleme hızının düşük olması sonucunda belirli yük altında zamanla deformasyon artması olarak adlandırılan sünme de artar. Deformasyon sınır değere ulaştığında kırılma meydana gelir [29]. Basınç dayanımı testinde yükleme hızı 1,4-3,5 kgf/cm<sup>2</sup>/saniye arasında seçilmelidir [39].

## 5. KONU İLE İLGİLİ ARAŞTIRMALARIN GÖZDEN GEÇİRİLMESİ

Standard test sonucu elde edilen basınç dayanımı “potansiyel basınç dayanımı” olarak adlandırılır [39]. Aynı zamanda potansiyel basınç dayanımı standard testler sonucu elde edilen beton kalitesi olarak da tanımlanabilir.

Potansiyel basınç dayanımı, 28-günlük standard küp dayanımıdır [40]. Yapıdaki beton basınç dayanımı ise “hakiki basınç dayanımı” olarak adlandırılmaktadır. Beton bileşen oranlarındaki farklılıklar, üretimde ilave su kullanımı, yapıdaki taze betonun üst kısımlarının terleme nedeniyle daha gözenekli olması, sıkıştırma farklılıkları ve kür farklılıklarından dolayı potansiyel basınç dayanımı ile hakiki basınç dayanımı arasında farklılıklar vardır [39]. Bu yüzden potansiyel basınç dayanımı yerinde basınç dayanımını temsil etmez.

Düşük basınç dayanımına sahip betonlarda küçük yüklemelerde çatlama ve dökülme meydana gelir. Bunun sebebi kesme kuvveti etkisidir. Watkins ve McNicholl [12] tarafından 1990 yılında yapılan bir araştırmada düşük dayanımlı beton ile normal dayanımlı betonların karakteristik özellikleri belirlenmiştir. Düşük dayanımlı beton ile normal dayanımlı betonların karakteristik özellikleri arasındaki farklar Çizelge 5.1’de görülmektedir.

**Çizelge 5.1.** Düşük dayanımlı beton ile normal dayanımlı betonların karakteristik özellikleri arasındaki farklar [12]

Özellikler	Düşük dayanımlı beton	Normal dayanımlı beton
Ortalama dayanım	7-22 N/mm <sup>2</sup>	25-50 N/mm <sup>2</sup>
Dağılım	Çarpık dağılım	Log-normal, normal
Standart sapma	3-5 N/mm <sup>2</sup>	3-5 N/mm <sup>2</sup>
Değişkenlik katsayısı	% 25-45	< % 15
Karakteristik dayanım	2,5-15 N/mm <sup>2</sup>	20-40 N/mm <sup>2</sup>
Hamur	Ufalanabilir görünüm	Sağlam görümlü, sert

## 5.1. Standard Test Yöntemleri

Potansiyel basınç dayanımının belirlenmesinde kullanılan standard test yöntemleri küp ve silindir testleridir.

### 5.1.1. Küp testi

Küp testi Büyük Britanya, Almanya ve diğer çoğu Avrupa ülkesinde basınç testi olarak uygulanan test yöntemidir. Küp testinde numuneler 150 mm ebadında çelik veya dökme demir kalıplara dökülür. Dökümden önce beton ile kalıp arasında bağı engellemek için küp numune kalıp iç yüzeylerinin hafifçe yağlanması gereklidir. BS 1881: Kısım 3 İngiliz Standardı'na göre 150 mm ebadında küp numune üç katmanda doldurulmalıdır. Her katman 35 defa şişlenmelidir veya vibrasyon yöntemiyle her katmanda sıkıştırma yapılmalıdır. Daha sonra küp numune yüzeyi düzlendikten sonra 18-22 °C sıcaklık ve bağıl nemi de % 90'dan az olmayan bir ortamda 24 saat bekletilmelidir. Bu periyod sonunda küp numune kalıbından çıkarılır ve 20±1 °C'de ve doymuş rutubette kür odasında veya kirece doymuş suda kür edilir. Küp numuneleri istediğimiz yönde test edebilme olanağı olduğundan başlıklama yapmaya gerek yoktur. Yükleme hızı 0,25 MPa/s olarak seçilmelidir [15,29,42,43]. Yapıda beton yetersiz sıkıştırma, segregasyon veya olumsuz kür koşullarına maruz kalabilir. Bu yüzden küp numuneler yapıdaki var olan duruma yakın bir şekilde kür edilir. Standard küpler genellikle 28 gün sonra test edilir. Ayrıca ilaveten 3 ve 7 günlük testler de yapılabilir [15].

Küp numune kalıplarının TS EN 12390-1 Türk Standardı'na uygun olması gerekmektedir [44]. Küp numune kalıp boyutları deney yönteminde istenilen ölçülere uygun olmalıdır. Küp kalıplarda kalıbın tabanı ve kenarlarının tamamen düzgün olması gerekir. 150 mm ebadındaki küp kalıplarda kenar uzunluğundaki maksimum tolerans ±1,5 mm, kenar uzunluğu 150 mm'den daha büyük kalıplarda ise maksimum tolerans ±3,5 mm olmalıdır. TS EN 12350-1, TS EN 12390-1 ve TS EN 12390-2 Türk Standardları'na göre her yaş için en az 3 adet küp numunesi alınmalı, deney numunelerinin bakımı yapılmalı ve test edilmelidir [44-46].

### 5.1.2. Silindir testi

Silindir testinde numuneler 150x300 mm ebadında çelik veya dökme demir kalıplara dökülür [15]. Kuzey Amerika’da, Avrupa’nın çoğu ülkesinde ve dünyada diğer ülkelerin çoğunda silindir numune basınç dayanımı testinde kullanılmaktadır. Basınç dayanımı testinde 150 mm çapında ve 300 mm yüksekliğinde silindir numuneler kullanılır [13,15].

Silindir numune kalıpları TS EN 12390-1 Türk Standardı’na uygun olmalıdır [44]. Silindir numune kalıp boyutları deney yönteminde istenilen ölçülere uygun olmalıdır. Silindir kalıplarda silindirin üst yüzeyi ve tabanı ile silindirin eksenini arasındaki açı  $90^{\circ} \pm 0.5^{\circ}$  olmalıdır [47]. TS EN 12350-1, TS EN 12390-1 ve TS EN 12390-2 Türk Standardları’na göre her yaş için en az 3 adet silindir numunesi alınmalı, deney numunelerinin bakımı yapılmalı ve test edilmelidir [44-46].

Standard silindir numune boyutları maksimum agrega tane boyutu 40 mm’ye kadar olan agrega kullanılan beton için 150x300 mm’dir [35]. Betonun silindir kalıbın iç yüzeylerine yapışmasını önlemek için kalıbın iç yüzeyi hafifçe yağlanır. Silindir numuneleri sıkıştırma işleminde şişleme yapılacaksa üç katmanda, vibratör kullanılacaksa iki katmanda sıkıştırma gerçekleştirilmelidir. Bu sayede beton içerisinde hapsolmuş hava boşlukları ortadan kalkar [15,47]. Daha sonra silindir numune yüzeyi düzlendikten sonra 18-22 °C sıcaklık ve bağıl nemi de % 90’dan az olmayan bir ortamda 24 saat bekletilmelidir. Bu periyod sonunda silindir numune kalıbından çıkarılır ve  $20 \pm 1$  °C’de ve doymun rutubette kür odasında veya kirece doymun suda test yaşına kadar kür edilir. Sudan çıkarıldıktan sonra silindir numuneye başlık yapılması gerekir. Çünkü silindir numunenin üst yüzeyi düzgün değildir [15]. Basınç dayanımı testi sırasında silindir numunenin üst yüzü test cihazının üst tablası ile temas eder. Silindir numunenin üst yüzünün düzgün olmamasından dolayı yükleme esnasında gerilme konsantrasyonları oluşur ve beton dayanımı önemli oranda azalır. Bu dayanım kaybindan kaçınmak için numune uç yüzeylerinin düz ve pürüzsüz olması gerekir. Bundan dolayı silindir numunenin alt ve üst yüzlerine başlık yapılması gerekir. Başlık kalınlığı 1,5-3 mm arasında olmalıdır. Başlık malzemesinin dayanımı

beton dayanımından düşük olmamalıdır. Başlık malzemesi olarak alüminli çimento, Portland çimentosu ve alüminli çimento karışımı, erimiş sülfür karışımı kullanılabilir [15]. Yükleme hızı 0,25 MPa/s olarak seçilmelidir [15,29,43]. Standard silindirler genellikle 28 gün sonra test edilir. Ayrıca ilaveten 3 ve 7 günlük testler de yapılabilir [15].

## **5.2. Karot Testi**

Yapıdaki betonun basınç dayanımının belirlenebilmesi için kullanılan en uygun yöntem karot testidir. Bu testte betondan kesilerek silindir numuneler çıkartılır ve basınç testine tabi tutulur. Silindir şekilli numunelere “karot” adı verilmektedir.

### **5.2.1. Karot alma ve test etme nedenleri**

Yapıların tasarım hesabında kullanılan beton basınç dayanımı, standard test yöntemine göre elde edilen basınç dayanımıdır. Standard test sonucu elde edilen basınç dayanımı “potansiyel basınç dayanımı” olarak adlandırılır. Yapıdaki beton basınç dayanımı ise “hakiki basınç dayanımı” olarak adlandırılmaktadır. Beton bileşen oranlarındaki farklılıklar, üretimde ilave su kullanımı, yapıdaki taze betonun üst kısımlarının terleme nedeniyle daha gözenekli olması, sıkıştırma farklılıkları ve kür farklılıklarından dolayı potansiyel basınç dayanımı ile hakiki basınç dayanımı arasında farklılıklar vardır [39]. Potansiyel basınç dayanımı yerinde beton dayanımını temsil etmez. Bundan dolayı sertleşmiş betondan kesilerek alınan karotların basınç testinin yapılması dayanım belirlemesi için en iyi yöntemdir [48]. Yapıdaki betonun basınç dayanımının belirlenebilmesi için uygulanan bu yöntemde betondan kesilerek çıkartılan silindir numuneler basınç testine tabi tutulur. Silindir şekilli numunelere “karot” adı verilmektedir [39]. Ayrıca, ASTM C 42 ve BS 1881: Kısım 4 Standardlarına göre yapıda basınç dayanımı tayini en yaygın yönteminin karot alma olduğu belirtilmiştir [6,7,26,29].

Eğer standard test sonucu elde edilen basınç dayanımı tasarım hesabında kullanılan basınç dayanımından az olursa bunun sebebi iki şekilde açıklanabilir;

ya yapıdaki betonun dayanımı da istenilen dayanım değerinden düşüktür ya da yapıdaki betonun dayanımı yeterlidir ancak standard test sonuçları hatalıdır. Eğer numuneler standarda uygun olarak alınmamışsa, kütleme işlemi uygun olarak yapılmamışsa ve test presinin kalibrasyonu yapılmamışsa standard test sonuçları hatalı çıkar. Yapıda yerinde beton basınç dayanımını belirlemek ve yerinde beton basınç dayanımı ile standard test sonucu elde edilen basınç dayanımını karşılaştırmak için karot numunelerde basınç dayanımı testi yapılır. Yapıdaki betonun yerleştirilme, sıkıştırılma ve kür işlemlerinin gerçekleştirilip gerçekleştirilmediği konusunda şüphe varsa beton kalitesinin belirlenmesi için karot numunelerde basınç dayanımı testi gerçekleştirilir. Karot numunelerde basınç dayanımı testi yapılması sonucu yapıdaki beton kalitesi belirlenebilir. Karot numuneler, yapıdaki betonun diğer özelliklerine de (agrega tane büyüklüğü, agrega tane şekli, agrega gradasyonu, karbonatlaşma, korozyon vb.) yön tutar [39].

Son yirmi yıldır, İngiltere’de karot alma ve test etme üç dokümana göre yürütülmüştür. Bunlar; Beton Birliği Teknik Raporu No.11 (1976), İngiliz Standardı BS 1881: Kısım 120: 1983 ve BS 6089: 1981 İngiliz Standardı’dır. BS 6089: 1981 Standardı yapılarda beton dayanımının tayini standardıdır. Amerika’da ise ASTM C 42 standardı kullanılır [6-8,40,49,50].

2000 yılında BS 1881-120: 1983 İngiliz Standardı’nın yerine BS EN 12504-1: 2000 İngiliz Standardı basılmıştır. Ayrıca prEN 13791-Yapılarda veya taşıyıcı elemanlarda beton basınç dayanımı belirlenmesi standardı da basılmıştır. BS EN 12504-1: 2000 standardı “Yapılarda beton testi-Kısım 1: Karot numuneler-karot alma, basınç testi gerçekleştirme” olarak adlandırılmıştır [8,9,40].

Newman ve Choo [40] dayanım testi için karot alma nedenlerinin sırasıyla standart test sonuçlarına göre elde edilen beton kalitesi tayini (potansiyel dayanım), yapıda beton kalitesi (yerinde dayanım), yapının yük taşıma kapasitesi, yapıdaki bozulmaları (aşırı yükleme, yorulma, kimyasal reaksiyon, yangın veya patlama) belirleme olduğunu belirtmiştir. Karot alınma sonrası oluşacak boşluk epoksi reçinesi gibi tiksotropik bir malzeme ile doldurulmalıdır [40].

### 5.2.2. Karot boyutu, sayısı, konumu, alma ve test etme prosedürü

Karot alma işlemi, beton kalitesini belirlemede kullanılan en yaygın yöntemdir [51]. Karot alma, test etme ve sonuçların yorumlanması hususunda İngiltere’de kullanılan standard BS 1881: Kısım 120 standardıdır [8]. Amerika’da ise ASTM C 42 ve ACI 318 standartları kullanılmaktadır [6,7,24]. İngiliz ve Amerikan standartları karotun çapının maksimum agrega tane boyutunun 3 katından fazla olması gerektiğini belirtir. BS 1881: Kısım 120 İngiliz Standardı’nda 150 mm çapında karot numunenin alınması gerektiği belirtilmiştir. Minimum karot çapı ise 100 mm olarak verilmiştir [8]. Avustralya’da ise 75 mm çapında karot alınmasına izin verilmiştir. Genelde agrega tane boyutu/karot çapı arttıkça doğruluk azalır ve maksimum agrega tane boyutu 25 mm’yi aştığında 100 mm çapında karotların alınmaması gerektiği belirtilmiştir. 75 mm çapında karotlar alındığında maksimum agrega tane boyutunun 20 mm’den az olması gerektiği belirtilmiştir. Bazı durumlarda küçük çaplı karotların alınması gerekir. Bu durum özellikle küçük boyutlu taşıyıcı elemanlar için geçerlidir. Küçük karotlarda sonuçların değerlendirilmesi oldukça karmaşıktır [48]. 100 mm çapında ve boyunda bir karot, 100 mm ebatlı küp numune ile ilişkilendirilir. Karot çapı arttıkça ilişki iyi olur. Beton Birliği Teknik Raporu No. 11, 150 mm çaplı karotların kullanılmasını önermektedir. Karot numunede kesilmiş donatı olmaması gerekmektedir [39,40,49]. BS EN 12504-1: 2000 İngiliz Standardı’na göre maksimum agrega tane boyutu 25 mm veya daha az olan agrega kullanıldığında karot çapının 100 mm olması gerektiği belirtilmiştir. Sonuçların farklılığını azaltmak için karot çapı/maksimum agrega tane boyutu oranı minimum 3 olmalıdır. Donatı eğer sıkısa, 20 mm veya daha az maksimum agrega tane boyutu olan agrega kullanılırsa 75 mm çapında karot numune başarılı bir şekilde alınabilir [9,39]. Karot alınacak betonun en az 14 günlük bir beton olması tavsiye edilir [39].

Yapıda alınacak karot sayısı artarsa sonuçların doğruluğu da artar. Beton Birliği Teknik Raporu No. 11’de yerinde dayanım tayininde hata miktarı % 95 güven derecesinde ortalama karot dayanımının yüzdesi olarak belirlenmiştir. Bu ilişki (5.1)’de verilmiştir [12,40,49].

$$\text{Hata miktarı (\%)} = \pm \frac{12}{\sqrt{n}} * (\text{hesaplanan ortalama karot dayanımı}) \quad (5.1)$$

n: karot sayısı

Karot sayısının artması ile hata miktarı yüzdesinin azaldığı (5.1)'den açıkça görülmektedir [12]. ACI 318 Amerikan Standardı'na göre en az üç karot alınması gerektiği belirtilmiştir [24,48]. prEN 13791 Standardı'nda yapıda bir bölgeden 100 mm çapında en az 9 karot alınması gerektiği belirtilmiştir. Bir taşıyıcı elemandan en az 3 karot alınması gerektiği belirtilmiştir. 50 mm çapında karot alındığında ise bu sayıların 3 ile çarpılması gerektiği belirtilmiştir [40]. Bungey ve Millard [48] karot testinde standard karotlar kullanılması halinde en az 3 adet karot numune alınması, küçük karotlar kullanılması halinde ise en az 9 karot numune alınması gerektiğini belirtmiştir.

Uygun karot alma noktaları test amacına bağlıdır. Eğer aşırı yükleme, yorulma, kimyasal reaksiyon, yangın veya patlama etkisini belirlemek için karot alınacaksa, karot alınacak alanda beton tabancası veya ultrasonik cihaz ile hasarsız test gerçekleştirilmelidir. Konum belirlemeden önce, demir tarama cihazı ile tarama yapılarak karot alınacak bölge belirlenmelidir [40]. Yapıda taşıyıcı elemandan çatlamış kısımdan karot alınmamalıdır. Eğer alınan karot numunede çatlama meydana gelmişse ve düzgün karot numune alınamamışsa bu karotlar üzerinde basınç testi yapılmamalıdır [39]. Karot boyutu, donatı çapı ve donatı aralığına bağlıdır. İngiltere'de karot numunelerin doygun olarak test edilmesi önerilir [40].

Tipik olarak, 100 mm çapında ve 300 mm boyunda bir karot numunesi almak için karot alma makinesi 10 litre su harcar. Karot numune alındıktan sonra numara verilir ve torbaya konur. Karot numuneler laboratuara taşınırken kutularda taşınmalıdır [51].

Basınç dayanımı testine tabi tutulacak karot numunelerin suya doygun durumda olması gerekir. ASTM C42 Amerikan Standardı'na göre basınç dayanımı testi öncesinde karot numuneler en az 40 saat  $23 \pm 1,7$  °C suda tutulmalıdır [6,7]. BS 1881 İngiliz Standardı'na göre ise karot numuneler, basınç dayanımı testi öncesinde en az 48 saat su içinde bekletilmelidir [8,9]. ACI 301 ve ACI 318 Amerikan Standardları'nda eğer yapıdaki beton servis ömrü boyunca

kuru ortama maruz ise karot numunelerinin de kuru durumda basınç dayanımı testine tabi tutulması gerektiği belirtilmiştir. Bunun için de karot numunelerinin basınç dayanımı testinden önce 7 gün 16–27 °C ve göreceli nemi % 60 olan açık ortamda bekletilmesi gerektiği belirtilmiştir. Basınç dayanımı testinde yükleme hızı 1,4-3,5 kg/cm<sup>2</sup>/saniye aralığında seçilmelidir [24,39,52].

### **5.3. Karot Basınç Dayanımını Etkileyen Faktörler**

Karot basınç dayanımı karot çapı ve boy/çap oranı farklılığı, karot alma yönü farklılığı, örselenme ve karotta donatı varlığından etkilenmektedir.

#### **5.3.1. Karot çapının etkisi**

Karot çapı arttıkça beton dayanımı genelde azalır. 100 mm çap üstünde bu etki düşüktür. Fakat 100 mm'den küçük çaplarda bu etkinin önemi artar. Çap azalır, kesilmiş yüzey/hacim oranı artar ve dayanım azalma olasılığı artar [48,53]. Karot almanın dayanım üzerindeki potansiyel etkisi küçük karotlarda daha etkindir [53]. Daha eski bir Türk standardı olan TS 10465, karot çapı, maksimum agrega boyutundan üç kat daha büyük olursa 100 mm ve 150 mm çaplı karotların dayanımları arasında farklılık olmayacağını belirtir [10].

Test numunesinin boyutları küçüldükçe sonuçlardaki farklılıklar da artar. Henzel ve Freitag'in 1969 yılında ve Poijarvi ve Syrjala'nında 1969 yılında yaptığı çalışmalarda bu doğrulanmıştır. Henzel ve Freitag [54] yaptığı çalışmada lineer bir bağıntı elde etmiştir. 5 cm çaplı silindir karotların dayanımlarındaki farklılığın 15 cm çaplı karotların dayanımlarındaki farklılıktan 2 kat daha fazla olduğunu belirlemiştir. Karot çapındaki değişime göre ortalama değer ve standard sapma arasındaki bağıntı Çizelge 5.2'de verilmiştir.

**Çizelge 5.2.** Ortalama değer ( $\beta$ ) ve standard sapma (s) arasındaki bağıntı [54]

Karot çapı (cm)	Maksimum agreg a boyutu (30 mm)	Maksimum agreg a boyutu (7 mm)
15	$s= 10,9+0,15\beta$	$s= 3,2+0,052\beta$
10	$s= 8,3+0,053\beta$	$s= 3,1+0,060\beta$
5	$s= 12,6+0,073\beta$	$s= 6,1+0,083\beta$

Petersons'un [54] 1967 yılında yaptığı çalışmada da karot çapı azaldıkça karotun dayanımındaki farklılığın arttığı gözlenmiştir. Ayrıca karot çapının maksimum agreg a boyutuna oranının 3'den küçük olması halinde de test sonuçlarındaki farklılık artmıştır.

Bungey [40,48] 1979 yılında yaptığı bir çalışmada 50 mm çaplı karot numuneler almış ve test etmiştir. Karot çapı azaldıkça sonuçların farklılığı artmış ve elde edilen dayanım değerleri azalmıştır. Sonuçların farklılığını azaltmak için daha çok sayıda karot numune alınmalıdır. Neville [40,48] 1995 yılında yaptığı bir çalışmada 50 mm çapında alınacak karot sayısının 100 mm çapında alınacak karot sayısının 3 katından fazla olması gerektiğini belirtmiştir. Bowman [40,48] 1980 yılında yaptığı bir çalışmada bir yapıdan 50 mm çapında karot numuneler almış ve dayanım sonuçlarının değişkenlik katsayısını % 28,9 olarak belirlemiştir. Aynı zamanda 150 mm çapında karotlar almış ve 150 mm çapındaki karot numunelerinin basınç dayanım sonuçlarının değişkenlik katsayısını % 19,5 olarak belirlemiştir. Swamy ve Al-Hamed [48] yaptığı bir çalışmada dayanımın artmasıyla sonuçların farklılığının azaldığını gözlemlemişlerdir.

Yip ve Tam [2,55] araştırmasında maksimum agreg a boyutu 20 mm olan agreg a ile üretilen ve dayanımları 20 ve 60 N/mm<sup>2</sup> arasında olan prizma ve küp betonlardan alınan 50 mm ve 100 mm çaplı karotları kullanmıştır. 50 mm çaplı karotların basınç dayanımı, 100 mm çaplı karotların dayanımı ve kontrol küplerinin dayanımı ile kıyaslanmıştır. Çap, boy/çap (l/d) oranı, karot alma yönü, kür koşulları, beton yaşı ve karot numunelerinin alındığı pozisyon gibi faktörlerin karotların dayanımı üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Sonuçlar literatürdeki geçerli verilerle karşılaştırılmıştır. Aynı koşullar altında bulunan ve aynı agreg a gradasyonunda olan betonlar için 50 mm çaplı karotların dayanımının 100 mm çaplı karotların dayanımından önemli oranda farklılık göstermediği görülmüştür.

Hem 50 mm hem de 100 mm çaplı karotların dayanımı üzerinde boy/çap (l/d) oranının etkisi diğer araştırmacılar tarafından bulunan etkiye benzer olmuştur. Düzeltme faktörleri BS 1881'den ziyade ASTM Standardlarındaki düzeltme faktörlerine yakın çıkmıştır. Küçük çaplı karotların test edilmesinde çok sayıda karotun kullanılmasının sonuçların değişkenliğini azaltacağını belirtmişlerdir. Tipik olarak 5 adet 50 mm çaplı karotların dayanımındaki değişkenlik 3 adet 100 mm çaplı karotların dayanımındaki değişkenliğe çok benzer bulunmuştur. Buradan da sertleşmiş betonun yerinde dayanımının tayini için 50 mm çaplı karotların kullanımının uygun olacağını belirtmişlerdir.

Karot çapının ortalama basınç dayanımı üzerindeki etkisini belirlemek için Goncalves [56] tarafından beton dayanımının yerinde belirlenmesi üzerinde geniş bir araştırma gerçekleştirilmiştir. Testler 140 mm, 110 mm, 90 mm ve 50 mm çaplı karotlarla yürütülmüştür. 28 günlük dayanım sonuçları göstermiştir ki beton dayanımındaki değişkenlik maksimum agrega boyutunun artmasıyla yükselmiştir. Karot çapının azalmasıyla yine beton dayanımındaki değişkenlik artmıştır. Ancak, karotların ortalama basınç dayanımları küplerin ortalama basınç dayanımlarına yakın bulunmuştur ve karot çapından etkilenmemiştir. 90 mm ve 50 mm çaplı karotların basınç dayanımı en azından 30 Mpa dayanım düzeyinde ve maksimum agrega boyutu 25,4 mm olan 200 mm küplerin basınç dayanımına eşit olmuştur. 1987 yılında karot testi ile ilgili Beton Birliğinin No. 11 raporunda 50 ve 75 mm çaplı karotların kullanımının geçerli olduğu belirtilmektedir [1,49].

Bungey'in [53] gerçekleştirdiği çalışmada 44 mm çaplı karotlar kullanılmıştır ve betonun basınç dayanımı üzerinde numune boyutu, agrega boyutu, boy/çap (l/d) oranı etkisi incelenmiştir. Büyük karotlar için de karot dayanımı ile küp dayanımı arasında ilişkiler kıyaslanmıştır. Karot dayanımının hem numune boyutu hem de agrega boyutu tarafından etkilendiği belirlenmiştir. Boy/çap (l/d) oranının etkisinin Beton Birliği'nin raporundaki değerler ile çok yakın olduğu belirlenmiştir. Küçük karotların birçok faktöre göre duyarlılık analizi yapıldığında sonuçların farklılığının yüksek olduğu görülmüştür.

Ruijie [57] yaptığı çalışmada küçük çaplı karotlar için özel bir basınç mekanizması geliştirmiştir. Çalışmada 55 mm çapında 600 adet karot alınmış ve

test edilmiştir. K p dayanımı ve çap-basınç arasında basit bir lineer ilişki gözlemlenmiştir.

Lewis [58] tarafından yürütülen araştırma Avustralya standartlarında izin verildiği gibi 75 mm çaplı karotların kullanımını uygun kılmıştır. Lewis bazı durumlarda k ek karotlar kullanılması ihtiyacının olduğunu belirtmiŐ ve karot çapının agrega boyutuna oranının önemini vurgulamıştır.

Bartlett ve MacGregor [59] aynı zamanda karotların basınç dayanımı üzerinde karot çapının etkisini araŐtırmak için diğer araştırmacılar tarafından bulunan karot dayanım sonuçlarını analiz etmiŐlerdir. Yaptıkları istatistiksel analizlerden 50 mm çaplı karotun dayanımının 100 mm çaplı karotun dayanımının % 94'  olduğunu ve 150 mm çaplı karotun dayanımının % 92'si olduğunu bulmuşlardır. K ek çaplı karotlardaki büyük farklılık karot alınan elemandaki yerinde beton dayanımının farklılığının yüksek olmasından kaynaklanır.

### **5.3.2. Karot boy/çap oranının etkisi**

Karot narinliği olarak tanımlanan boy/çap oranı basınç dayanımını önemli derecede etkiler [12]. Karot boy/çap oranı arttıkça, dayanım azalır [48]. Boy/ap oranı 2 olacak Şekilde karot numune alınmasına  zen gösterilmelidir. Ancak, beton elemanın derinliği boy/çap oranı 2 olacak Şekilde karot numune alınmasına uygun olmayabilir. Boy/ap oranı 1'den az olan karot numuneler, basınç dayanımı testinde kullanılmamalıdır [39]. Karot boy/çap oranı  $\lambda$  olarak tanımlanırsa  $1 \leq \lambda \leq 2$  olmalıdır. Karot boy/çap oranı 1'den k ek olan numuneler basınç dayanımı testinde kullanılmamalıdır [12,48]. Beton Birliği ve BS 1881: Kısım 120 Standartlarında ise karot boy/çap oranının (l/d) 1-1,2 arasında olması istenmektedir [8,39,48,49]. Boy/ap oranı 2'den yüksek olduğunda narinlik etkisi ihmal edilebilir [12].

Karot numunelerde boy/çap oranı 2'den 1'e düŐtükçe, basınç dayanımı da artmaktadır. ASTM C 42-90 Amerikan Standardı'nda boy/çap oranı 1 ve 2 arası değerler için düzeltme faktörleri verilmiştir. Elde edilen karot basınç dayanımı değeri düzeltme faktörü ile çarpılarak boy/çap oranı 2'ye eşdeğer basınç dayanımı

hesaplanabilir. ASTM C 42-90 Amerikan Standardı'na göre farklı boy/çap oranlarına ait düzeltme faktörleri Çizelge 5.3'de verilmiştir [7,39].

**Çizelge 5.3.** ASTM C 42-90 Amerikan Standardı'na göre farklı boy/çap oranlarına ait düzeltme faktörleri [7,39]

Boy/çap oranı	Düzeltilme faktörü
2,00	1,00
1,75	0,98
1,50	0,96
1,25	0,93
1,00	0,87

Boy/çap oranı 1 ve 2 arasında olmak üzere Çizelge 5.4'de verilen boy/çap oranlarından farklı boy/çap oranları için düzeltme faktörleri ise enterpolasyonla bulunabilir. Boy/çap oranı 1 olan karot numunelerin basınç dayanımının 15 cm boyutlu küp numunelerin basınç dayanımı ile karşılaştırılması gerektiği belirtilmiştir [7,39].

Meininger ve ark. [41] tarafından iki farklı laboratuarda gerçekleştirilen araştırmada 102 mm çapında boy/çap oranları 1, 1,25, 1,5, 1,75 ve 2 olan karotlar alınmış ve test edilmiştir. Karotlar 6 adet yapısal boyutlu elemanlardan alınmıştır. Üç farklı başlıklama yöntemi kullanılmıştır. Boy/çap oranı 2'den az olan karotların dayanımının, boy/çap oranı 2 olan karotların dayanımına göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Bartlett ve MacGregor [60] tarafından yapılan araştırmada ise dayanımları 14 ve 97 MPa arasındaki betonlardan üretilen 10 farklı elemandan alınan 102 mm çaplı 758 adet karot numunesi üzerinde dayanım testleri yapılmıştır. Dayanım düzeltme faktörleri l/d oranı 1-2 arasında olan bir karotun dayanımını l/d oranı 2 olan eşdeğer standard numune dayanımına çevirmek için kullanılır. 1927'den 1990'a kadar ASTM Standardlarında önerilen düzeltme faktörleri Çizelge 5.4'de görülmektedir.

**Çizelge 5.4.** ASTM C42'nin önerdiği boy/çap oranı dayanım düzeltme faktörleri [60]

ASTM C42	Numune boy/çap oranı, l/d			
	1	1,25	1,5	1,75
C42-27	0,85	0,94	0,95	0,98
C42-49	0,85	0,94	0,96	0,98
C42-61	0,89	0,94	0,96	0,98
C42-68	0,91	0,94	0,97	0,99
C42-77 ve C42-90	0,87	0,93	0,96	0,98

Beton basınç test numunelerinin boy/çap oranı kırılma yükünü etkileyen bir faktördür. Kısa numuneler daha yüksek yüklerde kırılır çünkü test cihazının çelik yükleme başlıkları yanal genişlemeyi engeller. Boy/çap oranı 2 olan standard numunede uç etkisi ihmal edilir. Beton dayanımı arttıkça daha düşük düzeltmeler gerekir (1'e yakın düzeltme faktörleri) [60].

Düşük boy/çap (l/d) oranları için düzeltme faktörlerinin belirlenmesinde beton dayanımı oldukça önemlidir. Düşük dayanımlı betonlarda yüksek dayanımlı betonlara oranla daha çok düzeltmeye ihtiyaç vardır. Ancak, düşük boy/çap oranlarında küçük çaplı numunelerde standard çaplı numunelere göre büyük düzeltmeler yapılması gerekir. Boy/çap (l/d) oranı azaldıkça, standard silindirlerin dayanımına çevrim için daha yüksek düzeltmeler yapılmalıdır. Düşük dayanımlı betonlarda yüksek dayanımlı betonlara göre daha yüksek düzeltmeye ihtiyaç vardır [61].

Karot dayanım sonuçlarının değerlendirilmesinde karotların çapı için verilen düzeltme faktörlerinin önemi büyüktür [62]. Bartlett ve MacGregor [60] beton karotlar için boy/çap (l/d) oranı düzeltme faktörlerinin belirlenmesi için geniş bir araştırma yürütmüştür. Dayanımları 13,80 ve 96,5 Mpa arasında olan 10 farklı beton elemandan alınan 100 mm çaplı karot numunelerin dayanımlarından elde edilen sonuçlarla boy/çap (l/d) oranı 1 ve 2 arasında olan bir karotun dayanımını boy/çap (l/d) oranı 2 olan bir eşdeğer standard numunenin dayanımına çevirmek için dayanım düzeltme faktörleri belirlenmiştir. Yüksek dayanımlı beton için dayanım düzeltme faktörleri önemli oranda azalmıştır. Beton dayanımı arttıkça 1'e yakın olan düzeltme faktörleri uygun olmuştur. Sonuçlar hava kurusu karotlar için ASTM C42'deki dayanım düzeltme faktörlerine yakındır. Boy/çap

(l/d) oranı 2 olan standart karotların dayanımındaki değişkenlik katsayısı ile boy/çap (l/d) oranı 1 olan standard karotların dayanımındaki değişkenlik katsayısı arasında herhangi bir farklılık olmamıştır. Bulunan düzeltme faktörleri ile literatürdeki düzeltme faktörleri Çizelge 5.5’de görölmektedir [2,6,7].

**Çizelge 5.5.** Basınç dayanımı düzeltme faktörleri [2,6,7]

Yöntem	L/D=1		L/D=1,25		L/D=1,5		L/D=1,75		L/D=2,00	
	Ort.	V, %	Ort.	V, %	Ort.	V, %	Ort.	V, %	Ort.	V, %
Bulunan	1,00	3,2	1,02	2,8	1,00	2,50	1,00	1,5	1,00	2,6
Chung (89)	1,07	3,9	1,02	2,8	1,00	2,30	1,00	1,5	1,04	4,4
Chung (79)	1,08	3,7	1,04	2,8	1,02	2,30	1,01	1,4	1,04	3,9
Beton Birliği	1,12	3,8	1,08	2,8	1,05	2,30	1,03	1,4	1,08	4,4
ASTM C42-68	0,99	3,4	1,00	2,8	1,00	2,40	1,01	1,5	1,00	2,9
ASTM C42-77	1,03	3,4	1,01	2,8	1,02	2,40	1,02	1,5	1,02	2,9

Chung [2] beton karotların basınç dayanımı üzerinde boy/çap (l/d) oranının etkisini araştırmış ve bulduğu sonuçları ASTM C42-77, BS:1881 ve Beton Birliğinin test verileri ile karşılaştırmıştır. Araştırmacı (5.2)’de gösterilen formülü önermiştir.

$$k = \frac{2}{1,5 + (1/\lambda)} \quad (5.2)$$

k: dayanım düzeltme faktörü,

$\lambda$ : beton karotun boy/çap (l/d) oranı

Chung [2] basınç testleri esnasında beton karotun alt ve üst yüzeylerinin basınç test presinin alt ve üst tablaları ile temas ettiğini ve bu durumun da karotun yanal genişmesini sınırladığını ve betonda üç eksenli bir gerilme durumu oluştuğunu belirtmiştir. Böylece boy/çap (l/d) oranı azaldığı zaman karotun basınç dayanımı artmıştır. Chung ASTM standardında verilen düzeltme faktörlerine benzer düzeltme faktörleri bulmuştur. Chung’ın bulmuş olduğu düzeltme faktörleri ve ASTM C42-77 ile BS:1881 Standardlarında verilen düzeltme faktörleri Çizelge 5.6’da gösterilmiştir.

**Çizelge 5.6.** Farklı boy/çap (l/d) oranları için dayanım düzeltme faktörleri [2]

Boy/çap (l/d) oranı	ASTM Standardı C42-77	İngiliz Standardı BS 1881	Bulunan düzeltme faktörü
1	0,87	0,92	0,83
1,25	0,93	0,94	0,90
1,5	0,96	0,96	0,95
1,75	0,98	0,98	0,99
2	1,00	1,00	1,00

Bartlett ve MacGregor [60] karotun boy/çap (l/d) oranının, 50 mm çaplı karotların dayanımını, 100 mm çaplı karotların dayanımından daha çok etkilediğini belirtmişlerdir. TS 10465 ise uzunluğu ile çapı aynı olan karotların kullanımını önermektedir. Boy/çap (l/d) oranı 1'den küçük olan karotların güvenilir sonuçlar vermeyeceğini belirtmektedir [10].

Sonuçların değerlendirilmesinde TS 10465, boy/çap (l/d) oranı 1 olan karotun dayanımının, 200 mm standart küp numunesinin dayanımına eşit olduğunu belirtmiştir. Bu standarda göre 100 mm ve 150 mm çaplı karotlar aynı şekilde değerlendirilmektedir [10]. TS EN 12504-1 ise karot dayanımı silindir veya küp dayanımına çevrilecekse, boy/çap (l/d) oranının 2 ve 1 olarak seçilmesi gerektiğini belirtmiştir. Burada küpün boyutu belirtilmemiştir. Karot alma operasyonunda karot makinesinin kestiği iri agregaların karotların dayanımını olumsuz etkileyebileceği belirtilmiştir. Küçük çaplı ve daha yüksek maksimum agrega boyutu içeren karotlarda bu olumsuz etkinin daha fazla olacağı vurgulanmıştır [11].

Arıöz ve ark. [1] yaptıkları çalışmada dört farklı maksimum boyutlu agrega kullanarak dört farklı beton üretmişlerdir. Standard testler ve karot testleri gerçekleştirmişlerdir. Maksimum agrega boyutu, çap ve karotların boy/çap (l/d) oranının etkisini incelemişlerdir. Beton üretiminde Normal Portland çimentosu ve maksimum agrega boyutu 10, 15, 22 ve 30 mm olan kırmataş agrega kullanılmıştır. 216 adet standard numune ve 530 adet karot numunesi test edilmiştir. Çalışmanın sonucunda 144 mm çaplı karotların basınç dayanımlarının 94 mm çaplı karotların basınç dayanımlarından daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Boy/çap (l/d) oranı 2 olan karotların dayanımlarının, küp numunelerden ziyade 150x300 mm silindir numunelerin dayanımlarına daha yakın olduğu boy/çap (l/d) oranı 1 olan karotların dayanımlarının ise 150 mm küp

numuneden ziyade 200 mm küp numunenin dayanımına daha yakın olduğu belirlenmiştir. Karot dayanımının maksimum agrega boyutu tarafından önemli oranda etkilendiği vurgulanmış erken yaşlarda bu etkinin daha belirgin olduğu gözlenmiştir. Karotların dayanımları ile standart numunelerin dayanımları arasındaki farklılıkların zamanla azaldığı belirlenmiştir. Boy/çap (l/d) oranı 0,75 olan karotların bazen boy/çap (l/d) oranı 1 olan karotlardan daha yüksek dayanımlara sahip olduğu görülmüş ancak düzeltme faktörleri ile karot dayanım sonuçlarının değerlendirilmesinde kullanılabileceği vurgulanmıştır.

### **5.3.3. Karot alma yönünün etkisi**

Karot dayanımı aynı zamanda karot alma yönüne de bağlıdır [29]. Düşey yönde alınan karotların basınç dayanımları, yatay yönde alınan karotların basınç dayanımlarından daha yüksektir [39,48]. Beton Birliği Teknik Raporu No. 11'e göre, düşey olarak alınan karotların basınç dayanımı, yatay olarak alınan karotların basınç dayanımından % 8 daha fazladır [40,49]. Ancak Petersons'un [54] 1970 yılında yaptığı çalışma sonucunda döküm yönüne dik ve paralel olarak alınan karotların dayanımları benzer çıkmıştır. Almanya'da yapılan başka bir araştırmada da benzer sonuçlar bulunmuştur. Petersons'un 1964 yılında yaptığı başka bir çalışmada ise farklılıklar gözlenmiştir. Döküm yönüne dik ve paralel olarak alınan karotların dayanım sonuçları karşılaştırılmıştır. Yatay yönde alınan karotun dayanımı düşey yönde alınan karotun dayanımından % 10 daha düşüktür. Kolonlarda ve duvarlarda karotlar sadece yatay yönde alınabilir. Ön gerilmeli beton kirişlerde ankraj bölgeleri en yoğun gerilmenin olduğu yerlerdir. Ancak, bu bölgelerden karot almak zordur. Bu bölgelerden karot alınması istenilmez çünkü gerilme dağılımı etkilenebilir. Yip ve Tam [55] tarafından 1988 yılında gerçekleştirilen bir araştırmada yatay olarak alınan karotların düşey olarak alınan karotlardan daha zayıf olduğu görülmüştür. 50 mm çaplı karotlarda bu zayıflığın % 8, 100 mm çaplı karotlarda ise % 4 olduğu belirlenmiştir.

#### 5.3.4. Örselenmenin etkisi

Karot çapı azaldıkça kesilmiş yüzey/hacim oranının artması ile örselenme de artar [48,57]. Karot almanın sebep olduğu örselenme eski betonlarda oldukça önemlidir. Karot içinde çatlaklar oluşur. Narin elemanlarda küçük çaplı karotların alınması gerekir. Ayrıca, küçük çaplı karotların sonuçların doğruluğunun artması için çok sayıda alınması gerekir [48].

#### 5.3.5. Karotta donatı varlığının etkisi

Newman ve Choo [40] karot numune eğer donatı içeriyorsa düzeltilmiş karot dayanımının karot ve donatı özelliklerine bağlı olduğunu belirtmiştir. Tek donatı durumu için düzeltilmiş dayanım (5.3)'de, çoklu donatı için ise (5.4)'de verilmiştir.

Tek donatı için;

$$\text{Düzeltilmiş dayanım} = \text{Karot dayanımı} * [1.0 + 1.5(\phi_r/\phi_c)*(h/l)] \quad (5.3)$$

$\phi_r$ : donatı çapı

$\phi_c$ : karot çapı

h: donatının karotun en yakın yüzüne olan uzaklığı

l: karot boyu

Çoklu donatı için;

$$\text{Düzeltilmiş dayanım} = \text{Karot dayanımı} * \left[ 1.0 + 1.5 \sum (\phi_r x h) / (\phi_c x l) \right] \quad (5.4)$$

Eğer iki donatı aralığı, donatı çapı büyük olanın çap değerinden azsa, sadece  $\phi_r x h$  değeri daha yüksek olan dikkate alınır [40].

## 5.4. Karot Basınç Dayanımı Testleri Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Karot basınç dayanımı test sonuçları potansiyel basınç dayanımına çevrilebilmektedir.

### 5.4.1. Karot basınç dayanımının potansiyel dayanıma çevrilmesi

Karot ortalama basınç dayanımını 15 cm boyutlu 28 günlük küp dayanımına çevirmek için gerekli bağıntı (5.5)'de verilmiştir [39]. Karot dayanımının potansiyel dayanıma çevrilmesi Çizelge 5.7'de gösterilmiştir [40].

$$\sigma_{küp} = \frac{D'}{1.5 + 1/\lambda} (\sigma_{karot}) \quad (5.5)$$

D: Yatay karot alma için 3,25

Düşey karot alma için 3,00

$\lambda$  : Boy/çap oranı

**Çizelge 5.7.** Karot dayanımının potansiyel dayanıma çevrilmesi [40]

Potansiyel dayanım belirleme
Yatay yön
Karot dayanımı*3,25/(1,5+1/ $\lambda$ )
Düşey yön
Karot dayanımı*3,00/(1,5+1/ $\lambda$ )
$\lambda$ : karot boy/çap oranı
Potansiyel dayanım
Karot dayanımı*donatı düzeltme faktörü

Karot sonucuna bağlı olarak eşdeğer küp dayanımı belirlenmesi iki faktöre bağlıdır. Birincisi boy/çap oranına bağlı olarak düzeltme faktörü bulunması ve buradan karot dayanımının eşdeğer standart silindir dayanımına çevrilmesidir. Diğeri ise eşdeğer standart silindir dayanımının eşdeğer küp dayanımına çevrilmesidir (boy/çap oranı 2 için). Küp dayanımı ile silindir dayanımı arasındaki bağıntı (5.6)'da verilmiştir [48].

$$\text{Küp dayanımı} = 1,25 * \text{silindir dayanımı} \quad (5.6)$$

#### 5.4.2. Karot basınç dayanımı testleri sonuçları ile ilgili araştırmaların gözden geçirilmesi

Monday ve Dhir [48] yaptığı çalışmada daha güvenilir bir dönüşüm bulmuşlardır. Bu dönüşüm (5.7)'de verilmiştir.

$$\text{Küp dayanımı} = A f_{cy} - B f_{cy}^2 \quad (5.7)$$

$f_{cy}$ : Boy/çap oranı 2 olan karot dayanımı

$$A = 1,5$$

$$B = 0,007$$

Bungey ve Millard'ın [48] gerçekleştirdiği çalışmada 44 mm çaplı karotlar test edilmiştir ve boy/çap oranı 2 olan karotlar için küp/düzeltilmiş karot dönüşüm faktörleri Çizelge 5.8'de verilmiştir.

**Çizelge 5.8.** 44 mm çaplı (boy/çap oranı=2) karotlar için küp/düzeltilmiş karot dönüşüm faktörleri [48]

Karot alma yönü	Maksimum agrega boyutu			
		10 mm	20 mm	Karışık
Düşey	100 mm küp dayanımına dönüşüm	1,05	1,25	1,15
	4 karot sonucuna göre küp dayanımı tahmininde % 95 güven aralığı	±% 17	±% 23	±% 23
Yatay	100 mm küp dayanımına dönüşüm	1,14	1,22	1,17
	4 karot sonucuna göre küp dayanımı tahmininde % 95 güven aralığı	±% 15	±% 17	±% 17

Eğer eşdeğer 150 mm küp dayanımı bulunmak istenirse Çizelge 5.9'daki değerlerin % 4 azaltılması gerektiği belirtilmiştir [48].

## **5.5. Mikrokarotların Kullanımı**

Standardlar basınç dayanımı testi için minimum 100 mm çaplı karot numune alınmasını önermesine rağmen, mikrokarot numunelerin alınmasının önemli avantajları vardır. Bunlar harcanan emeğin azalması, zaman tasarrufu ve yapıya olan zararın azalmasıdır [48,54].

### **5.5.1. Mikrokarot alma ve test etme nedenleri**

Numune boyutunda bir artış, daha ağır bir kullanım, daha az pratik aletler, yüksek maliyet ve yapıya daha çok zarara sebep olmaktadır. Küçük çapların seçimi ise maliyeti azaltmakta ve yapıya olan zararı minimuma indirmektedir. Daha az ve daha küçük aletlerle numuneler daha kolay çıkarılabilmektedir [5].

### **5.5.2. Mikrokarot basınç dayanımı test sonuçlarının farklılığı**

Küçük çaplı karotların dayanım sonuçlarının güvenilirliği normal numunelerin dayanım sonuçlarına göre daha azdır [48,57]. Numune boyutu azalırse beton dayanımı genellikle artar ve sonuçlardaki değişkenlik artar. Sonuçlardaki değişkenliğin artmasının sebebi çap azaldıkça kesilmiş yüzey/hacim oranının artması ve örselenmenin artmasıdır. Aynı zamanda agregata tane boyutu/karot çapı oranı da artar [48,57]. Agregata boyutu ile karot çapı arasındaki ilişki küçük karotlarda daha önemlidir çünkü agregata tanelerinin numune boyutuna göre büyük olduğu yerlerde kesme ile zayıflayan agregatanın etkisi artacaktır. Ayrıca, test numunesinin homojenliği büyük numuneye kıyasla azalacaktır [53]. Küçük karotlar için en yaygın çap 40-50 mm'dir [48]. Ancak, 28 mm çapında da mikrokarotlar da alınabilir [5,63].

### 5.5.3. Mikrokarot basınç dayanımı testleri sonuçları ile ilgili araştırmaların gözden geçirilmesi

Indelicato [5] yaptığı çalışmada farklı çaptaki karotları test etmiştir. Indelicato 28 mm çaplı karotların kullanıldığı yöntemi hasarsız test olarak nitelendirmektedir. Carino [3] ise yaptığı çalışmada bir yapının karakteristik dayanımının tayininin yerinde test işlemlerinde en kritik işlem olduğunu belirtmiştir. Carino küp gibi standart numuneler üzerinde ölçülen karakteristik dayanımın değerlendirmesinin yapılabilmesi için karot ve mikrokarotlar üzerinde yapılan test sonuçları, hasarsız test sonuçları ile küp testlerinin sonuçları arasında bir ilişkinin tanımlanması gerektiğini vurgulamaktadır.

Beton küp dayanımının belirlenmesi için Indelicato [63] yapılardan alınan 28 mm çaplı mikrokarotların dayanımı temel alınmiş hasarsız bir test yöntemi geliştirmiştir. Araştırmacı 480 adet mikrokarot ve 240 adet küp üzerinde uygulanan basınç testlerinden elde edilen verilerin istatistiksel analizinden hem küp hem de mikrokarot dayanımları için lineer bir korelasyon önermiştir. Ortalama küp dayanımı ve ortalama mikrokarot dayanımı arasındaki korelasyon katsayısı 0,89 olarak hesaplanmıştır. Ortalama küp dayanımı ve mikrokarot dayanımı arasındaki korelasyonun lineer olduğu belirlenmiştir. Araştırmanın sonucunda maksimum agrega boyutu 30 mm olan betonun küp dayanımının tayini için mikrokarotların hasarsız yöntem olarak kullanılabilceği sonucuna varılmıştır.

Indelicato'nun [5] gerçekleştirdiği diğer bir çalışmada ise 150 mm ebadında 240 adet küp numune, 28 mm çapında 480 adet mikrokarot, 45 mm çapında 390 adet küçük karot ve 70 mm çapında 160 adet karot üzerinde olmak üzere toplam 1270 adet basınç dayanımı testi yapılmıştır. Testler 16 farklı beton karışımını içermektedir.  $f_{ck}= 20$  MPa ile  $f_{ck}= 50$  MPa arasında değerren beton sınıfları kullanılmıştır. Tüm beton karışımları silisli dere agregası ile üretilmiş ancak, agrega farklı taş ocaklarından elde edilmiştir. 12 karışım için maksimum agrega boyutu 30 mm, diğer 4 karışım için ise maksimum agrega boyutu 25 mm seçilmiştir. Bazı beton karışımlarına akışkanlaştırıcı eklenmiştir. İlk olarak küp ve mikrokarot dayanımı arasında bağıntılar kurulmaya çalışılmıştır. Üretilen 30 adet

küp numunenin yarısı basınç dayanımı testi için diğer yarısı da mikrokarot testleri için kullanılmıştır. Diğer yarısında her küpten 150 mm uzunluğunda ve 28 mm çapında mikrokarotlar alınmıştır. Daha sonra her numuneden uzunluğu çapına eşit olan iki adet mikrokarot üretilmiş ve basınç dayanımı testi uygulanmıştır. İlk üç beton tipinde uygulanan testlerden sonra araştırmanın genişletilmesine ve daha büyük çaplı karotlar üzerinde çalışabilmek için küplerin sayısının artırılmasına karar verilmiştir. Böylece yeni üretilen betondan 45 mm çaplı 30 adet küçük karot elde etmek mümkün olmuştur. 28 mm çaplı numuneleri çıkarma ekipmanı mikrokarot çıkarma ünitesi, bir vakum pompası ve bir taşınabilir su rezervuarı (su kullanım alanında olmadığı zaman) içermektedir. Ekipmanın küçük boyutları ve ağırlığının düşük olması kullanımını uygun kılmıştır. 45 mm ve 70 mm çaplı numuneler farklı bir karot alma ünitesi ile alınmıştır. Karotlar ve mikrokarotlar, karot kesme makinesinde sulu kesme yöntemiyle kesilmiştir. Basınç testleri, küp ve karotlarda dökümden 90 gün sonra uygulanmıştır. Betondaki lokal farklılıkları minimuma indirmek için uzun bir kür periyodu seçilmiştir. Ayrıca, betonun yeterli derecede dayanımını kazandığı zaman numunelerin kesilmesi gerektiği belirtilmiştir. Bunun için de 90 günlük periyodun 28 günlük periyoddan daha uygun olacağı vurgulanmıştır. Çalışmanın sonucunda ortalama küp dayanım değerleri ile üç farklı çaplı karotlar üzerinde belirlenen ortalama dayanım değerleri arasında çok kuvvetli bir lineer korelasyonun olduğu belirlenmiştir. Numune çapının artmasıyla, küp ve karot ortalama dayanımları arasındaki ilişkinin daha belirgin olduğu görülmüştür. Numune çapının azalmasıyla numune boyunun artması ihtiyacını dikkate alarak 70, 45 ve 28 mm çaplı numunelerde ortalama küp dayanımının tahmininin yapılabileceği belirlenmiştir. Kullanılan yöntemlerin betonun küp dayanımını tahmin etmede yerinde testlerde de kullanılabileceği belirtilmiştir. Burada karot çapının seçiminin sonuçların doğruluğunda çok önemli olmadığı belirtilmiştir.

## **5.6. Yerinde (Hakiki) Beton Basınç Dayanımı Belirlenmesi**

Bir yapının ömrü boyunca periyodik olarak incelenmesi gereklidir. Kullanımdaki değişim, özel yükler, yapıya olan zarar gibi etkenler sonucu bu

inceleme gerekli olur. Yerinde beton dayanımları kontrol test silindirlerinden elde edilen dayanımlardan oldukça farklı olabilir. Bu da kür ve yerleştirmedeki farklılığa bağlanabilir. Beton zamanla dayanım kazanmaya devam eder ve olgun betonun dayanımı 28 günlük dayanımından çok daha yüksek olabilir [64].

Yapıda betonun dayanım düzeyi karot testlerinden veya küp testlerinden belirlenir. Dayanım düzeyi beton kalitesini belirlemede uygun bir faktördür. Çünkü dayanımın bilinmesi ile betonun diğer özellikleri hakkında fikir sahibi olunabilir. Betonun kalitesinin belirlenmesi için yapının tümünden yeterli sayıda karot almaya ihtiyaç duyulabilir. Ancak, standard test numunelerinin dayanımının düşük olmasında numuneleri hatalı yerleştirme olmadığı sürece detaylı karot alma işlemi gerçekleştirilmemelidir. Örnekleme planlanmalıdır. Yapıdan alınan karot tüm yapıdaki betonun özelliklerini temsil etmelidir. Örneğin; yapıda bir bölüm 2 kısımda dökülmüşse, her kısımdan ayrı ayrı örnek alınmalıdır. Büyük bir katta, kirişler ayrı bir kısım, döşemeler de ayrı bir kısımdır. Eğer kirişler ve döşemeler aynı anda dökülmemişse her kısımdan ayrı ayrı örnek alınmalıdır. Eğer bir belirleme yapının farklı elemanlarından (kiriş, kolon, vb.) alınan numuneler üzerinde yapılan test sonuçlarına bağlı ise yapının her elemanından en azından 3 test numunesi alınmalıdır [54].

Bir yapının taşıma kapasitesini tahmin etmede betonun yerinde dayanımının tayini problemlerden biridir. Sonuç olarak bu sahadaki araştırmalar çok sayıda olmuştur. Farklı hasarlı ve hasarsız yöntemler geliştirilmiştir. Yapılardan yerinde alınan karotlardan elde edilen silindirik numuneler üzerinde yapılan basınç testlerini içeren geleneksel yöntem en güvenli yöntemdir. Elde edilen sonuçlar farklı parametrelerden etkilenir. Bunlar karot çapı, boy/çap oranı, karot alma pozisyonu ve yönü, test anında numune nemi, agrega boyutu, karot alma başlığı tipi, karot almanın sebep olduğu hasar, numune hazırlama, boyut etkileri vb. dir. Karot alındıktan sonra açılan boşluklar yapıdaki elemanı zayıflatabilir [63].

### **5.6.1. Yerinde karot alma prosedürü**

Karot alma işlemi özenle gerçekleştirilmelidir. Amaca uygun yerlerden karot alınması gerekir. Eğer beton kalite kontrolüne dair karot alınıyorsa, ortalama beton basınç dayanımını temsil edecek şekilde karot alınması gereklidir. Eğer taşıyıcı elemanın taşıma gücünün belirlenmesi isteniyorsa o zaman gerilme açısından kritik bölgeden karot alınması gereklidir [12].

#### **5.6.1.1. Kolonlarda karot alma prosedürü**

Karot dayanımı, alındığı konuma göre de değişir. Genelde, taşıyıcı elemanın üst kısmından alınan karotların basınç dayanımı, alt kısmından alınan karotların basınç dayanımından daha azdır. Çünkü üst kısımda terleme etkisi vardır. Alt kısımda ise iri agreganın yerleşmesi vardır [19,29,55]. Kolonlarda karot numuneler üst kısımdan en az 300 mm aşağıdan alınmalıdır [48]. Kolon alt bölgede beton dayanımı üst bölgeye göre % 25 daha fazladır. Çünkü segregasyon vardır. Bundan dolayı, üst bölgenin % 20'sinden karot alınmamalıdır (minimum 50 mm, maksimum 300 mm) [40]. Meininger, Kesler ve Bloem'in ayrı ayrı yaptıkları çalışmalarda kolonlardaki üstteki dayanımlar, alttaki dayanımlardan % 4–20 daha düşük çıkmıştır [55].

Yapıda eğer betonun yaşam ömrünü belirlemek amaçlanmışsa karot numuneler minimum dayanım ve maksimum gerilmenin olduğu konumlardan alınmalıdır. Kolonların üst kısmından yan taraflardan karotlar alınabilir. Eğer taşıyıcı eleman narinse karotlar kritik olmayan konumlardan alınmalıdır. Eğer yapıdaki beton basınç dayanımı standart test sonucu ile karşılaştırılacaksa karotların beton dayanımını temsil etmeyecek konumlardan alınması gerekir [48].

Donatısız beton kolonlarda karot alma sonrası oluşan boşluklar yük taşıma kapasitesini azaltır. Bu konu K. Kidschig tarafından 1968'de çalışılmıştır. Karot alma sonunda basınca maruz kolonun en kesitinde % 30 azalma olursa elemanın yük taşıma kapasitesi kolon en kesiti ile doğru orantılı olacaktır. Karotlar eğer eksantrik olarak alınırsa yük taşıma kapasitesi daha çok azalır [54].

### **5.6.1.2. Kirişlerde karot alma prosedürü**

Kirişlerin üst kısmından karotlar alınabilir. Kirişlerde karot numuneler üst kısımdan en az 300 mm aşağıdan yatay olarak alınmalıdır [48].

### **5.6.2. Yerinde (Hakiki) beton basınç dayanımı ve ilgili araştırmaların gözden geçirilmesi**

Yerinde beton dayanımı, sıkıştırma ve kürlenme farklılıklarından dolayı bir taşıyıcı elemanda farklılık gösterir. Taşıyıcı elemanda ortalama yerinde dayanım (eşdeğer küp dayanımı), kaçınılmaz olarak iyi derecede sıkıştırılmış ve 28 gün nemli ortamda kür edilmiş standard küp dayanımından az olacaktır. Farklılığın sebebi malzeme özellikleri ve eleman tipine bağlıdır [48].

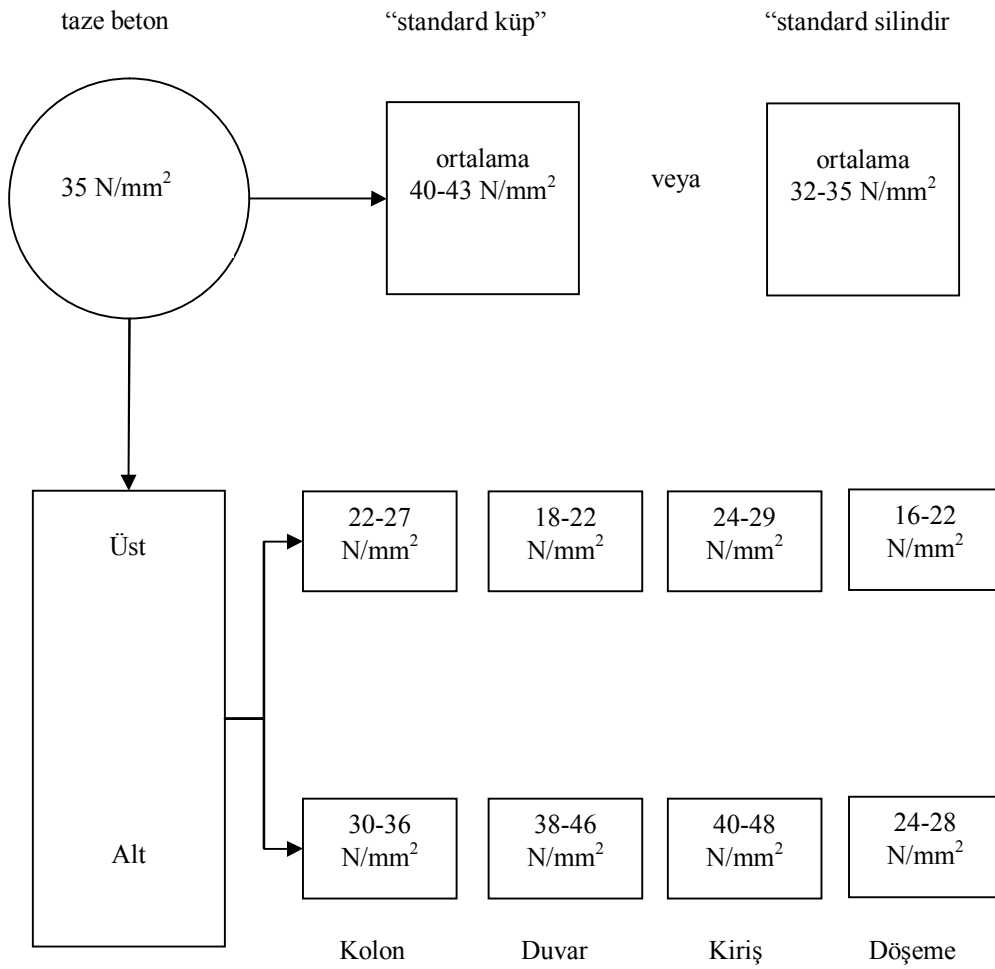
Betonun yerinde dayanımı karışım oranları, mineral ve kimyasal katkıları, döküm koşulları, kür koşulları gibi farklı parametrelere bağlıdır. Betonun yerinde dayanımının tahmininde kullanılan en uygun yöntem karot alma yöntemidir. Karot alma yani karot çıkarma betona zarar verebilir. Ayrıca karot dayanımı karot alma yönü, karot boyutu, delme sırasındaki su kazanımı gibi değişik faktörlerden etkilenir [65].

Betonun yerinde dayanımı, yapıdaki betonun maksimum yük taşıma kapasitesini belirlemek için önemlidir. Betonun yerinde dayanım tahmini için dayanım azaltma faktörleri kullanılır [65].

Yetersiz kürlenmeden kaynaklanan tamamlanmamış hidrasyon taşıyıcı elemanın iç ve yüzey kısmında dayanım farklılıklarına sebep olabilir. Çakıllı betonlarda bu fark % 5-10 arasındadır. Özellikle erken yaşlarda sıcaklık artışından dolayı iç ve dış bölgeler arasında dayanım farklılıkları olabilir [48]. Yerinde dayanım ve standard küp dayanımı karşılaştırması Çizelge 5.9'da, tipik yerinde eşdeğer 28 günlük küp dayanımı ise Şekil 5.1'de görülmektedir.

**Çizelge 5.9.** Yerinde dayanım ve standard küp dayanımı karşılaştırması [48]

Taşıyıcı eleman tipi	28 günlük eşdeğer küp dayanımı (standard küp dayanımının %'si olarak)	
	Ortalama	Aralığı
Kolon	% 65	% 55-% 75
Duvar	% 65	% 45-% 95
Kiriş	% 75	% 60-% 100
Döşeme	% 50	% 40-% 60



**Şekil 5.1.** Tipik yerinde eşdeğer 28 günlük küp dayanımı [48]

Karot basınç dayanımından faydalanarak yapıdaki beton basınç dayanımı hesabı (5.8)'de verilmiştir [39].

$$\sigma_{küp} = \frac{D}{1.5 + 1/\lambda} (\sigma_{karot}) \quad (5.8)$$

D: Yatay karot alma için 2,5

Düşey karot alma için 2,3

$\lambda$  : Boy/çap oranı

Karot dayanımının yerinde dayanıma çevrilmesi Çizelge 5.10'da sunulmuştur [40].

**Çizelge 5.10.** Karot dayanımının yerinde dayanıma çevrilmesi [40]

Yerinde dayanım belirleme
Yatay yön Karot dayanımı*2,5/(1,5+1/ $\lambda$ )
Düşey yön Karot dayanımı*2,3/(1,5+1/ $\lambda$ )
$\lambda$ : karot boy/çap oranı
Yerinde dayanım
Karot dayanımı*donatı düzeltme faktörü

prEN 13791-“Yapılarda veya taşıyıcı elemanlarda beton basınç dayanımı belirlenmesi” standardında, iyi kürlenmiş ve tam sıkıştırma yapılmış kabul edilerek yerinde dayanım/potansiyel dayanım oranı 0,85 alınmıştır. Bu standarda göre karot testlerinden yerinde basınç dayanımını belirlemede iki ölçüt vardır. Birinci ölçütte bir taşıyıcı elemandan 3 adet karotun alınması ve test edilmesi belirtilmiştir. İkinci ölçütte ise 9 adet karotun alınması ve test edilmesi gerektiği vurgulanmıştır [40]. Bu ölçütler ölçüt 1 ve ölçüt 2 olarak simgelenilirse değerlendirme süreci aşağıda gösterilmiştir.

#### Ölçüt 1

- 3 adet karot test sonucu ortalaması  $\geq f_{cu}+4$
  - Her bir karot test sonucu  $\geq f_{cu}-4$
- $f_{cu}$ : Karakteristik yerinde basınç dayanımı (Çizelge 5.11)

**Çizelge 5.11.** prEN 206 standardına göre farklı beton sınıfı için yerinde basınç dayanımı [40]

Beton sınıfı	Potansiyel dayanım (N/mm <sup>2</sup> )		Yerinde dayanım/Potansiyel dayanım	Karakteristik yerinde dayanım (N/mm <sup>2</sup> )	
	f <sub>cusilindir</sub>	f <sub>cuküp</sub>		f <sub>cusilindir</sub>	f <sub>cuküp</sub>
C8/10	8	10	0,85	7	9
C12/15	12	15	0,85	10	13
C16/20	16	20	0,85	14	17
C20/25	20	25	0,85	17	21
C25/30	25	30	0,85	21	26
C30/37	30	37	0,85	26	31
C35/45	35	45	0,85	30	38
C40/50	40	50	0,85	34	43
C45/55	45	55	0,85	38	47
C50/60	50	60	0,85	43	51
C55/67	55	67	0,85	47	57
C60/75	60	75	0,85	51	64
C70/85	70	85	0,85	60	72
C80/95	80	95	0,85	68	81
C90/105	90	105	0,85	77	89
C100/115	100	115	0,85	85	98

**Ölçüt 2**

- n sayıda karot test sonucu ortalaması  $\geq f_{cu} + k \cdot s$
- Her bir karot test sonucu  $\geq f_{cu} - 4$

f<sub>cu</sub>: Çizelge 5.11'den alınan yerinde karakteristik basınç dayanımı

n= sonuç sayısı

k= ilgili katsayı (Çizelge 5.12)

s= sonuçların standard sapması ( $> 2 \text{ N/mm}^2$ )

**Çizelge 5.12.** k katsayısı [40]

Test sonucu sayısı (n)	k katsayısı
9	1,67
10	1,62
11	1,58
12	1,55
13	1,52
14	1,50
≥15	1,48

ACI 301 Standardı'nda ise en az 3 adet karot numune alınması önerilir. Karot basınç dayanımı sonuçlarının ortalaması karakteristik dayanımın % 85'inden fazla olmalıdır. Her bir karotun dayanımı ise karakteristik dayanımın % 75'inden fazla olmalıdır [40,52].

ACI 318 Amerikan Standardı'na göre de ortalama yerinde dayanım, dizayn dayanımının minimum % 85'i olmalıdır. Testten dolayı meydana gelen değişkenlik katsayısı dikkatlice alınmış karotlar için % 6'dır. Küp numuneler için ise % 3'tür. Eğer betonun potansiyel dayanımı belirlenecek ise minimum 4 adet karot alınmalıdır. Donatı varlığı, sıkıştırma veya kütleme belirsizliği sonuçların doğruluğunu  $\pm\%$  30 etkileyebilir [24,48].

Swamy ve Al-Hamed [62] yerinde beton basınç dayanımının belirlenmesi için 50 mm çaplı karotlar kullanmıştır. Swamy ve Al-Hamed döşemelerden boy/çap (l/d) oranları 1 ve 2 olan karotlar almış ve beton dayanım düzeyi, karışım oranları, yaş, iri agrega tipinin karot dayanımına etkisini araştırmıştır. Bu çalışmada bulunan karot dayanımları küp dayanımı, sesüstü atım hızı ve windsor probe test sonuçları ile kıyaslanmıştır. Test sonuçlarının değişkenliğinin boyut ve agrega tipiyle arttığı belirlenmiştir.

## 5.7. Hafif Beton

Hafif beton sağladığı avantajlarından günümüzde popüler bir yapı malzemesi olmuştur ve kullanımı günden güne artmaktadır. Yoğunluğu  $1000 \text{ kg/m}^3$  ile  $2000 \text{ kg/m}^3$  arasında ve dayanımı  $80 \text{ MPa}$ 'lara çıkan hafif beton üretilmektedir [66]. Hafif beton kullanımının bazı avantajları vardır. Hafif betonlar donmaya karşı oldukça dayanıklıdır. Hafif beton kullanılan yapılar ise depremden daha az etkilenmektedir. Aynı zamanda hafif betonların dezavantajları da mevcuttur. Hafif betonlar aşınmaya karşı dayanıksızdır. Hafif betonlarda ani ve geciken şekil değiştirmeleri daha büyüktür [67]. Hafif betonun en önemli avantajları yoğunluğunun düşük olması, yapıdaki ölü yükü azaltması ve yalıtım özelliklerini iyileştirmesidir. Hafif beton kullanımı yapı ağırlığında önemli derecede azalma sağlamaktadır. Düşük yoğunluk değerleri binalarda veya yapılarda yüksek oranda ısı yalıtımı sağlamaktadır. Ayrıca hafif beton kullanımı ile çatı ve duvar kalınlığı da azaltılabilir [66,68]. Hafif beton üretiminde uygun bir kimyasal katkı kullanılabilir. Hafif agrega tanelerinin hava boşlukları içermesinden dolayı yoğunluğu düşüktür. Bu hava boşlukları tanelerin suyu absorbe etmesini sağlar. Ancak çok az boşluk su emmez. Agreganın su emme kapasitesi oldukça önemlidir. Çünkü kıvamı üzerinde önemli bir rol oynar. Aynı su/çimento oranında hafif betonun basınç dayanımı normal betonun basınç dayanımından daha düşüktür. Hafif beton daha homojen bir malzemedir ve bu yüzden mikroçatlaklar oldukça azdır. Agregata tanelerinin emdiği su, çimentonun hidrasyon süresini uzatabilir. Kurumadan dolayı meydana gelen çatlak oluşumunu azaltır. Hafif betonda geçirimsizlik azalır, rötre çatlakları azalır ve dayanıklılık artar [66]. DIN 1045'e göre hafif betonlar birim ağırlığı  $2000 \text{ kg/m}^3$ 'den az olan betonlar olarak tanımlanmaktadır. TS 2511'de hafif betonlar birim ağırlığı  $1900 \text{ kg/m}^3$ 'den az olan betonlar olarak tanımlanmıştır [69,70].

Avrupa'da hafif beton kullanımı 2000 yıl öncesine dayanmaktadır. İtalya'da Roma'da Pantheon ve Colosseum yapımında hafif beton kullanılmıştır. 19. yüzyılda Almanya'da boşluklu kil parçaları suyun hızlı evaporasyonu ile üretilmiştir. Doğal hafif agregaların Almanya'da ilk endüstriyel kullanımı 1845

yılında Koblenz’de Ferdinand Nebel tarafından başlatılmıştır. Ferdinand Nebel, yanmış kireç ve pomza taşından yığıma bloklar üretmiştir [66].

1918 yılında Stephen J. Hayde “Haydite” adını verdiği ve şeylden ürettiği hafif agreganın patentini almıştır ve Amerika’da üretimine başlanmıştır. 1917 yılında I. Dünya savaşının sonunda hafif betondan gemi üretilmiştir. Gemiye “Selma” adı verilmiştir. Yıllar sonra geminin hiçbir zarar görmediği ve dayanıklı olduğu görülmüştür. Bu da hafif betonun dayanıklılığının yüksek olduğunu göstermektedir. İngiltere’de 1958 yılında Londra’ya yakın olan Bentford’da hafif betondan üç katlı bir ofis yapılmıştır. Bundan sonra, çoğu yapı prekast veya donatılı hafif betondan yapılmıştır [66].

Yüksek dayanımlı hafif betonun kullanım alanı oldukça geniştir ve deniz yapıları, yüksek binalar ve uzun açıklıklı köprülerde hafif beton kullanılabilir. Dayanım azalmadan yoğunluğun azalması, yoğunluk artmadan dayanımın artması ve aynı zamanda dayanıklılığın yüksek olması etkili mühendislik çözümleridir. Yüksek dayanımlı hafif beton ilk olarak Norveç’te yapılmıştır. Betonda yüksek dayanımlı çimento harcı kullanılmıştır. Yüksek dayanımlı hafif betonda sıkı matris yapısı olduğundan dolayı yalıtım özellikleri normal dayanımlı hafif betona göre daha zayıftır. Hafif betonda agrega ve matris arasındaki bağ normal betonda agrega ve matris arasındaki bağa göre daha kuvvetlidir. Agreganın boşluklu olmasından dolayı çimento hamuru bu boşluklara girer [66].

### **5.7.1. Hafif beton üretiminde kullanılan agregalar**

Hafif agregalar, doğal kaynaklıdır ya da yapay olarak üretilir. Doğal hafif agregalar, çoğunlukla volkanik kökenlidir ve dünyada belirli yerlerde bulunur. Pomza veya scoria agregaları volkanik kökenli olarak bilinen en eski hafif agregalardır. Pomza taşının yoğunluğu düşüktür. Pomza taşındaki boşluklar küçük ve birbiri ile bağlıdır. Pomza taşının yoğunluğunun düşük olması yapı ve temel ağırlığında azalma sağlar. Bu durum yüksek yapılar için önemli bir faktördür. Aynı zamanda eski binaların tamirinde hafif beton kullanımı uygundur. Çünkü yapının toplam yükünü artırmaz. Pomza taşı aynı zamanda iyi derecede ısı yalıtımı sağlar. Örneğin; yoğunluk 300-3000 kg/m<sup>3</sup>, ısı iletkenlik 0,1-3 W/mK ve

dayanım 1-100 MPa arasında değişebilir. Yoğunluk çoğunlukla agrega tipine bağlıdır. Scoria da pomza taşına benzer ancak renk olarak pomza taşından daha koyudur. Avrupa’da pomza taşının ana kaynakları İzlanda, İtalya’da Lipary adası, Yunanistan’da Yali ve Almanya’da Rhineland’dır [66]. Ülkemizde dünyanın en kaliteli ve zengin pomza taşı rezervleri mevcuttur [68]. Kayseri-Develi (Pusatlı-Şahmelek), Kayseri (Talas, Reşadiye, Gömeç Köy), Niğde (Gölcük), Nevşehir-Ürgüp (Ayaktaşı, Derinkuyu, Cemil ve Boğaz Köy), Ağrı-Patnos (Sarısu), Bitlis-Tatvan, Adilcevaz ve Ahlat (Sor köy), Muş (Bulancak ve Karahasan Nahiyesi), Kars-Iğdir, Van (Alay, Avis ve Mollakasım Köyleri) ve Van-Erciş ülkemizde işletilmekte olan mevcut pomza taşı yataklarıdır [68].

Artan ihtiyaç ve doğal hafif agrega kaynaklarının kısıtlı olmasından dolayı, yapay agregaları üretmek popüler hale gelmiştir. Yapay agregalar, genleşmiş kil, şeyl, uçucu kül, yüksek fırın cürufu gibi doğal hammaddelerden üretilir. Genleşme özelliği gösteren malzemelerin ısıl işlemi sonucunda üretilirler. Genleşme özelliği gösteren malzemeler perlit, vermikulit, kil ve şeyl gibi doğal malzemeler, cam gibi endüstriyel ürünler ve uçucu kül gibi endüstriyel atıklardır. Agrega özellikleri hammaddelere ve üretimde kullanılan prosese bağlıdır. Günümüzde yoğunluğu  $50 \text{ kg/m}^3$  (genleşmiş perlit) ile  $1000 \text{ kg/m}^3$  (klinker) arasında hafif agregalar üretilmektedir. Bu agregalar ve yüksek oranda su azaltıcı kimyasal katkılarla, küp dayanımı 80 MPa olan hafif beton üretilebilir. Genleşmiş killerden üretilen ve en yaygın bilinen hafif agregalar Leca ve Liapor’dur. Uçucu külden üretilen hafif agrega ise “Lytag” olarak adlandırılmıştır [66].

Pomza agregası ile hafif beton üretimi konusunda ilk çalışma 1949 yılında Niederhoff tarafından yapılmıştır [71]. Almanya, İtalya, İzlanda ve Japonya gibi ülkelerde pomza taşı hafif beton yapımında agrega olarak kullanılmaktadır. İlk kullanılan hafif agregalar doğal kökenli çoğunlukla volkanik kökenli olan pomza taşı, scoria ve tüflerdir. Bunlar hem ince hem de iri agrega olarak kullanılmışlardır. İnce agrega olarak kullanıldığında puzolanik malzeme gibi davranırlar. Aynı zamanda kalsiyum hidroksit ile etkileşime girip boşluk yapısını düzenler, dayanıklılık özelliklerini artırır ve yapının dayanım kazanmasını sağlayan kalsiyum-silikat-hidratları üretirler [66].

Genleştirilmiş kil agregalarının özgül ağırlıkları düşük olup çok katlı yapılarda ve köprü yapımlarında betonda agrega olarak kullanılabilir. Yüzey şeklinin küresel olmasından dolayı hazır beton için de pompalarda kolay pompalanabilirlik olanağı getirebilir. Gökçe [72] gerçekleştirdiği çalışmada genleştirilmiş kil agregalarıyla üretilen betonda 28 günlük basınç dayanımını yaklaşık 45 MPa olarak bulmuştur. Bu basınç dayanımı ile taşıyıcı sistemde kullanılabilen hafif beton elde etmiştir.

Pioro, L.S. ve Pioro, I.L. [73] inşaat sektöründe hafif beton için kullanılan genleştirilmiş kil agregası için teknolojik üretim yöntemleri geliştirmiştir. Bu yöntemlerle  $160-850 \text{ kg/m}^3$  yoğunluğunda ve  $0,78-14,4 \text{ MPa}$  basınç dayanımlarında hafif beton yapabilmek mümkün olmuştur.

### **5.7.2. Hafif betondan alınan karot basınç dayanımı testleri sonuçları ile ilgili araştırmaların gözden geçirilmesi**

Bungey ve Madandoust [74] hafif betonlarda hasarsız dayanım testlerinin güvenilirliğinin tayini için hasarsız testler ile küçük çaplı karot testleri gibi kısmi hasarlı testleri içeren geniş bir deneysel çalışma gerçekleştirmişlerdir. Hafif beton üretiminde İngiltere’de kullanılan hafif agrega tipleri seçilmiş ve 50 Mpa’a kadar küp basınç dayanımını sağlamak için hem doğal kum hem de hafif ince malzeme birlikte kullanılmıştır. Ölçülen değerler ve basınç dayanımı arasındaki korelasyonlar, agrega tipi ve kullanılan ince malzeme çeşidine göre yapılmıştır. Çalışmanın sonucunda çoğu durumda sonuçların değişkenliğinin normal agregalı betonda beklenilenden daha az olduğunu bulmuşlardır. Araştırmacılar dayanım tayininin doğruluğunun kıyaslanabilir veya yoğun agregalı betonlarda daha iyi olduğunu belirtmişlerdir.

Swamy ve Al-Hamed [62] yaptığı araştırmada beton tipinin (normal ve hafif beton) karot dayanımına etkisini belirlemeye çalışmıştır. Agregası tipinin test sonuçlarının değişkenliğini artırdığını belirlemişlerdir.

## 5.8. Betonun Mikroyapısı

Beton heterojen bir malzemedir ve karmaşık bir mikroyapısı vardır [19]. Betonun mikroyapısı incelendiğinde üç farklı sistem mevcuttur. Bunlar hidrate çimento hamuru, iri ve ince agregalar ve agrega ile hidrate çimento hamuru arasındaki arayüzey geçiş bölgesidir [75,76]. Mikroyapı özellikleri diğer beton özellikleri hakkında bilgi sahibi olunmasını sağlar [19].

### 5.8.1. Hidratasyon süreci

Portland çimentosu suda ayrıştığında kalsiyum sülfat ( $\text{CaSO}_4$ ) karışıma girer ve sıvı faz farklı farklı iyonlarla hızlıca doygun hale gelir. Kalsiyum, sülfat, alüminat ve hidroksil iyonları arasında çimento hidratasyon aşamasında birkaç dakikada gelişen etkileşimler sonucu iğne yapılı etrenjit ( $6\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 3\text{SO}_3\cdot 32\text{H}_2\text{O}$ ) kristalleri oluşur. Birkaç saat sonra büyük kalsiyum hidroksit ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) prizmatik kristaller ve kalsiyum silikat hidrat (C-S-H) kristalleri boş kısmı doldurur [19]. Hidrate çimento hamurunda dayanımın temel kaynağı Van der Waals kuvvetlerinin varlığıdır. Hidratasyon ürünleri ve agrega tanesi arasındaki bağın sebebi Van der Waals etkileşim kuvvetleridir. Bu yüzden, arayüzey geçiş bölgesinin dayanımı boşluk hacmi ve boyutuna bağlıdır. Düşük su/çimento oranına sahip betonlarda, erken yaşlarda, arayüzey geçiş bölgesindeki boşluk hacmi ve boyutu harçtaki boşluk hacmi ve boyutundan daha büyüktür. Bundan dolayı da dayanımı daha düşüktür. Ancak, zamanla arayüzey geçiş bölgesinin dayanımı artar. Sebebi de arayüzey geçiş bölgesindeki boşluklarda yeni kristallerin oluşmasıdır. Bu etkileşim de dayanıma önemli katkı sağlar çünkü arayüzey geçiş bölgesindeki kalsiyum hidroksit kristali konsantrasyonu azalır. Büyük kalsiyum hidroksit kristalleri bağın zayıf olmasına yol açar [19].

### 5.8.2. Hidrate çimento hamuru

Su/çimento oranı 0,50-0,55 arasında olan bir betonda hidrate çimento hamuru hidratasyon sonucu kalsiyum silikat hidrat ( $3\text{CaO}\cdot 2\text{SiO}_2\cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ) jelleri

içerir. C-S-H ( $3\text{CaO}\cdot 2\text{SiO}_2\cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ) jellerinin hacimsel yüzdesi çimento hamurunun % 50–60'ıdır. Kalsiyum hidroksit kristalleri hidrate çimento hamurunun hacminin % 20-25'ini kapsar. Hacimsel olarak kalan kısım ise kalsiyum sülfat ve monosülfatlar ( $4\text{CaO}\cdot \text{Al}_2\text{O}_3\cdot \text{SO}_3\cdot 12\text{H}_2\text{O}$ ), tamamen hidrate olmayan çimento partikülleri, hamur boşluğu (C-S-H jellerindeki jel boşlukları ve hamurdaki büyük kapiler boşluklar) dur. Tamamen hidrate olmayan çimento partiküllerinin miktarı çimento inceliği, su/çimento oranı ve çimento hidratasyon derecesine bağlıdır [76]. Hidrate çimento hamuru boşlukludur [77]. Hidrate çimento hamurunda iki tür boşluk yapısı mevcuttur. Birincisi büyük kapiler boşluklardır. Diğeri ise küçük jel boşluklarıdır. Jel boşlukları C-S-H jeli içerisindeki boşluklardır [76]. Sertleşmiş betonun önemli özelliklerinin çoğu çimento hamuru ve agregadaki boşluk miktarı ve özelliğine bağlıdır. Örneğin; dayanım boşluk tipi ve boyutundan doğrudan etkilenir. 50  $\mu\text{m}$ 'den büyük kapiler boşluklar makroboşluklardır ve dayanıma etkisi oldukça büyüktür. Su/çimento oranı azaldığında hidrate çimento hamurundaki kapiler boşluk hacmi azalır [75].

### **5.8.3. C-S-H fazı**

C-S-H fazı betondaki en önemli fazdır çünkü betonda bağlayıcılık özelliği sağlar. Van der Waals kuvvetleri etkisiyle dayanım artar. Taramalı Elektron Mikroskopu C-S-H fazının morfolojisi ve kimyasal özelliklerini karakterize etmede yaygın bir şekilde kullanılmıştır. Normal sıcaklıklarda C-S-H fazı jel yapısına sahipken yüksek sıcaklıklarda zayıf kristal yapıya sahip olur. C-S-H fazının mikroanalizleri sonucunda kalsiyumun molar olarak silisyuma oranının su/çimento oranına bağlı olarak değişebileceği belirtilmiştir [76].

### **5.8.4. Kalsiyum hidroksit ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) kristalleri**

Kalsiyum hidroksit kristalleri farklı şekil ve boyutta görünür. Düz kristaller veya büyük ince uzamış kristaller olarak görülebilir. Kalsiyum hidroksit kristalleri hamur-agrega yüzeyinde yön alır [76].

### **5.8.5. Kalsiyum sülfoalüminat hidratlar (Etrenjit ve monosülfatlar)**

Kalsiyum sülfoalüminat hidratlar etrenjit ve monosülfatlardır. Etrenjit iğne yapılıdır. Etrenjit kristalleri suyu emer ve genişir. Monosülfatlar ise hegzagonal yapılı kristallerdir [76].

### **5.8.6. Tamamen hidrate olmayan çimento partikülleri**

Bu partiküller karışım suyunun büyük bir kısmını emebilir ve bunun sonucunda su/çimento oranında farklılıklar meydana gelebilir. Heterojen bir boşluk yapısı oluşur [76].

### **5.8.7. Arayüzey geçiş bölgesi**

Agrega taneleri ve hidrate çimento hamuru arasındaki bölge arayüzey geçiş bölgesidir. Arayüzey geçiş bölgesi çimento hamurundan morfoloji, bileşim ve yoğunluk olarak farklıdır [75]. Arayüzey geçiş bölgesi betondaki en zayıf bölgedir [76,78]. Arayüzey geçiş bölgesi iri agregataneleri etrafındadır ve ince bir katmandır. Kalınlığı 10-50 µm arasındadır. Arayüzey geçiş bölgesi agregat ve hidrate olmuş çimento hamurundan daha zayıftır. Agregataneleri mikroçatlaklar ve boşlukların yanında farklı mineraller içerebilir [19]. Taze betonda büyük agregataneleri etrafında su filmi oluşur ve bu da su/çimento oranının artmasına neden olur. Kalsiyum, sülfat, hidroksil ve alüminat iyonları, kalsiyum sülfat ve kalsiyum alüminat bileşenlerinin çözünmesiyle, etrenjit ve kalsiyum hidroksit oluşturur. Harç matrisinde büyük kristaller oluşur ve boşluklu bir yapı meydana gelir. Hidratasyonun devam etmesiyle birlikte, zayıf kristalimsi C-S-H, küçük kristaller olan etrenjit ve kalsiyum hidroksit büyük etrenjit ve kalsiyum hidroksit kristallerinin yarattığı boşluğu doldurur. Bu da arayüzey geçiş bölgesi dayanımını artırır [19]. Arayüzey geçiş bölgesinin dayanımının zayıf olmasının nedenleri büyük kapiler boşluklar ve kalsiyum hidroksit kristalleri içermesi ve ayrıca mikroçatlaklar içermesidir. Mikroçatlakların miktarı agregat boyutu ve gradasyonu, çimento miktarı, su/çimento oranı, kür koşulları gibi farklı

parametrelere bağlıdır. Örneğin; agrega gradasyonu zayıf olan bir beton karışımı yerleştirme esnasında segregasyona maruz kalmış olabilir. Bundan dolayı, iri agrega etrafında özellikle de altında kalın su filmi katmanı meydana gelir. Agrega tane boyutu ne kadar büyük olursa su filmi katman kalınlığı da o kadar yüksek olur. Agrega ile hidrate çimento hamuru arasındaki hareketlilikten dolayı çekme gerilmeleri etkisiyle arayüzey geçiş bölgesinde çatlakların miktarı artar [19]. Betonda arayüzey geçiş bölgesinin özellikleri su/çimento oranını azaltarak sağlanabilir. Su/çimento oranı azaltıldığında kalsiyum hidroksit kristallerinde bir azalma meydana gelir [76].

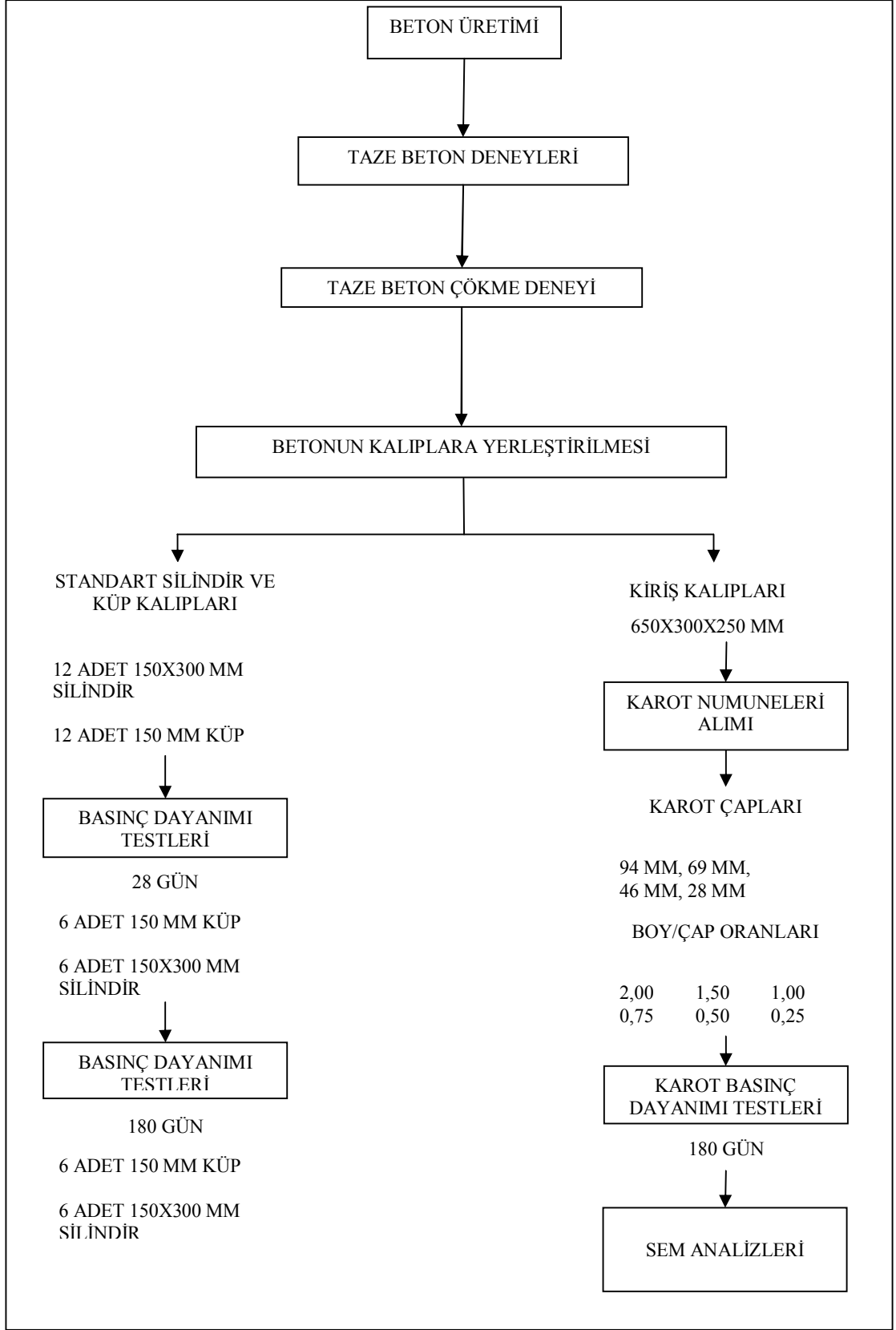
Monteiro ve ark. [79] 1985 yılında betonda arayüzey geçiş bölgesinin özellikleri üzerinde çalışmalar gerçekleştirmiştir. Agrega yüzeyinde ince bir katman varlığını gözlemlemişlerdir. Barnes ve ark. [80] gerçekleştirdiği çalışmada arayüzey geçiş bölgesinin yüksek poroziteye sahip olduğunu belirtmiştir. Ayrıca, bu bölgedeki su/çimento oranının daha yüksek olduğunu gözlemlemiştir.

## 6. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Bu çalışmada kapsam geniş olduğundan deneysel çalışma iki ana bölüme ayrılmıştır. Birinci bölümde maksimum agrega boyutu 22 mm olan kırmataş agrega kullanılarak farklı beton karışımları hazırlanmış ve bu beton karışımları ile elde edilen numuneler üzerinde standart silindir ve küp deneyleri, karot deneyleri yapılmıştır. Üretimde ince agrega olarak kum kullanılmıştır. Beton üretildikten hemen sonra, bu beton karışımları için, taze betonun işlenebilirliği hakkında önemli ipuçları veren çökme değeri ilgili standartlara göre bulunmuştur.

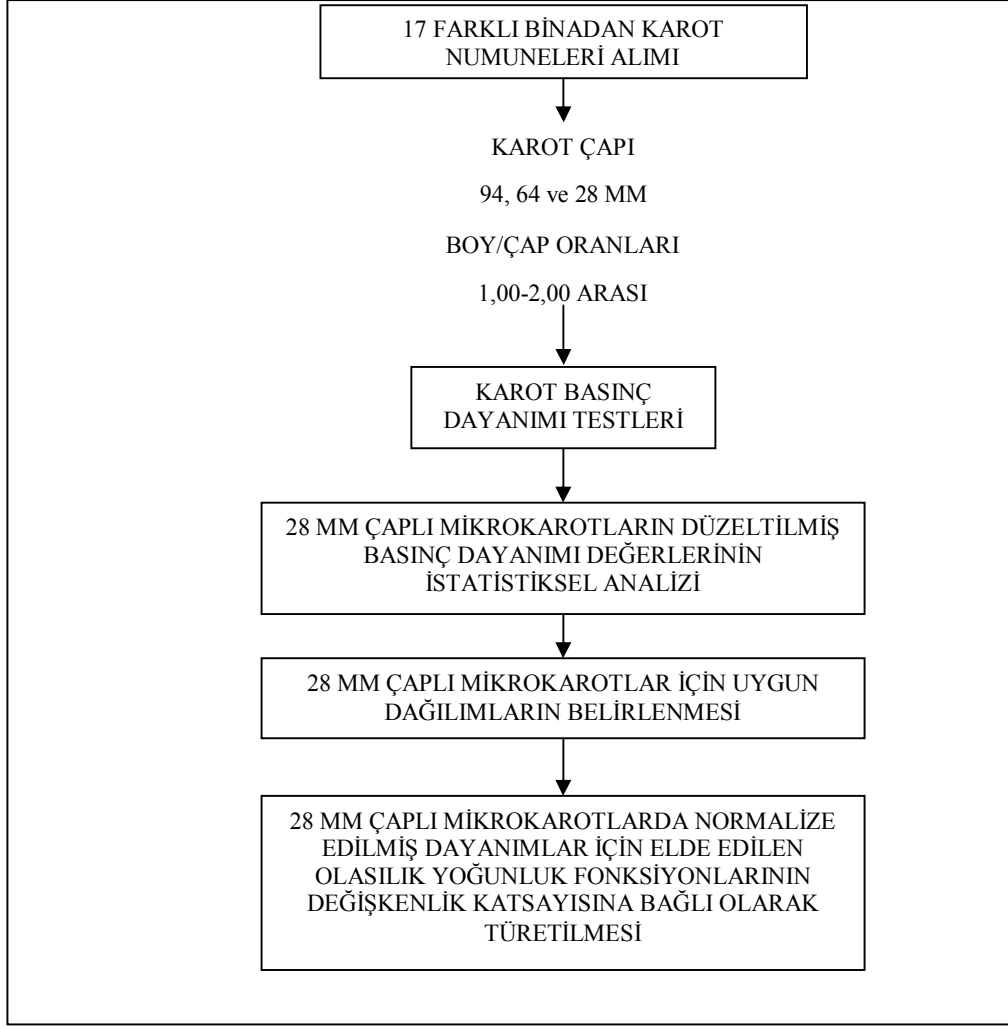
Beton basınç dayanımlarının standart yöntemle belirlendiği beton deney numunelerinin hazırlanmasında, 150 mm küp kalıplar ile 150x300 mm (150 mm çapında ve 300 mm boyunda) silindir kalıplar kullanılmıştır. Karot deneylerinde, karot çapının, karotun boy/çap oranının, kiriş beton elemanlardan alınacak karot numunelerinin basınç dayanımı üzerindeki etkisi kapsamlı bir şekilde araştırılmıştır. Karot basınç dayanımı deneyleri için, kiriş betonlarından 94, 69, 46 ve 28 mm olmak üzere 4 farklı çapta karot alınmıştır. Her bir karot çapı için 6 farklı boy/çap oranında karot numuneleri hazırlanarak basınç dayanımı testleri yapılmıştır. 28 mm çaplı mikrokrot numuneleri almak için özel bir karot alma aparatı kullanılmıştır. Her bir karışım için 12 adet küp ve 12 adet silindir numune üretilmiştir.

Standart küp ve silindir dayanımı testlerinde 6 adet küp ve 6 adet silindir numune 28 gün sonra basınç dayanımı testine tabi tutulmuştur. Diğer 6 adet küp ve 6 adet silindir numune ise 180 gün sonra karotlarla birlikte basınç dayanımı testine tabi tutulmuştur. Laboratuarda üretilen beton kirişlerden alınan karotlar üzerinde SEM analizleri gerçekleştirilmiştir. Çalışmada üretilen betonlardan biri de hafif beton olmuştur. Deneysel çalışmanın akım şeması Şekil 6.1'de gösterilmektedir.



Şekil 6.1. Birinci bölüm deneysel çalışmanın akım şeması

Deneysel çalışmanın ikinci bölümünde ise 17 farklı yapının kolon ve perdelerinden alınan 94, 64 ve 28 mm çapında karotlar test edilerek yapıda kullanılan betonun basınç dayanımı belirlenmeye çalışılmıştır. Bina 6 hariç 16 farklı yapının kolon ve perdelerinden alınan 28 mm çapında karotların düzeltilmiş basınç dayanımı değerleri bir istatistik programı kullanılarak değerlendirilmiş ve uygun görülen dağılımlar belirlenmiştir. Bina 6'dan alınan iki adet mikrokarot test sonucu istatistiksel değerlendirme için yeterli görülmemiştir. 16 farklı bina içinde 5 binada 28 mm çapındaki mikrokarot sayısının ileri istatistiksel analiz için uygun olmadığı belirlenmiştir. 28 mm çaplı karot dayanımını en iyi şekilde karakterize eden dağılımın 2 binada log-normal dağılım, 9 binada ise Johnson  $S_B$  dağılımı olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak normalize edilmiş dayanımlar için elde edilen olasılık yoğunluk fonksiyonu yalnızca değişkenlik katsayısına bağlı olarak türetilmiştir. Bu fonksiyonun sadece değişkenlik katsayısına bağlı olması, yalnızca bu çalışmaya değil ileride yapılacak pratik ve teorik çalışmalara da katkı sağlayacaktır. Özetlemek gerekirse bu çalışma sayesinde mikrokarot numunelerde basınç dayanımı belirlenmesi ve ayrıca farklı binalarda yerinde basınç dayanımı belirlenmesi işlemleri gerçekleştirilmiştir. Bu sayede yerinde beton dayanımı ile karot dayanımları arasında bağıntılar kurulmuştur. İkinci bölüm deneysel çalışmanın akım şeması Şekil 6.2'de gösterilmektedir:



Şekil 6.2. İkinci bölüm deneysel çalışmanın akım şeması

### 6.1. Birinci Bölüm Deneysel Çalışmada Beton Üretiminde Kullanılan Malzemeler ve Beton Karışımları

Birinci bölüm deneysel çalışmada beton karışımlarında agrega olarak tane boyut aralığı 7-15 mm ve 15-22 mm olmak üzere iki farklı kırmataş iri agrega, tane boyut aralığı 0-3 mm olmak üzere ince agrega (kum) kullanılmıştır. 6 farklı beton karışımı dizayn edilmiştir. Beton karışımları K1-K6 olarak kodlanmıştır. Beton K1 birinci bölüm deneysel çalışmadaki ilk beton karışımıdır. Beton K6 ise birinci bölüm deneysel çalışmadaki son beton karışımıdır. Hafif beton üretiminde agrega olarak iri ve ince pomza taşı kullanılmıştır.

Beton üretimine başlanmadan önce agregaların özgül ağırlıkları, su emme kapasiteleri ve nem yüzdeleri belirlenmiştir. Agregaların özgül ağırlık ve su emme kapasitesi tayini deneyleri TS EN 1097-6 standardına göre yapılmıştır [81]. Agregaların nem yüzdesi tayini deneyi ise TS 3523 standardına göre yapılmıştır [82]. Agregaların özgül ağırlık, su emme kapasitesi ve nem yüzdesi değerleri Çizelge 6.1’de verilmiştir.

**Çizelge 6.1.** Agregaların özgül ağırlık, su emme kapasitesi ve nem değerleri

Agrega çeşidi	Özgül ağırlık (DYK)	Su emme kapasitesi (%)	Nem (%)
Kum (0-3 mm)	2,525	3,48	0,20
İri agrega (7-15 mm)	2,717	0,51	0,05
İri agrega (15-22 mm)	2,732	0,32	Nem yok
İri pomza taşı	0,840	30,57	
İnce pomza taşı	1,256	18,69	

Agregaların özellikleri belirlendikten sonra beton karışımında kullanılan malzeme miktarları belirlenmiştir. Beton karışımında kullanılan malzeme miktarları Çizelge 6.2’de gösterilmektedir.

**Çizelge 6.2.** Beton karışımlarında kullanılan malzeme miktarları

	Malzeme miktarları (kg/m <sup>3</sup> )							
	Su	Çimento	İri agrega (15-22 mm) (DYK)	İri agrega (7-15 mm) (DYK)	Kum (0-3 mm) (DYK)	Katkı	İri pomza taşı	İnce pomza taşı
Beton K1	172	100	411	719	924	-		
Beton K2	190	238	378	661	850	-		
Beton K3	195	320	361	632	813	-		
Beton K4	177	420	354	619	796	5,46		
Beton K5	231	580	298	522	671	7,54		
Beton K6	210	700	289	506	650	14		
Hafif beton	183	660					170	485

## 6.2. Deney Numunelerinin Hazırlanması ve Taze Beton Çökme Deneyi

Beton karışımında kullanılan malzeme miktarları belirlendikten sonra beton karışımına başlanmıştır. İlk olarak 150x300 mm (150 mm çapında, 300 mm yüksekliğinde) silindir kalıplara beton dökümü gerçekleştirilmiştir. Silindir

kalıplara beton dökümü gerçekleştirildikten sonra betondaki hapsolmuş hava boşluklarını yok etmek için betona vibratör ile titreşim uygulanmıştır. Silindir kalıplara beton dökümü bittikten sonra 150 mm küp kalıplara beton dökümü gerçekleştirilmiş ve titreşim işlemi uygulanmıştır.

Silindir ve küp kalıplara beton dökümü bittikten sonra karot numunelerinin alınması ve karot deneylerinin yapılması için gerekli olan kiriş betonlarının üretimi yapılmıştır. Kiriş kalıplara beton dökümü gerçekleştirilmiş ve vibrasyon uygulanmıştır. Kiriş kalıplara beton dökümü Şekil 6.3’de görülmektedir.



Şekil 6.3. Kiriş kalıplara beton dökümü

Kiriş kalıplara beton dökümü de bittikten sonra taze beton deneylerinden olan çökme (slump) deneyi yapılmıştır ve çökme değeri belirlenmiştir. Birinci bölüm deneysel çalışmada üretilen beton karışımlarının çökme miktarları Çizelge 6.3’de verilmiştir.

**Çizelge 6.3.** Birinci bölüm deneysel çalışmada üretilen beton karışımlarının çökme miktarları

Karışım	Çökme değeri (mm)
Beton K1	195
Beton K2	180
Beton K3	200
Beton K4	100
Beton K5	220
Beton K6	75
Hafif beton	105

Üretilen 150 mm küp ve 150x300 mm silindir numuneler kalıplardan çıkarıldıktan sonra 28 gün ve 180 gün kürlenmesi için iki ayrı su dolu kür havuzlarına yerleştirilmiştir. Üretilen kırıç betonlar ise açık ortamda kür edilmek üzere depolanmıştır.

### **6.3. Betonlarda Standard Küp ve Silindir Basınç Dayanımı Testlerinin Yapılması**

28 ve 180 günlük silindir numunelerin üst yüzlerine başlık yapılmıştır. Başlık yapımında beyaz çimento ile su karıştırılmış ve akıcı kıvamda bir karışım hazırlanmıştır. Silindir numunelerin üst kısmına başlık yapılmasından sonra 28 ve 180 günlük 150 mm küp ve 150x300 mm silindir numunelerin basınç dayanımları belirlenmiştir. Standart silindir testi (150 mm x 300 mm) ve standart küp testinde (150 mm) yararlanılan ilgili standartlar Çizelge 6.4’de verilmiştir.

**Çizelge 6.4.** Standart silindir testi (150 mm x 300 mm) ve standart küp testinde (150 mm) yararlanılan ilgili standartlar

Test	İlgili Standartlar
Standart silindir testi (150 mm x 300 mm)	TS EN 12390-1-4 ASTM C 192-90a, ASTM C 39-86 BS-1881: Part 110: 1983
Standart küp testi (150 mm)	TS EN 12390-1-4 BS-1881: Part 108, Part 111 ve Part 116: 1983

#### 6.4. Beton Kirişlerden Farklı Çaplarda Karot Numunelerin Alınması

Beton K1-K6 karışımlarında ve hafif betonda 180 günlük kiriş betonlardan 94, 69, 46 ve 28 mm çaplarında karot numuneler alınmıştır. Tüm karotlar çelik raflarda depolanmıştır. K1 beton karışımında 46 mm çapında karot alınması Şekil 6.4'de, çelik raflarda depolanan karotlar ise Şekil 6.5'de gösterilmektedir.



Şekil 6.4. K1 beton karışımında kiriş elemandan 46 mm çapında karot alınması



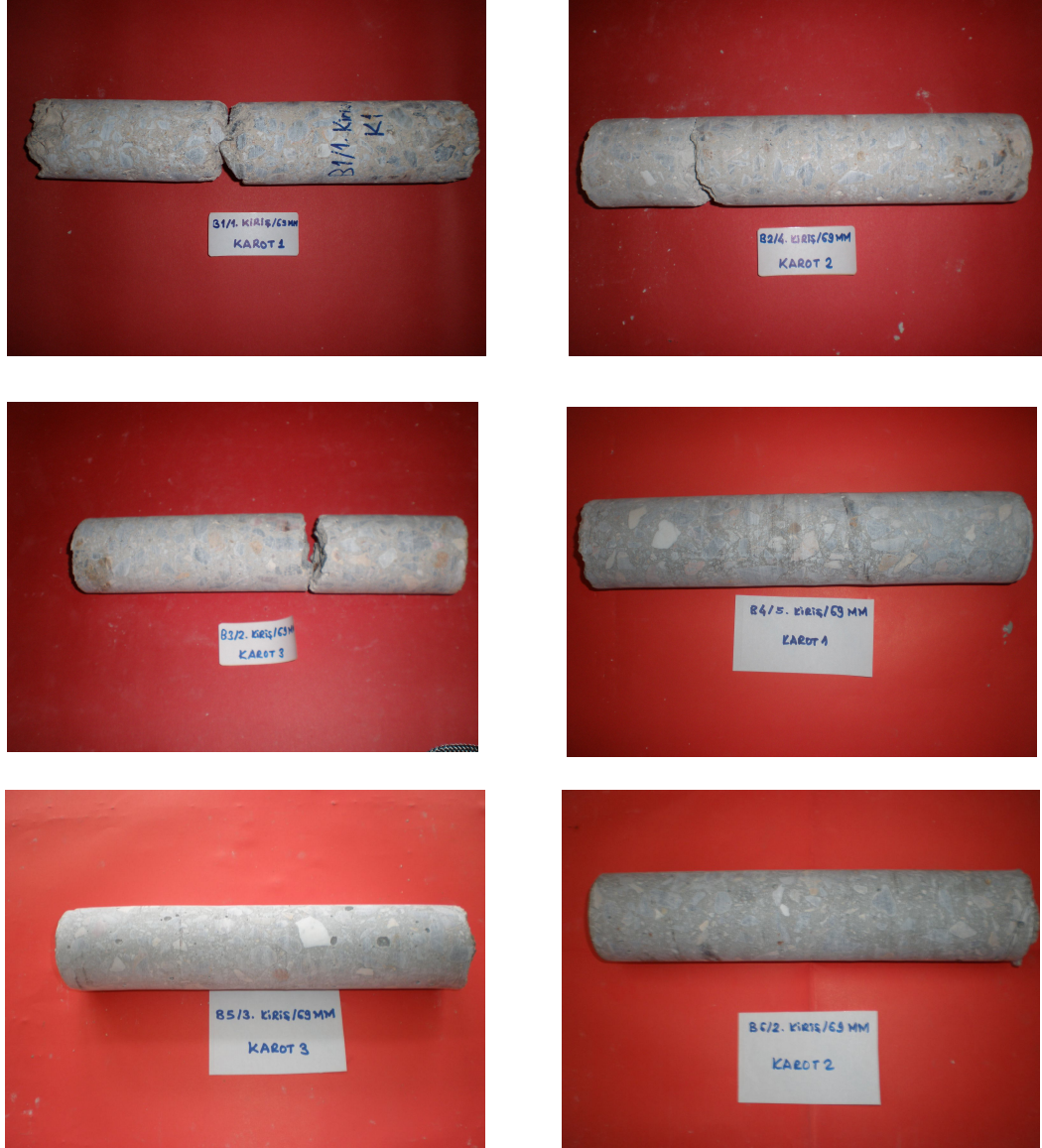
Şekil 6.5. Kiriş elemanlardan alınan farklı çaplardaki karot numunelerin depolanması

Beton karışımlarından alınan 94 mm çaplı karot numunelerin resimleri Şekil 6.6'da görülmektedir.



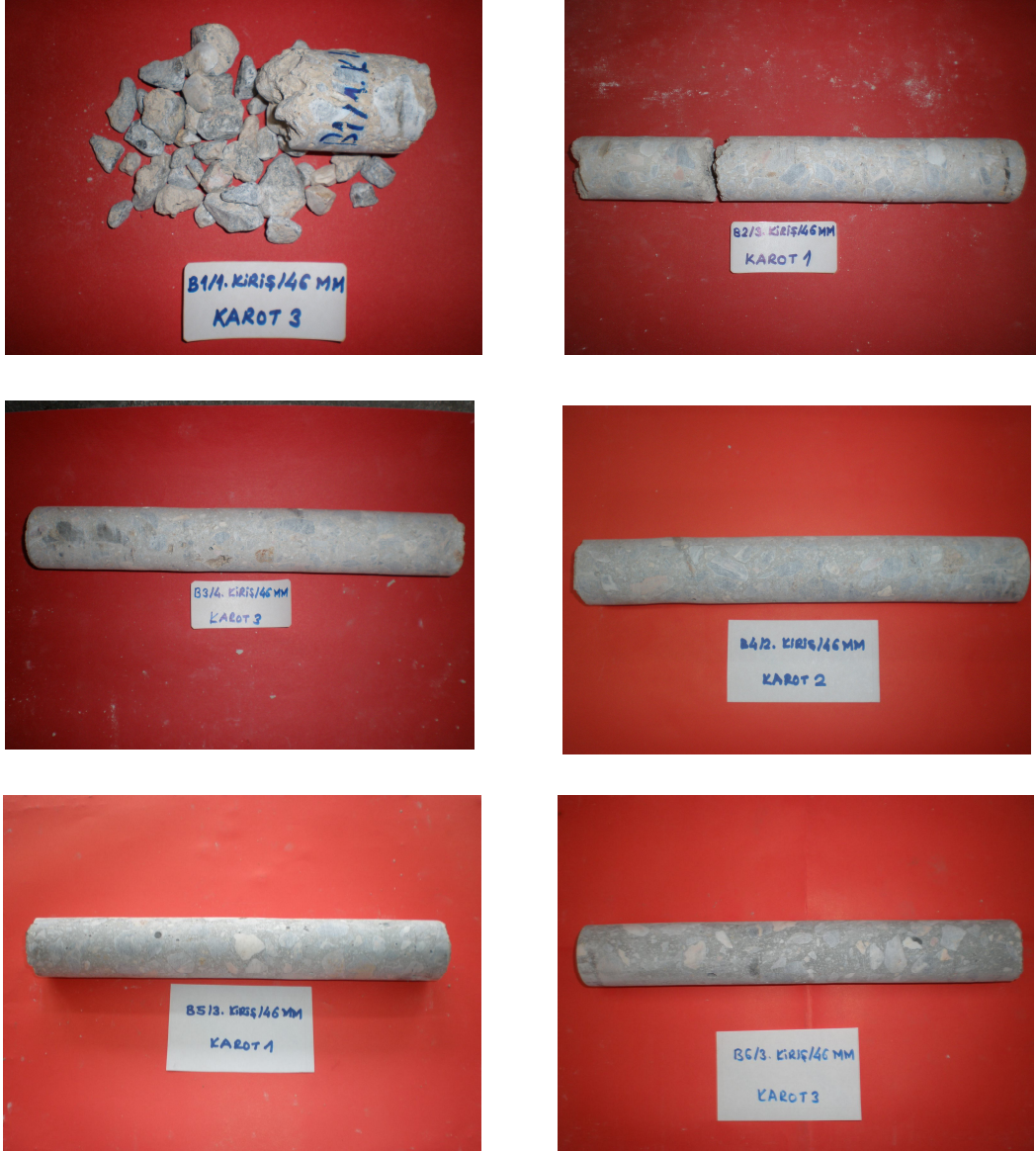
Şekil 6.6. Beton karışımlarından alınan 94 mm çaplı karot numuneler

Beton karışımlarından alınan 69 mm çaplı karot numunelerin resimleri Şekil 6.7’de görülmektedir.



Şekil 6.7. Beton karışımlarından alınan 69 mm çaplı karot numuneler

Beton karışımlarından alınan 46 mm çaplı karot numunelerin resimleri Şekil 6.8’de görülmektedir.



Şekil 6.8. Beton karışımlarından alınan 46 mm çaplı karot numuneler

Beton karışımlarından alınan 28 mm çaplı karot numunelerin resimleri Şekil 6.9'da görülmektedir.



Şekil 6.9. Beton karışımlarından alınan 28 mm çaplı karot numuneler

## 6.5. Karot Numunelerin Farklı Boy/Çap Oranlarında Kesilmesi ve Basınç Dayanımı Testi Yapılması

Beton K1-K6 karışımlarında ve hafif betonda 180 gün sonunda alınan karotlar kesme işlemi uygulanarak istenilen boy/çap oranlarında hazırlanmıştır. Beton K1 karışımlarından alınan 94 mm çaplı ve farklı boy/çap oranına sahip karot numunelerin resimleri Şekil 6.10'da görülmektedir. Beton K1 karışımının basınç dayanımı oldukça düşük olduğundan dolayı alınan karotların kesme işlemi esnasında agregaların ayrılması, düzgün numune kesilememesi gibi bazı durumlarla karşılaşılmıştır. Beton basınç dayanımı arttıkça bu sıkıntılar ortadan kalkmıştır.



Şekil 6.10. Beton K1 karışımlarından alınan 94 mm çaplı ve farklı boy/çap oranına sahip karot numuneler

Beton K1 karışımı hariç diğer tüm karışımlardan alınan 28 mm çaplı mikrokarotların istenilen boy/çap oranlarında kesilmesi işlemi Bilimsel Araştırma Projesi (BAP) kapsamında hizmet alımı gerçekleştirilerek bir mermer atölyesinde gerçekleştirilmiştir. Beton K1 karışımı hariç diğer karışımların tümünden alınan 28 mm çapındaki mikrokarotların farklı boy/çap oranlarında kesilmiş hali Şekil 6.11’de görülmektedir.



**Şekil 6.11.** Beton K1 karışımı hariç diğer karışımların tümünden alınan 28 mm çapındaki mikrokarotların farklı boy/çap oranlarında kesilmiş hali

Kesme işlemi sonrasında istenilen boy/çap oranlarında elde edilen karot numuneler basınç dayanımı testinden önce TS EN 12504-1'e göre 48 saat suda kür edilmiş ve daha sonra basınç dayanımı testine tabi tutulmuştur [11].

#### **6.6. İkinci Bölüm Deneysel Çalışmada 17 Farklı Blokta Farklı Elemanlardan Farklı Çaplarda Karot Numunelerin Alınması**

İkinci bölüm deneysel çalışmada farklı bloklardan seçilen yapı elemanlarından karot numuneler alınmış ve binalarda kullanılan betonun özellikleri belirlenmiştir. Böylece vaka analizi de gerçekleştirilmiştir. 17 farklı binada farklı yapı elemanlarından (kolon ve perde) 94, 64 ve 28 mm çapında karot numune alınmıştır. Her blokta seçilen taşıyıcı elemanlarda beton karot numunesi alınmadan önce Hilti Ferroskan donatı tarama cihazı ile donatı tarama işlemi gerçekleştirilmiş ve bu sayede karot numunesi alınacak bölge belirlenmiştir. Taşıyıcı eleman üzerinde ilk olarak Hilti Ferroskan donatı tarama cihazı ile yatay yönde taramalar gerçekleştirilmiş ve boyuna donatıların konumu belirlenmiştir. Daha sonra düşey yönde yapılan taramalar ile etriyelerin konumu belirlenmiştir. Karot numune alımında 94, 64 ve 28 mm olmak üzere üç farklı karot ucu kullanılmıştır. TS 10465 ve TS EN 12504-1 Türk standartlarına uygun olarak kolon ve perdeden 94 ve 64 mm çapında karot numunesi alınmıştır [10,11]. 17 farklı blokta 94, 64 ve 28 mm çapında karot ve mikrokarot alınan taşıyıcı eleman ve numaraları Çizelge 6.5'de verilmiştir.

**Çizelge 6.5.** 17 farklı blokta 94, 64 ve 28 mm çapında karot ve mikrokarot alınan taşıyıcı eleman ve numaraları

Bina No	Perde/Kolon	Perde No/Kolon No
Bina 1	Perde	1
	Perde	2
	Perde	3
	Perde	4
	Perde	5
	Perde	6
Bina 2	Perde	1
	Perde	2
	Perde	3
Bina 3	Kolon	1
	Kolon	2
	Perde	1
	Perde	2
	Kolon	3
	Kolon	4
Bina 4	Kolon	1
	Kolon	2
	Perde	1
	Perde	2
	Kolon	3
	Kolon	4
Bina 5	Kolon	1
	Kolon	2
	Perde	1
	Perde	2
	Kolon	3
	Kolon	4
Bina 6	Kolon	1
	Perde	1
	Kolon	2
Bina 7	Kolon	1
	Kolon	2
	Perde	1
	Kolon	3
	Kolon	4
	Perde	2
Bina 8	Kolon	1
	Perde	1
	Kolon	2

Çizelge 6.5. (devamı)

Bina 9	Kolon	1
	Kolon	2
	Perde	1
	Perde	2
	Kolon	3
	Kolon	4
Bina 10	Kolon	1
	Kolon	2
	Perde	1
	Perde	2
	Kolon	3
	Kolon	4
Bina 11	Kolon	1
	Kolon	2
	Perde	1
	Perde	2
	Kolon	3
	Kolon	4
Bina 12	Kolon	1
	Kolon	2
	Perde	1
	Perde	2
	Kolon	3
	Kolon	4
Bina 13	Kolon	1
	Kolon	2
	Kolon	3
	Perde	1
	Kolon	4
	Kolon	5
	Kolon	6
Bina 14	Kolon	1
	Perde	1
	Kolon	2
Bina 15	Kolon	1
	Kolon	2
	Perde	1
	Perde	2
	Kolon	3
	Kolon	4

**Çizelge 6.5.** (devamı)

Bina 16	Kolon	1
	Kolon	2
	Perde	1
	Perde	2
	Kolon	3
	Kolon	4
Bina 17	Kolon	1
	Kolon	2
	Perde	1
	Perde	2
	Kolon	3
	Kolon	4

Bina 1 ve Bina 6'da farklı taşıyıcı elemanlardan alınan 28 mm çapında mikrokarot görüntüleri Şekil 6.12-13'de verilmiştir.



Şekil 6.12. Bina 1'de farklı taşıyıcı elemanlardan alınan 28 mm çapındaki mikrokarot numuneler

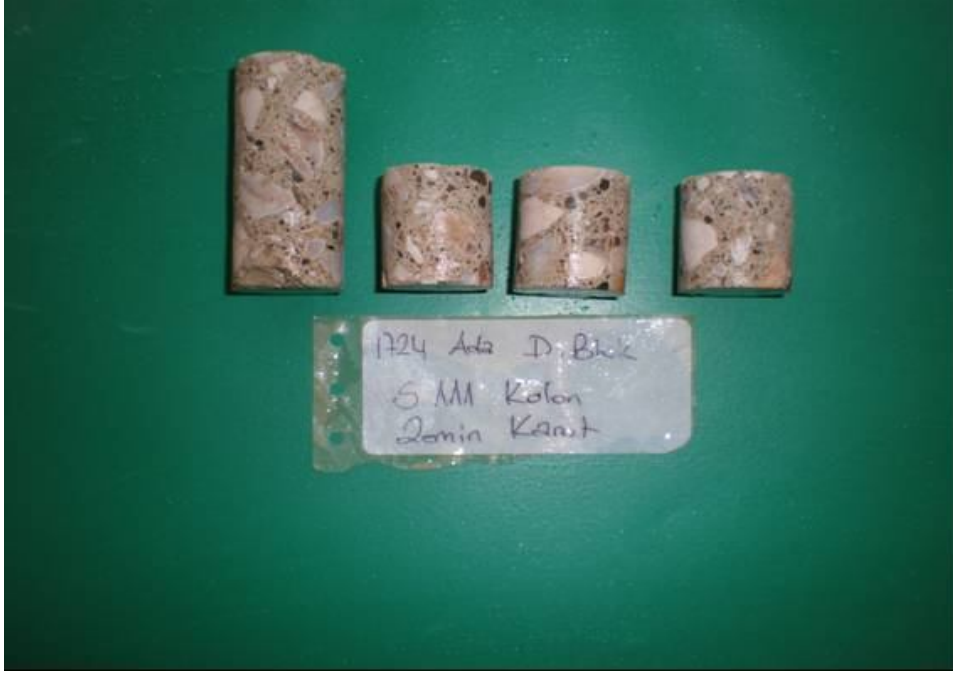


Şekil 6.13. Bina 6’da farklı taşıyıcı elemanlardan alınan 28 mm çapındaki mikrokarot numuneler

### 6.7. Karot Numunelerin Farklı Boy/Çap Oranlarında Kesilmesi

Tüm bloklardan farklı taşıyıcı elemanlardan alınan 94 ve 64 mm çapındaki karotlar Anadolu Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Yapı Malzemeleri Laboratuvarı’na getirilmiştir. 94 ve 64 mm çapındaki karot numuneler TS 10465 ve TS EN 12504-1 Türk Standardına uygun olarak belirtilen boy/çap oranında kesilmiş ve elde edilen karot numuneler TS EN 12504-1 Türk Standardına göre kür havuzuna yerleştirilmiş ve 48 saat suda bekletilmiştir [10,11]. Tüm karot numuneler 48 saat suda bekletildikten sonra kür havuzundan çıkarılmıştır ve beyaz çimento ile karot numunelerin her iki yüzüne başlık yapılmıştır.

Ayrıca farklı bloklarda farklı taşıyıcı elemanlardan alınan 28 mm çapındaki karot numunelerin TS 10465 ve TS EN 12504-1 Türk Standardına uygun olarak boy/çap oranı 1.0-2.0 arasında olmak üzere kesilmesi işlemleri bir mermer atölyesinde gerçekleştirilmiştir [10,11]. Kesilmiş numuneler laboratuara getirilmiş ve TS EN 12504-1 Türk Standardına göre kür havuzuna yerleştirilmiş ve 48 saat suda bekletilmiştir [11]. Bina 10, 1 nolu kolondan alınan 28 mm çapında ve boy/çap oranı 1,0-2,0 arasında kesilmiş karot numuneler Şekil 6.14’de görülmektedir.



**Şekil 6.14.** Bina 10, 1 nolu kolondan alınan 28 mm çapında ve boy/çap oranı 1,0-2,0 arasında kesilmiş karot numuneler

### **6.8. Farklı Boy/Çap Oranlarında Kesilen Karot Numunelerde Basınç Dayanımı Testi Yapılması**

Tüm karot numunelerin basınç dayanımı testinden önce kumpas ile boyu ve çapı ölçülmüştür. 94, 64 ve 28 mm çapında karotlar basınç dayanımı testine tabi tutulmuştur. Basınç dayanımı testinde yükleme hızı da karot çapına göre değişmiştir. Basınç dayanımı testleri ELE marka otomatik beton basınç presinde gerçekleştirilmiştir.

## 7. DENEYSEL BULGULAR VE TARTIŞMALAR

Deneysel çalışma kısmında belirtildiği şekilde, silindir ve beton küp numuneleri üzerinde standart basınç dayanımı testleri, beton kirişlerden alınan farklı çapta karotlar üzerinde farklı narinlikte olmak üzere basınç dayanımı testleri uygulanmıştır. Ayrıca 17 farklı binada farklı kolon ve perdelerden alınan karotlar üzerinde de basınç dayanımı testleri uygulanmıştır. Bu testlerin sonuçları ayrı ayrı gösterilmiştir.

### 7.1. Standart Testlerin Sonuçları

Beton karışımlarının 28 ve 180 günlük 150 mm küp ve 150x300 mm silindir numunesi basınç dayanımları Çizelge 7.1’de verilmiştir. Basınç dayanımı değerleri 6 adet numunenin ortalaması alınarak hesaplanmıştır.

**Çizelge 7.1.** Beton karışımlarının 28 ve 180 günlük 150 mm küp ve 150x300 mm silindir numunesi basınç dayanımları

Karışım	Basınç Dayanımı (MPa)			
	150 mm küp		150x300 mm silindir	
	28 günlük	180 günlük	28 günlük	180 günlük
Beton K1	9,3	10,0	5,5	5,7
Beton K2	13,1	17,2	11,4	15,4
Beton K3	26,6	32,5	18,9	24,0
Beton K4	42,7	46,0	38,8	41,3
Beton K5	48,5	56,4	44,1	47,7
Beton K6	56,8	58,6	45,4	53,1
Hafif beton	21,3	21,3	14,5	19,1

Dayanım sonuçlarına göre, genelde dayanım arttıkça silindir numune dayanımlarının küp numune dayanımlarına oranı da artmıştır. K1 betonunda 28 ve 180 günlük basınç dayanımı değerleri çok düşüktür ve bundan dolayı silindir numune dayanımı ile küp numune dayanımı oranı oldukça düşüktür. Pomza taşı ile üretilen hafif betonda 28 günlük silindir numune dayanımının küp numune dayanımına oranı düşük olmasına rağmen 180 günlük silindir numune dayanımının küp numune dayanımına oranı yüksek çıkmıştır.

Beton K1-K6 karışımlarında ve hafif betonda standart numunelerin 28 ve 180 günlük 150x300 mm silindir basınç dayanımı 150 mm küp basınç dayanımına oranlandığında elde edilen değerler Çizelge 7.2’de verilmiştir. TS 500 Türk Standardında beton sınıfları gösterilmiş ve bu sınıflara göre üretilecek olan betonların sağlaması gereken silindir ve küp numune basınç dayanımları belirtilmiştir. Bir karşılaştırma gerçekleştirilmesi amacıyla Çizelge 7.2’nin son sütunu, deneysel çalışmanın bu bölümünde üretilen betonların 28 günlük dayanım değerlerine göre, TS 500 Türk Standardı’ndan alınan silindir numune dayanımlarının küp numune dayanımlarına oranlarını göstermektedir [83].

**Çizelge 7.2.** Standart numunelerin 28 ve 180 günlük basınç dayanımlarının oranları

Karışım	$f_{sil\ 150}/f_{küp\ 150}$		$f_{sil\ 150}/f_{küp\ 150\ TS\ 500}$
	28 gün	180 gün	
Beton K1	0,59	0,57	-
Beton K2	0,87	0,90	-
Beton K3	0,71	0,74	0,82
Beton K4	0,91	0,90	0,75
Beton K5	0,91	0,85	0,80
Beton K6	0,80	0,91	0,82
Hafif Beton	0,68	0,90	-

TS 500 standardında yer alan beton sınıfları ve dayanımları Çizelge 7.3’de verilmiştir [83].

**Çizelge 7.3.** TS 500 Standardında yer alan beton sınıfları ve dayanımları [83]

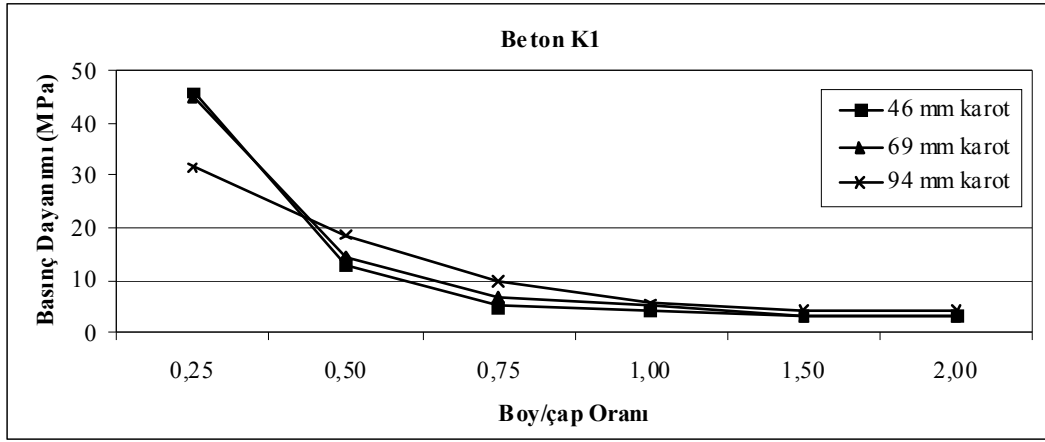
Beton Sınıfı	$f_{sil\ 150x300}$ (MPa)	$f_{küp\ 150}$ (MPa)	$f_{sil}/f_{küp}$
C 16	16	20	0.80
C 18	18	22	0.82
C 20	20	25	0.80
C 25	25	30	0.83
C 30	30	37	0.81
C 35	35	45	0.78
C 40	40	50	0.80
C 45	45	55	0.82
C 50	50	60	0.83

Çizelge 7.2'den görüleceği gibi, 28 günlük standart 150x300 mm silindir numunelerin basınç dayanımları ile 28 günlük standart 150 mm küp numunelerin basınç dayanımları arasındaki oran, 0,59-0,91 arasında değişmektedir. 180 günlük numunelerde ise bu değer aralığı 0,57-0,91 olmuştur. K3 ve K6 betonlarında bu oranlar TS 500 Türk Standardı'ndaki oranlardan daha düşük ancak birbirine yakın olarak belirlenmiştir. K4 ve K5 betonlarında ise daha yüksek oranlar bulunmuştur. Bu çalışmada hafif beton haricinde 28 günlük oranlar ile 180 günlük oranlar arasında önemli farklılıkların olmadığı gözlenmiştir. Bu çalışma sayesinde dayanımı oldukça düşük betonların silindir numune dayanımlarının küp numune dayanımlarına oranı da TS 500 Türk Standardına bir katkı sağlamıştır.

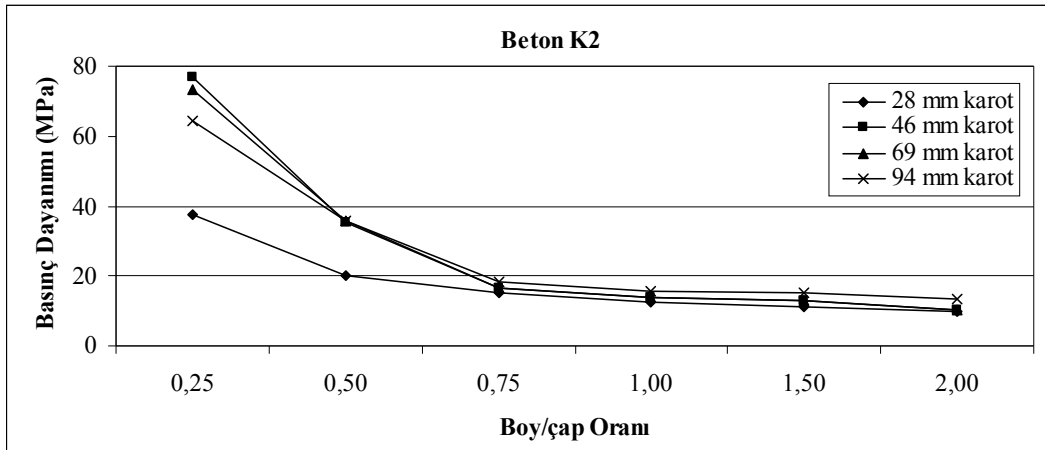
## **7.2. Karot Deneylerinin Sonuçları**

### **7.2.1. Karot boy/çap oranının karot basınç dayanımı üzerindeki etkisi**

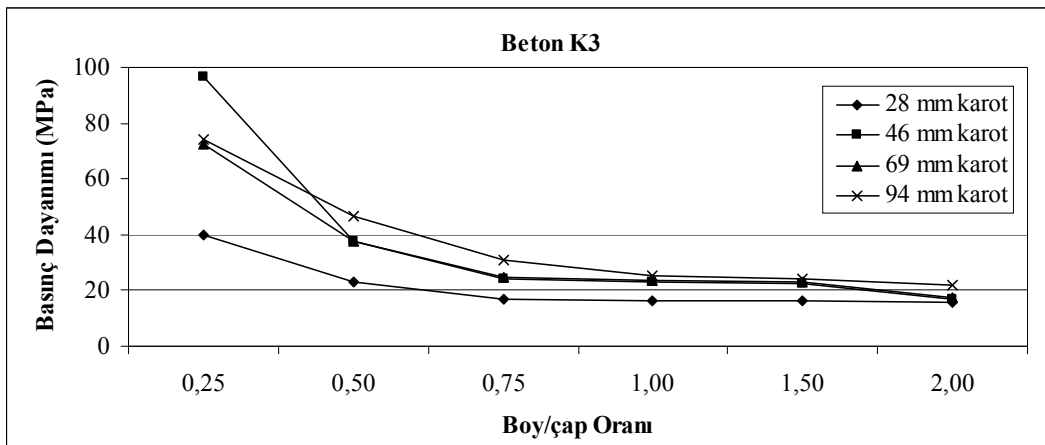
DeneySEL çalışmanın birinci bölümünde karot testlerinde 94, 69, 46 ve 28 mm olmak üzere 4 farklı çapta karot numuneleri alınmış ve numuneler her çap için 2, 1,50, 1,0, 0,75, 0,50 ve 0,25 olmak üzere 6 farklı boy/çap oranında test edilmiştir. Standartlarda karot boy/çap oranının 1,0'den küçük olmaması gerektiği belirtilmiştir. Bu çalışmada ulusal ve uluslararası standartlarda mevcut olmayan 0,75, 0,50 ve 0,25 boy/çap oranları da kullanılmıştır. Beton K1-K6 karışımları ve hafif beton için basınç dayanımı-boy/çap oranı ilişkisi grafiksel olarak gösterilmiştir. Şekil 7.1-6'da Beton K1-K6 karışımlarında her bir beton için basınç dayanımı-boy/çap oranı ilişkisi görülmektedir. Hafif beton için basınç dayanımı-boy/çap oranı ilişkisi Şekil 7.7'de görülmektedir. Bu grafiklerde gösterilen her bir basınç dayanımı sonucu en az 6 adet karot numunesi basınç dayanımı sonuçlarının ortalamasıdır ve bu değer çapı 28 mm olan karotlarda 80'e kadar çıkmıştır.



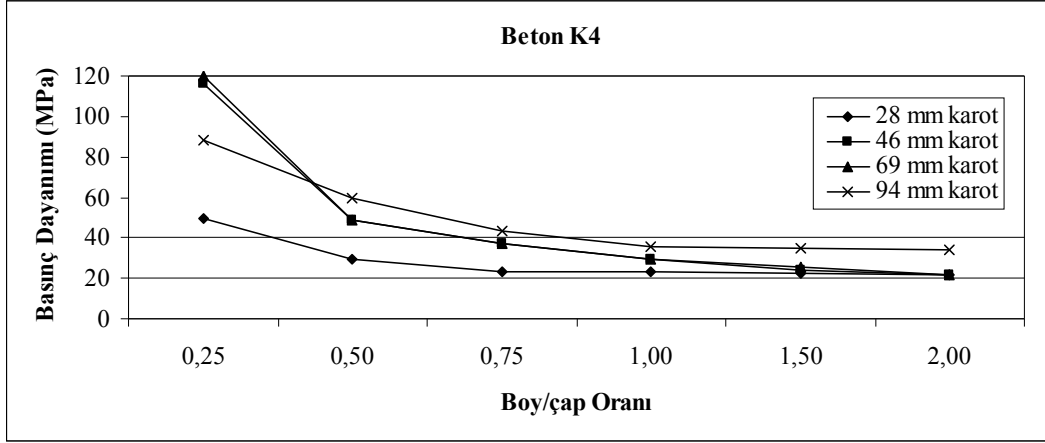
Şekil 7.1. Beton K1 karışımında üretilen kiriş betonlardan çıkarılan karot numunelerinin basınç dayanımları



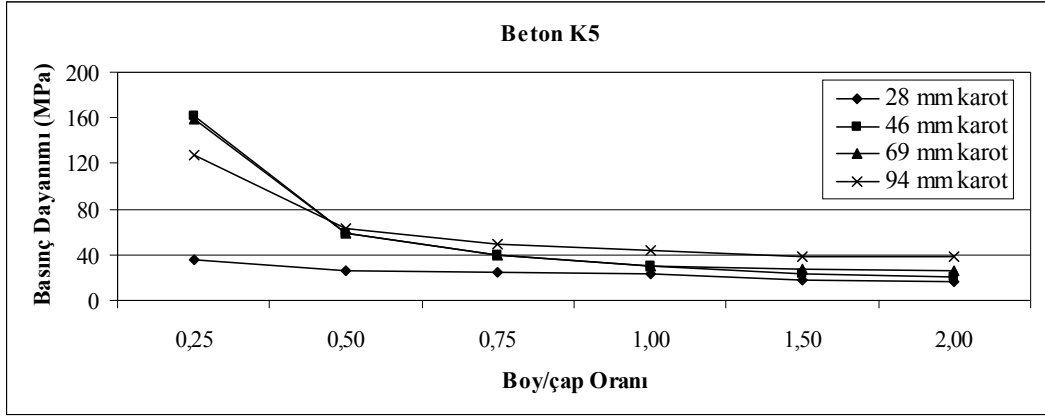
Şekil 7.2. Beton K2 karışımında üretilen kiriş betonlardan çıkarılan karot numunelerinin basınç dayanımları



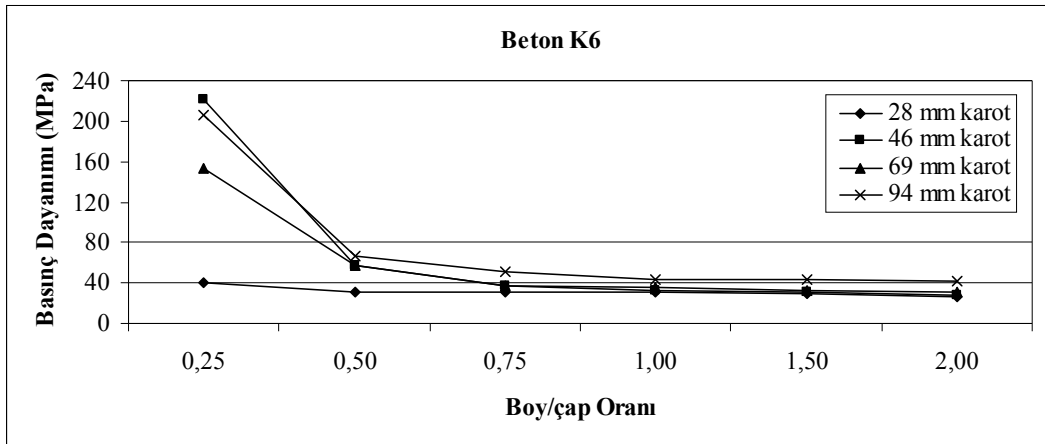
Şekil 7.3. Beton K3 karışımında üretilen kiriş betonlardan çıkarılan karot numunelerinin basınç dayanımları



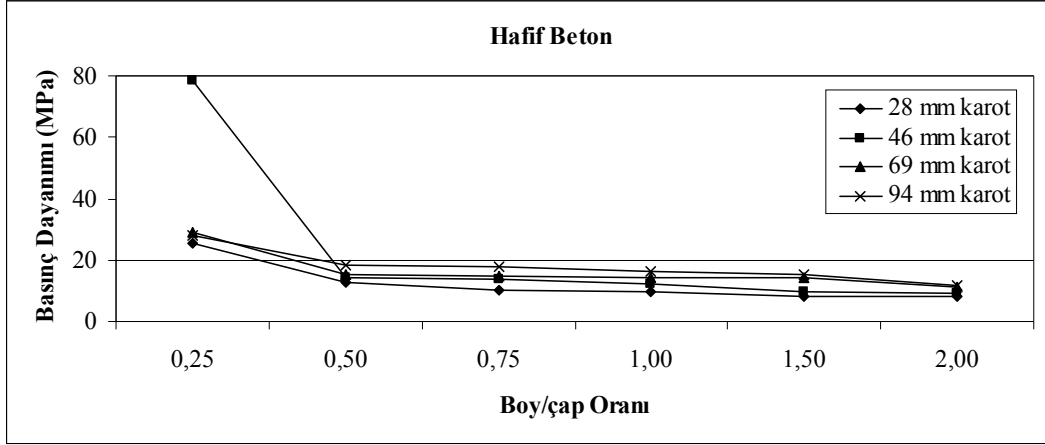
Şekil 7.4. Beton K4 karışımında üretilen kiriş betonlardan çıkarılan karot numunelerinin basınç dayanımları



Şekil 7.5. Beton K5 karışımında üretilen kiriş betonlardan çıkarılan karot numunelerinin basınç dayanımları



Şekil 7.6. Beton K6 karışımında üretilen kiriş betonlardan çıkarılan karot numunelerinin basınç dayanımları



Şekil 7.7. Hafif beton karışımında üretilen kiriş betonlardan çıkarılan karot numunelerinin basınç dayanımları

Şekil 7.1-7'deki grafiklerden de görüleceği gibi, karot numunesinin boy/çap oranı azaldıkça basınç dayanımı genelde artmaktadır. Standart silindir numunelerin boy/çap oranı 2 iken standart küp numunelerin boy/çap oranı 1 olmaktadır. Ayrıca Griffith hipotezine göre küçük numuneler büyük numunelere göre daha az kusur içermektedir ve boy/çap oranı küçük olan karot numunelerinin basınç dayanımlarının daha yüksek olması Griffith hipotezini doğrulamaktadır.

TS 10465 ve TS EN 12504-1 Türk standartlarında karot numune basınç dayanımı silindir numune basınç dayanımı ile karşılaştırılacaksa, karot numune narinliğinin 2 olması, küp numune basınç dayanımı ile karşılaştırılacaksa karot numune narinliğinin 1 olması gerektiği belirtilmektedir [10,11]. Amerikan ve İngiliz standartlarında ise farklı boy/çap oranına sahip karot numuneler için düzeltme faktörleri verilmiştir. Yapı elemanlarının boyutları boy/çap oranı 2 olacak şekilde karot numunesi alınması için uygun olmayabilir. Herhangi bir boy/çap oranında alınan karot numune basınç dayanımının boy/çap oranı 2 olacak şekilde karot numune basınç dayanımına çevrilmesi gerekmektedir. Türk Standartlarında bu şekilde bir dönüşüm yer almamaktadır.

Çizelge 7.4-7, Beton K1-K6 karışımlarında ve hafif betonda her bir karışım için farklı çaplarda ve boy/çap oranı 2 olan standart boyutlu karot numunelerinin 180 günlük basınç dayanımlarının, farklı boy/çap oranına sahip karot numunelerinin basınç dayanımlarına oranlarını göstermektedir. Bir başka

deyişle, bu oranlar, standartlarda da belirtilen bir nevi narinlik düzeltme faktörüdür.

**Çizelge 7.4.** Çapı 28 mm olan karotlar için narinlik düzeltme faktörleri

Karışım	Boy/Çap Oranı					
	2,00	1,50	1,00	0,75	0,50	0,25
Beton K1	-	-	-	-	-	-
Beton K2	1,00	0,87	0,78	0,65	0,49	0,26
Beton K3	1,00	0,98	0,98	0,95	0,68	0,40
Beton K4	1,00	0,96	0,94	0,93	0,74	0,44
Beton K5	1,00	0,92	0,71	0,69	0,63	0,47
Beton K6	1,00	0,89	0,87	0,86	0,86	0,66
Hafif beton	1,00	0,97	0,83	0,77	0,64	0,32
ASTM	1,00	0,96	0,87	-	-	-
BS	1,00	0,92	0,80	-	-	-

**Çizelge 7.5.** Çapı 46 mm olan karotlar için narinlik düzeltme faktörleri

Karışım	Boy/Çap Oranı					
	2,00	1,50	1,00	0,75	0,50	0,25
Beton K1	1,00	0,98	0,73	0,65	0,25	0,07
Beton K2	1,00	0,81	0,76	0,63	0,29	0,13
Beton K3	1,00	0,74	0,73	0,69	0,44	0,17
Beton K4	1,00	0,92	0,75	0,59	0,45	0,19
Beton K5	1,00	0,91	0,71	0,54	0,36	0,13
Beton K6	1,00	0,92	0,88	0,76	0,49	0,13
Hafif beton	1,00	0,96	0,75	0,68	0,65	0,12
ASTM	1,00	0,96	0,87	-	-	-
BS	1,00	0,92	0,80	-	-	-

**Çizelge 7.6.** Çapı 69 mm olan karotlar için narinlik düzeltme faktörleri

Karışım	Boy/Çap Oranı					
	2,00	1,50	1,00	0,75	0,50	0,25
Beton K1	1,00	0,98	0,64	0,47	0,23	0,07
Beton K2	1,00	0,82	0,75	0,63	0,29	0,14
Beton K3	1,00	0,75	0,73	0,70	0,46	0,24
Beton K4	1,00	0,87	0,75	0,59	0,45	0,18
Beton K5	1,00	0,95	0,87	0,66	0,45	0,17
Beton K6	1,00	0,96	0,88	0,84	0,54	0,21
Hafif beton	1,00	0,78	0,78	0,74	0,73	0,38
ASTM	1,00	0,96	0,87	-	-	-
BS	1,00	0,92	0,80	-	-	-

**Çizelge 7.7.** Çapı 94 mm olan karotlar için narinlik düzeltme faktörleri

Karışım	Boy/Çap Oranı					
	2,00	1,50	1,00	0,75	0,50	0,25
Beton K1	1,00	0,94	0,73	0,42	0,22	0,13
Beton K2	1,00	0,88	0,85	0,73	0,38	0,21
Beton K3	1,00	0,90	0,86	0,71	0,47	0,29
Beton K4	1,00	0,98	0,95	0,79	0,58	0,39
Beton K5	1,00	0,99	0,88	0,78	0,60	0,30
Beton K6	1,00	0,98	0,98	0,83	0,62	0,20
Hafif beton	1,00	0,77	0,71	0,66	0,64	0,41
ASTM	1,00	0,96	0,87	-	-	-
BS	1,00	0,92	0,80	-	-	-

28 mm ve 46 mm çaplı numunelerin sonuçlarına baktığımızda genelde ASTM ve BS standartlarındaki değerlerle benzerlik göze çarpmaktadır. Örneğin; kırmataş agrega ile üretilen Beton K4 karışımından alınan 28 mm çaplı karot ve boy/çap oranı 1,50 için bu oran 0,96 olmuştur. Bu da ASTM standartlarında verilen değer ile aynıdır. Beton K4 ve Beton K6 karışımlarından alınan 46 mm çaplı karot ve boy/çap oranı 1,50 için bu oran 0,92 olmuştur. Bu da BS standartlarında verilen değer ile aynıdır. 69 mm ve 94 mm çaplı numunelerin sonuçlarına göre narinlik düzeltme faktörleri ASTM ve BS standartlarındaki değerlerden yüksek olarak bulunmuştur. Örneğin; kırmataş agrega ile üretilen Beton K4, K5 ve K6 karışımlarından alınan 94 mm çaplı karot ve boy/çap oranı 1,50 için oranlar sırasıyla 0,98, 0,99 ve 0,98 olmuştur. Bu değerler ASTM ve BS standartlarındaki değerlerden daha yüksektir. 94 mm çaplı karot ve boy/çap oranı 1,00 için oranlar sırasıyla 0,95, 0,88 ve 0,98 olmuştur. Bu değerler de ASTM ve BS standartlarındaki değerlerden daha yüksektir.

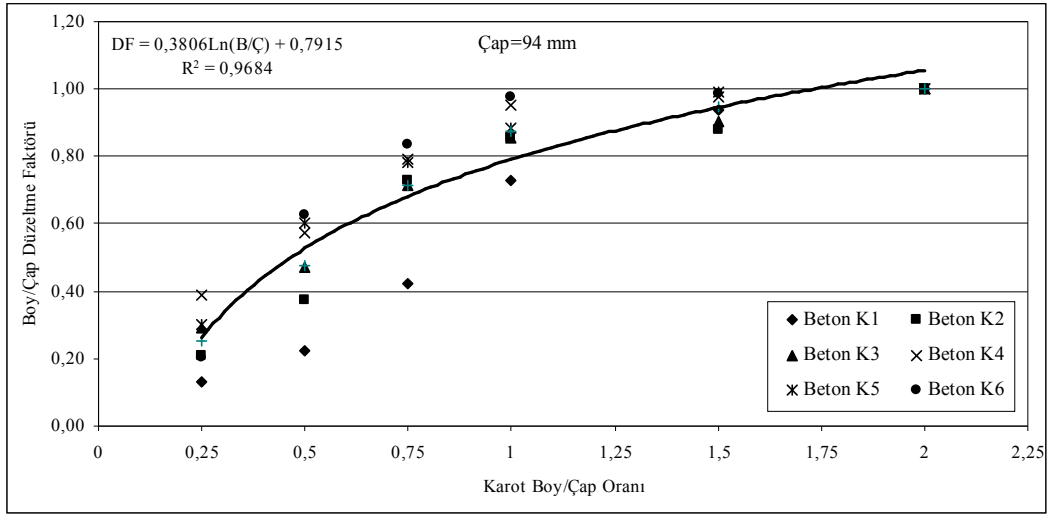
Ulusal ve uluslararası standartlar boy/çap oranı 1'den küçük olan karotların kullanılmaması gerektiğini tavsiye etmektedir. Standartlarda bu ibarenin yer alması boy/çap oranı 1'den az olan numunelerin dayanımlarının çok yüksek çıkarak değerlendirmeyi zorlaştırmasından kaynaklanmaktadır. Boy/çap oranı 1'den az olan numunelerin dayanımlarındaki değişkenliğin farklılık gösterebileceği belirtilmektedir. Bu çalışmada 0,75, 0,50 ve 0,25 gibi 1'den oldukça düşük olan boy/çap oranları da denenmiştir. Boy/çap oranları 1'den 0,25'e düştüğünde dayanımlar arasında farklar gözlenmiştir. Boy/çap oranı 1'den az olan 28 mm çaplı karotların narinlik düzeltme faktörleri arasındaki farklar diğer

çaptaki karotların narinlik düzeltme faktörleri arasındaki farklılara göre genelde daha düşüktür.

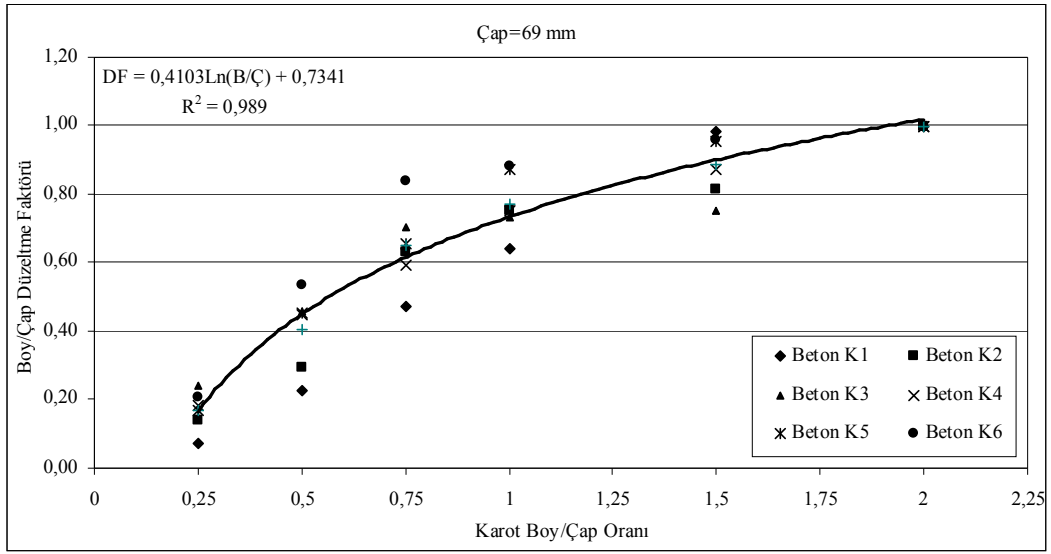
Hafif betondan alınan 28 mm ve 46 mm çaplı numunelerin sonuçlarına baktığımızda ASTM ve BS standartlarındaki değerlerle benzerlik göze çarpmaktadır. Örneğin; pomza taşı ile hafif betondan alınan 28 mm çaplı karot ve boy/çap oranı 1 için bu oran 0,83 olmuştur. Bu da ASTM ve BS standartlarında verilen değerler ile birbirine çok yakındır. Hafif betondan alınan 46 mm çaplı karot ve boy/çap oranı 1,50 için bu oran 0,96 olmuştur. Bu da ASTM standartlarında verilen değer ile aynıdır. 69 mm ve 94 mm çaplı numunelerin sonuçlarına baktığımızda narinlik düzeltme faktörleri ASTM ve BS standartlarındaki değerlerle genelde benzerdir ancak narinlik düzeltme faktörleri standartlardaki değerlerden düşük olarak bulunmuştur. Örneğin; pomza taşı ile üretilen hafif betondan alınan 69 ve 94 mm çaplı karotlar ve boy/çap oranı 1 için oranlar sırasıyla 0,78 ve 0,71 olmuştur. Bu değerler ASTM ve BS standartlarındaki değerlerden daha düşüktür. Küçük çaplı karotların narinlik düzeltme faktörlerinin standartlardaki değerlere yakın olması fazla sayıda küçük çaplı karotun test edilmesinden kaynaklanmaktadır.

Bu çalışmada hafif betondan 0,75, 0,50 ve 0,25 gibi 1'den düşük olan boy/çap oranlarında karotlar da alınmıştır. Boy/çap oranları 1'den 0,25'e düştüğünde dayanımlar arasında farklar gözlenmiştir. Boy/çap oranı 0,50 değerine kadar dayanımlarda önemli derecede azalmalar meydana gelmemiştir. Bu durum özellikle 28 mm çaplı mikkarotlarda gözlenmiştir.

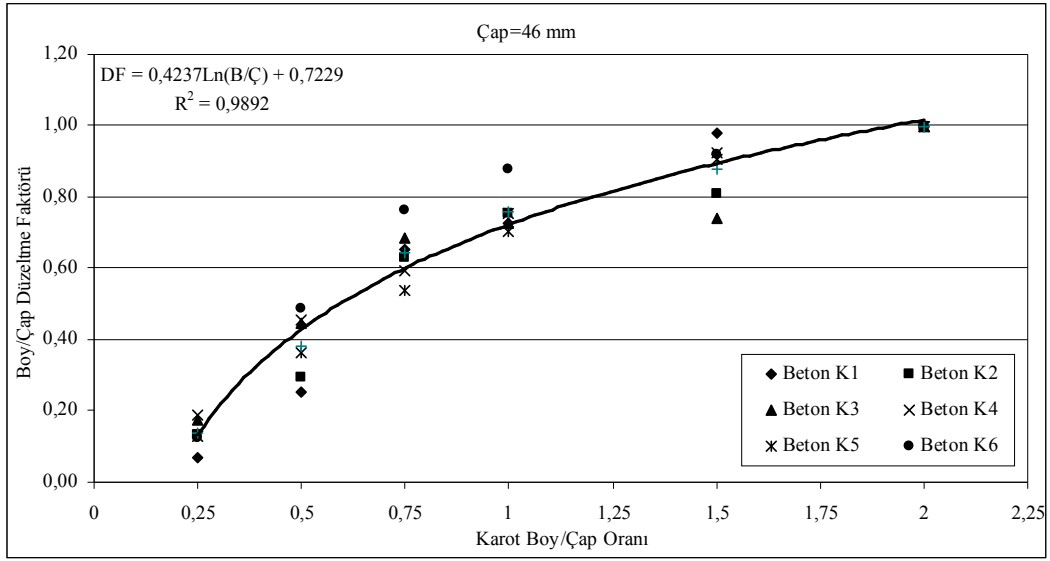
Beton K1-K6 karışımında karot boy/çap oranı için Çizelge 7.4-7'de belirtilen düzeltme faktörleri için, 180 günlük değerlerin logaritmik regresyon analizi yapılacak olursa, Şekil 7.8-11'de gösterilen ilişkiler elde edilebilir.



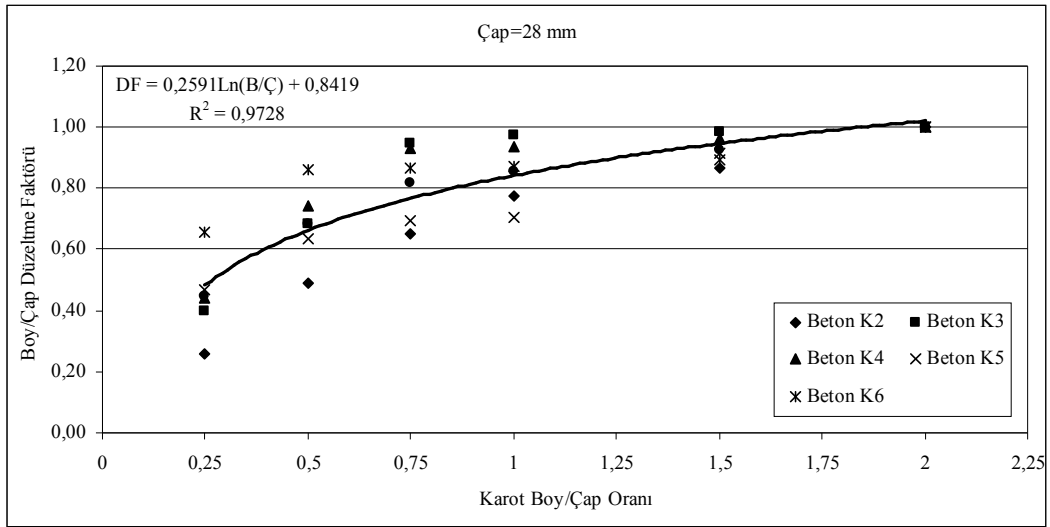
**Şekil 7.8.** Kırmataş ile üretilen betonlardan çıkarılan 94 mm çapındaki karotların boy/çap oranı düzeltme faktörlerinin regresyon analizi



**Şekil 7.9.** Kırmataş ile üretilen betonlardan çıkarılan 69 mm çapındaki karotların boy/çap oranı düzeltme faktörlerinin regresyon analizi



**Şekil 7.10.** Kırmataş ile üretilen betonlardan çıkarılan 46 mm çapındaki karotların boy/çap oranı düzeltme faktörlerinin regresyon analizi



**Şekil 7.11.** Kırmataş ile üretilen betonlardan çıkarılan 28 mm çapındaki karotların boy/çap oranı düzeltme faktörlerinin regresyon analizi

## 7.2.2. Karot çapının karot basınç dayanımı üzerindeki etkisi

Karot çapı azaldıkça tüm beton karışımları için karot numune basınç dayanımı da azalmaktadır. Bunun da karot alma esnasında meydana gelen numune örselenmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Dolayısıyla karot çapı azaldıkça örselenme de artmaktadır. Bungey'in [53] 1979 yılında gerçekleştirdiği çalışmada karot çapı azaldıkça basınç dayanımının artacağı ve küçük çaplı karotlarda sonuçların değişkenliğinin artacağı belirtilmiştir. Karot çapının karot dayanımına etkisi Çizelge 7.8-9'da verilmiştir. Burada karot numunelerinin basınç dayanımları 94 mm çapındaki karotun basınç dayanımı değeri üzerinden hesaplanmıştır. Çizelge 7.8-9 boy/çap oranları 2 ve 1 olan numuneler için karot çapının dayanım üzerindeki etkisini göstermektedir. Çizelgelerde yazılan değerler çap düzeltme faktörleridir. Bu faktörlerin hesabı için, 94 mm çapındaki karotların düzeltme faktörü 1 olarak kabul edilmiş ve diğer karot çaplarına ait faktörler buna göre hesaplanmıştır.

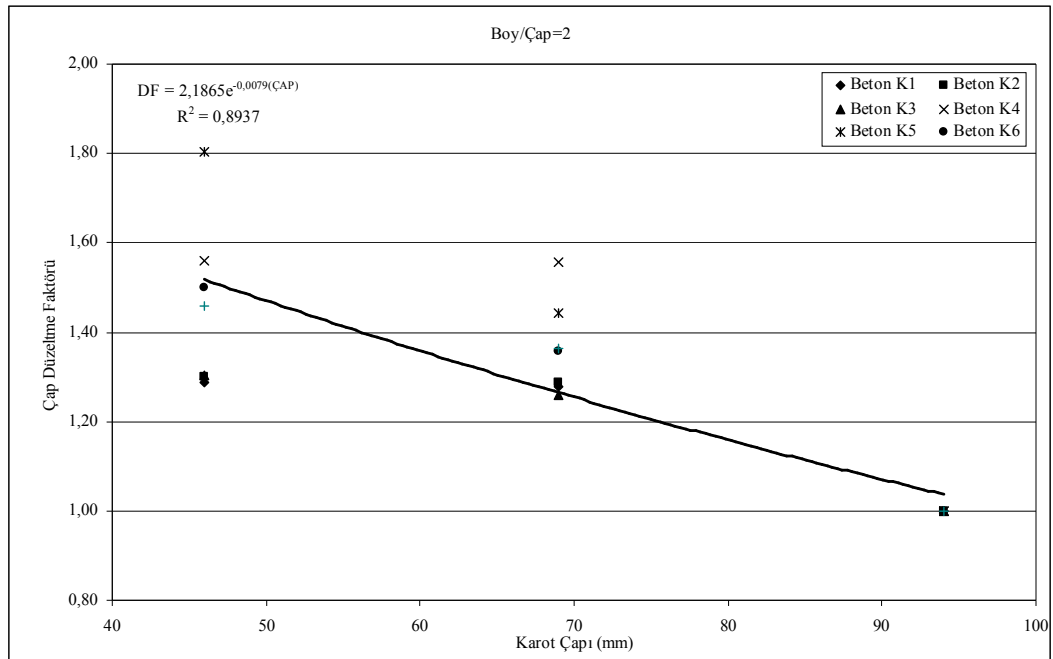
**Çizelge 7.8.** Boy/çap oranı 2 olan karotlar için çap düzeltme faktörleri

Karışım	Karot Çapı (mm)			
	94	69	46	28
Beton K1	1,00	1,28	1,29	-
Beton K2	1,00	1,29	1,30	1,38
Beton K3	1,00	1,26	1,30	1,39
Beton K4	1,00	1,56	1,56	1,56
Beton K5	1,00	1,44	1,80	2,27
Beton K6	1,00	1,36	1,50	1,58
Hafif beton	1,00	1,05	1,19	1,17

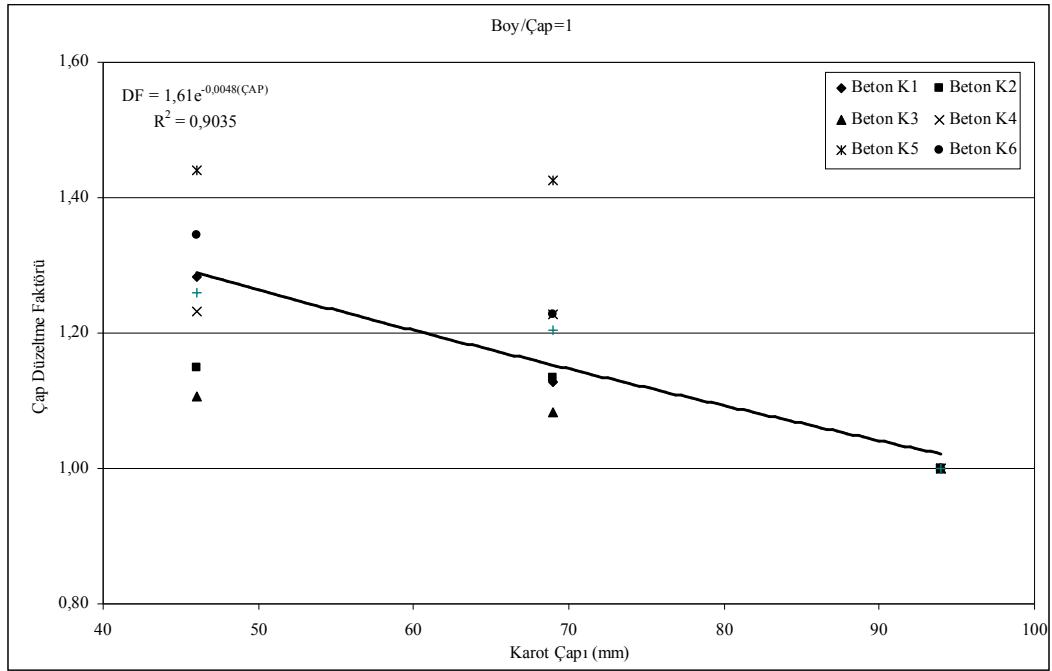
**Çizelge 7.9.** Boy/çap oranı 1 olan karotlar için çap düzeltme faktörleri

Karışım	Karot Çapı (mm)			
	94	69	46	28
Beton K1	1,00	1,13	1,28	-
Beton K2	1,00	1,13	1,15	1,25
Beton K3	1,00	1,08	1,11	1,58
Beton K4	1,00	1,23	1,23	1,54
Beton K5	1,00	1,43	1,44	1,82
Beton K6	1,00	1,23	1,35	1,41
Hafif beton	1,00	1,14	1,15	1,30

K1-K6 betonlarında karot çapının basınç dayanımı üzerindeki etkisi boy/çap oranı farklılığına göre değişmekte, karot çapı küçüldükçe karot basınç dayanımı da azalmaktadır. Özellikle 46 ve 28 mm gibi küçük çaplarda çapın etkisinin önemli derecede olduğu görülmekte, küçük çaplı karotlarda örselenme fazla olmaktadır. Hafif betonda karot çapının basınç dayanımı üzerindeki etkisi boy/çap oranı farklılığına göre değişmekte, karot çapı küçüldükçe karot basınç dayanımı da azalmaktadır. Hafif betonda karot çapı azaldıkça basınç dayanımlarının önemli oranda değişmediği görülmektedir. Özellikle 46 ve 28 mm gibi küçük çaplarda çap düzeltme faktörlerinin birbirine yakın derecede olduğu belirlenmiştir. Karot çapı için elde edilen düzeltme faktörleri üstel regresyon analizi ile incelenmiş ve Şekil 7.12-13’de sonuçlara ulaşılmıştır.



**Şekil 7.12.** Üretilen betonlardan çıkarılan karot numunelerinin çap düzeltme faktörlerinin regresyon analizi (boy/çap=2)



**Şekil 7.13.** Üretilen betonlardan çıkarılan karot numunelerinin çap düzeltme faktörlerinin regresyon analizi (boy/çap=1)

### 7.2.3. Karot deneyleri sonuçlarının değerlendirilmesi

Karot deneyleri sonucunda elde edilen karot dayanımlarının değerlendirilmesinde standartlar, eğer karot dayanımı standard silindir dayanımı ile karşılaştırılacaksa, boy/çap oranının 2 olması gerektiğini, eğer karot dayanımı standard küp dayanımı ile karşılaştırılacaksa, karotun boy/çap oranının 1 olması gerektiğini belirtir. Çizelge 7.10, Beton K1-K6 karışımlarından üretilen betonlardan ve hafif betondan alınan boy/çap oranı 2 olan farklı çaplardaki karotların dayanımlarının 150x300 mm standard silindir numunelerin dayanımlarına oranlarını göstermektedir.

**Çizelge 7.10.** Beton K1-K6 karışımlarından üretilen betonlardan ve hafif betondan alınan boy/çap oranı 2 olan karotların dayanımlarının 150x300 mm standard silindir numunesi dayanımına oranları (180 günlük)

Karışım	$f_{karot94}/f_{silindir}$	$f_{karot69}/f_{silindir}$	$f_{karot46}/f_{silindir}$	$f_{karot28}/f_{silindir}$
Beton K1	0,74	0,58	0,57	-
Beton K2	0,87	0,68	0,67	0,63
Beton K3	0,91	0,72	0,70	0,66
Beton K4	0,83	0,53	0,53	0,53
Beton K5	0,80	0,56	0,44	0,35
Beton K6	0,79	0,58	0,53	0,50
Hafif beton	0,61	0,58	0,49	0,42

Çizelge 7.10’da gösterilen değerleri yorumlayacak olursak, karot çapı karot numunesinin dayanım değerlendirmesinde önemli bir faktördür. Karot çapı azaldıkça karot dayanımının silindir numune dayanımına oranı genelde azalmaktadır. Ancak özellikle belirtmek gerekir ki 28 mm çaplı mikrokarot dayanımlarının silindir numune dayanımlarına oranları 46 mm çaplı küçük çaplı karot dayanımlarının silindir numune dayanımlarına oranlarına yakındır. Hafif betonda da karot çapı azaldıkça karot dayanımının silindir numune dayanımına oranı azalmaktadır. Kırmataş agrega kullanılan numunelerdekine göre bu oranların nispeten daha az olduğu görülmektedir.

Çizelge 7.11 ise Beton K1-K6 karışımlarından üretilen betonlardan ve hafif betondan alınan boy/çap oranı 1 olan farklı çaplardaki karotların dayanımlarının 150 mm standard küp numunesi dayanımlarına oranlarını özetlemektedir.

**Çizelge 7.11.** Beton K1-K6 karışımlarından üretilen betonlardan ve hafif betondan alınan boy/çap oranı 1 olan karotların dayanımlarının 150 mm standard küp numunesi dayanımına oranları (180 günlük)

Karışım	$f_{karot94}/f_{küp}$	$f_{karot69}/f_{küp}$	$f_{karot46}/f_{küp}$	$f_{karot28}/f_{küp}$
Beton K1	0,57	0,51	0,44	-
Beton K2	0,91	0,81	0,80	0,73
Beton K3	0,78	0,72	0,71	0,50
Beton K4	0,78	0,64	0,63	0,51
Beton K5	0,77	0,54	0,53	0,42
Beton K6	0,73	0,60	0,55	0,52
Hafif beton	0,77	0,67	0,58	0,45

Çizelge 7.11'e bakıldığında 28 mm çaplı mikrokaret dayanımlarının küp numune dayanımlarına oranları 46 mm çaplı küçük çaplı karot dayanımlarının küp numune dayanımlarına oranlarına yakın olduğu görülmektedir. Hafif betonda ise karot çapı azaldıkça karot dayanımının küp numune dayanımına oranı azalmaktadır.

Çizelge 7.12'de Beton K1-K6 karışımından ve hafif betondan üretilen standart küp dayanımlarının 28 mm çapında mikrokaret dayanımları ile karşılaştırılması görülmektedir.

**Çizelge 7.12.** Beton K1-K6 karışımından ve hafif betondan üretilen standart küp dayanımlarının 28 mm çapında mikrokaret dayanımları ile karşılaştırılması

Karışım	$\bar{f}_k$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\bar{f}_m$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\bar{f}_m / \bar{f}_k$	V <sub>k</sub> (%)	V <sub>m</sub> (%)	V <sub>m</sub> /V <sub>k</sub>
Beton K1	10,04	-	-	6,09	-	-
Beton K2	17,20	12,54	0,73	6,76	18,16	2,69
Beton K3	32,53	16,15	0,50	6,64	25,62	3,86
Beton K4	46,04	23,41	0,51	11,65	14,87	1,28
Beton K5	56,39	23,81	0,42	9,86	6,72	0,68
Beton K6	58,55	30,49	0,52	8,62	18,77	2,18
Hafif beton	21,32	9,58	0,45	9,41	8,60	0,91

Mikrokaretlerde değişkenlik katsayıları farklılık göstermiştir. Karot dayanımı/küp dayanımı oranı 0,42-0,73 aralığında değişmiş olup, ortalama değeri yaklaşık 0,54'tür. Mikrokaret kullanımında gözlenen değişkenlik katsayıları, standart küpe oranla yüksektir. Alınan değişkenlik katsayısının standart küplere karşı gelen değişkenlik katsayısına oranı 0,68-3,86 aralığı içinde değişmektedir. Hafif betondan alınan mikrokaretlerde değişkenlik katsayısının küp numune değişkenlik katsayısına yakın olduğu görülmektedir. Mikrokaret kullanımında gözlenen değişkenlik katsayısı standart küpe oranla düşüktür. Indelicato [12] ise yaptığı çalışmadan karot dayanımı/küp dayanımı oranının 0,79-1,22 aralığında değişmiş olduğunu ve ortalama değerini yaklaşık 0,9 olduğunu belirlemiştir. Ayrıca Indelicato [12] alınan değişkenlik katsayısının standart küplere karşı gelen değişkenlik katsayısına oranının 1,72-6,04 gibi geniş bir aralık içinde değiştiğini gözlemiştir.

Çizelge 7.13’de Beton K1-K6 karışımından ve hafif betondan üretilen standart silindir dayanımlarının 28 mm çapında mikrokartot dayanımları ile karşılaştırılması verilmiştir

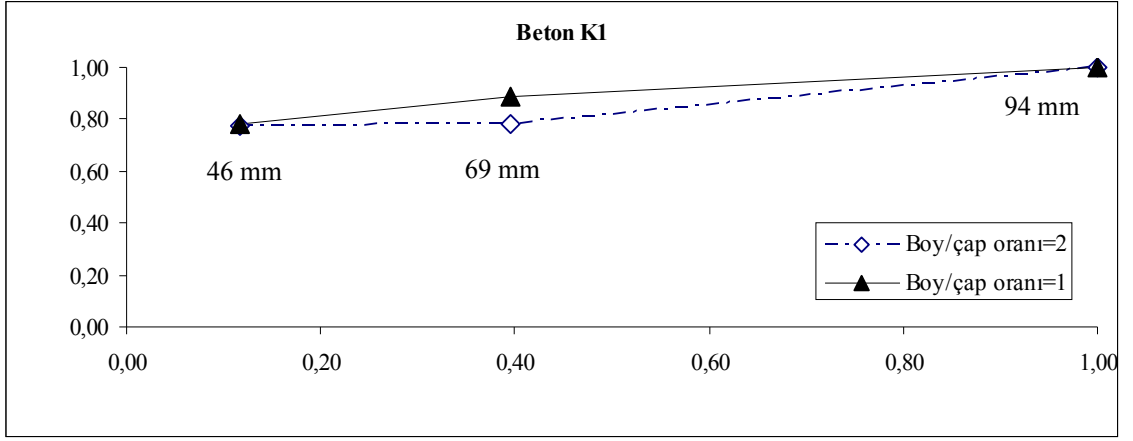
**Çizelge 7.13.** Beton K1-K6 karışımından ve hafif betondan üretilen standart silindir dayanımlarının 28 mm çapında mikrokartot dayanımları ile karşılaştırılması

Karışım	$\bar{f}_s$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\bar{f}_m$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\bar{f}_m / \bar{f}_s$	V <sub>s</sub> (%)	V <sub>m</sub> (%)	V <sub>m</sub> /V <sub>s</sub>
Beton K1	5,67	-	-	5,35	-	-
Beton K2	15,44	9,74	0,63	4,09	8,49	2,08
Beton K3	24,03	15,75	0,66	9,07	19,68	2,17
Beton K4	41,34	21,94	0,53	12,44	8,00	0,64
Beton K5	47,73	16,83	0,35	3,91	5,20	1,33
Beton K6	53,08	26,56	0,50	7,38	26,12	3,54
Hafif beton	19,13	7,97	0,42	12,85	8,02	0,62

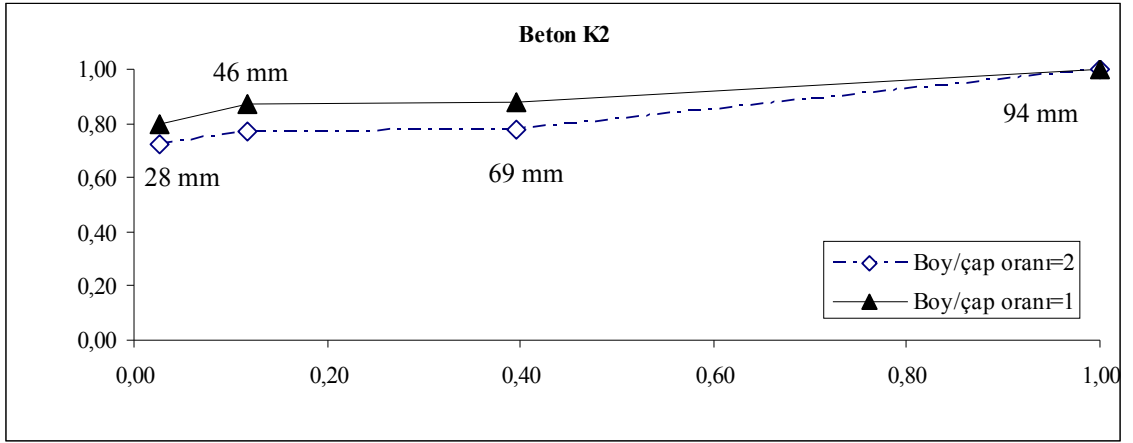
Çizelge 7.13’de gösterildiği gibi, mikrokartotlarda değişkenlik katsayıları dayanım değerlerine göre farklılık göstermiştir. Karot dayanımı/silindir dayanımı oranı 0,35-0,66 aralığında değişmiş olup, ortalama değeri yaklaşık 0,53’tür. Mikrokartot kullanımında gözlenen değişkenlik katsayıları, standart silindire oranla genelde yüksektir. Alınan değişkenlik katsayısının standart silindirlere karşı gelen değişkenlik katsayısına oranı 0,62-3,54 aralığı içinde değişmektedir. Hafif betondan alınan mikrokartotlarda değişkenlik katsayısının silindir numune değişkenlik katsayısından daha az olduğu görülmektedir.

#### 7.2.4. Hacim etkisi

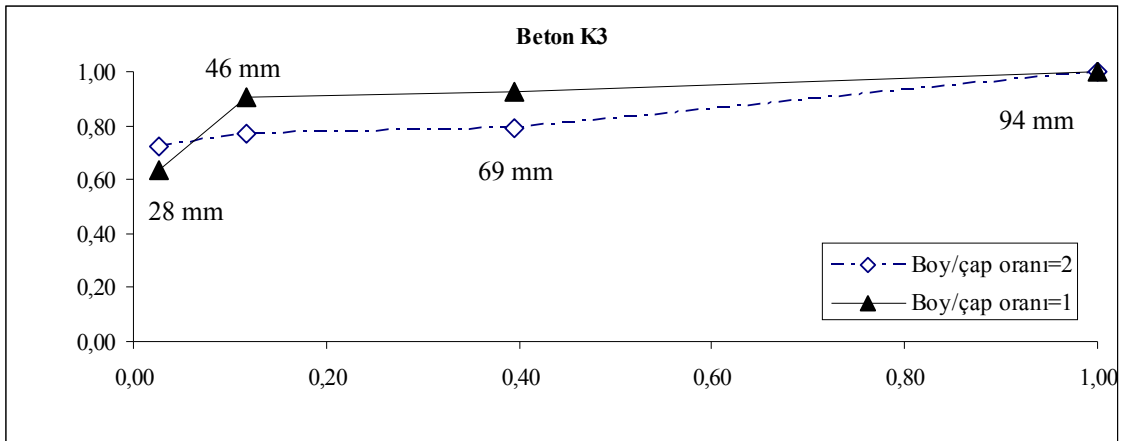
Karot çapı azaldıkça örselenme etkisinden dolayı basınç dayanımı değerleri de azalmaktadır. K1-K6 betonu karot deneyleri sonucunda görülen hacim etkisi Şekil 7.14-19’da verilmiştir. Şekillerde yatayda farklı çaplar için hacim oranları, düşeyde ise dayanım oranları görülmektedir. Hacim oranı, karot hacminin 94 mm çapındaki karot hacmine oranını, dayanım oranı ise karot basınç dayanımının 94 mm çapındaki karot basınç dayanımına oranını göstermektedir.



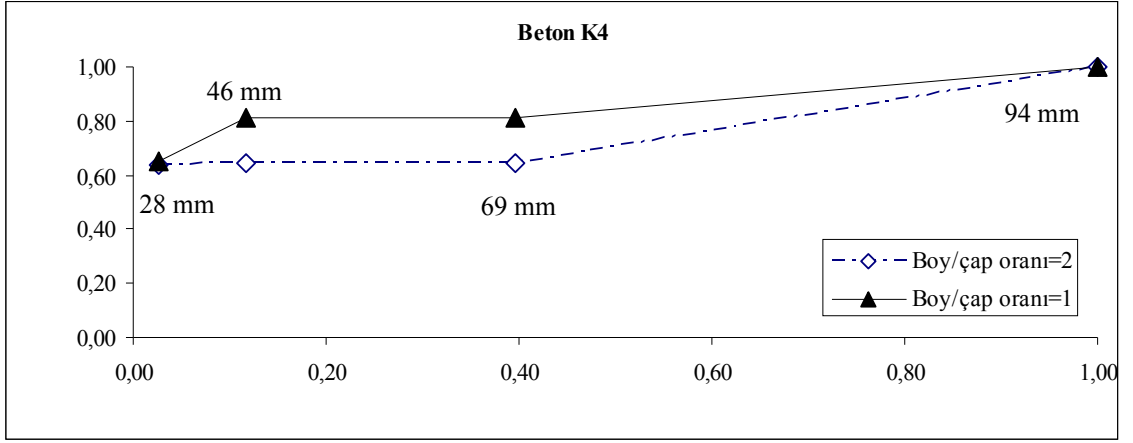
Şekil 7.14. K1 betonundan çıkarılan karot numunelerinde hacim etkisi



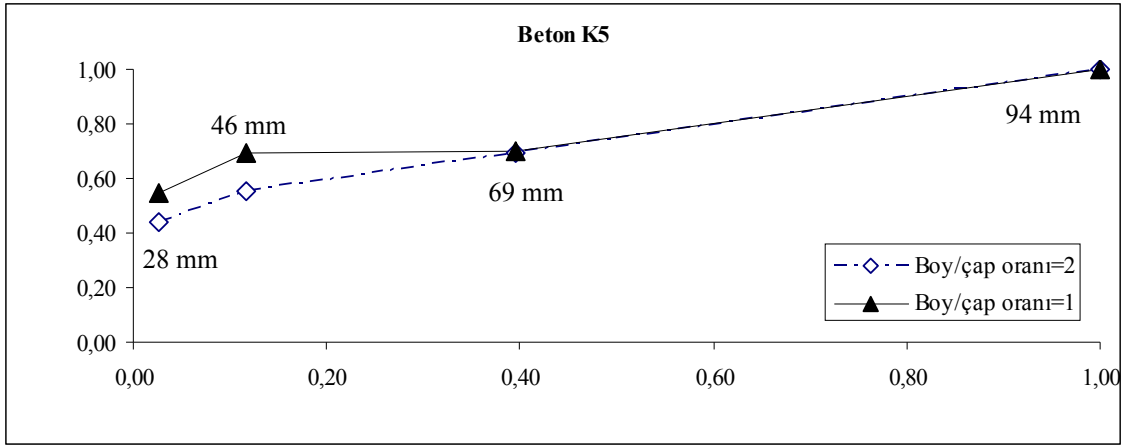
Şekil 7.15. K2 betonundan çıkarılan karot numunelerinde hacim etkisi



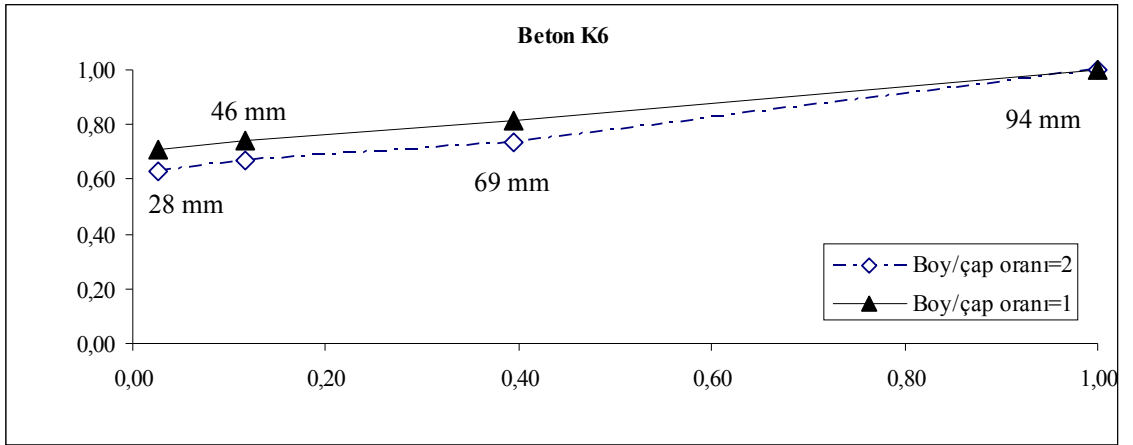
Şekil 7.16. K3 betonundan çıkarılan karot numunelerinde hacim etkisi



Şekil 7.17. K4 betonundan çıkarılan karot numunelerinde hacim etkisi



Şekil 7.18. K5 betonundan çıkarılan karot numunelerinde hacim etkisi



Şekil 7.19. K6 betonundan çıkarılan karot numunelerinde hacim etkisi

Karot çapı arttıkça dayanım oranları artmaktadır. Dayanım oranı hacim oranının yükselmesiyle birlikte yükselmektedir. Ancak bu yükseliş özellikle boy/çap oranı 1 olan numunelerde ve 28-46 mm çapları arasındaki karotlarda çok daha sert bir yükseliş halinde kendini göstermiştir. Örnek vermek gerekirse K3 betonundan çıkarılan boy/çap oranı 1 olan karot numunelerinde hacim oranı 28 mm'den 94 mm'ye giderken 0,03-1 arasında değişirken, dayanım oranı da 0,63-1 arasında değişmektedir. Ancak, 28 mm ile 46 mm çaplarındaki karotlarda hacim oranı 0,63'den 0,90'a artarak sert bir yükseliş görülmüştür.

### **7.3. 17 Farklı Bloktan Alınan Karot Deneylerinin Sonuçları**

17 farklı bloktan alınan 94, 64 ve 28 mm çapındaki karot beton basınç deneyi sonuçları ve TS 10465'de verilen yönteme göre değerlendirme Ek-1'de görülmektedir [10]. Ayrıca deney sonuçları İngiliz Beton Birliği yöntemine göre değerlendirilmiş ve yerinde dayanım sonuçlarının proje beton basınç dayanımına göre değerlendirilmesi Ek-2'de verilmiştir [12,49]. Ek-1'deki sonuçlar yorumlanacak olursa, TS 10465 Türk Standardı'na göre değerlendirmede sonuçların farklılık gösterdiği görülmektedir. 94 mm çaplı karot dayanım sonuçları gözönüne alındığında Bina 6 ve 9 beton dayanım sınıfının C8/10'dan düşük olduğu, 64 mm çaplı karot dayanım sonuçları gözönüne alındığında Bina 8, 9 ve 14 beton dayanım sınıfının C8/10'dan düşük olduğu, 28 mm çaplı karot dayanım sonuçları gözönüne alındığında ise 17 farklı binadan 12 binanın beton dayanım sınıfının C8/10'dan düşük olduğu belirlenmiştir. 28 mm çaplı karot sonuçlarının TS 10465 Türk Standardı'na göre değerlendirilmesinde dayanım sınıfı aralığının 94 ve 64 mm çaplı karot sonuçlarının TS 10465 Türk Standardı'na göre değerlendirilmesi sonucu elde edilen dayanım sınıfı aralığına göre oldukça düşük olduğu gözlenmiştir. Ek-2'de görülen sonuçlar yorumlanacak olursa, karot çapı azaldıkça ortalama yerinde küp dayanımları da azalmıştır. Karot dayanım sonuçlarının standart sapma değerlerinde karot çapına göre bir değişkenlik gözlenmiştir. Değişkenlik katsayılarının mikrokarot dayanım sonuçlarında yüksek olduğu belirlenmiştir.

#### 7.4. 17 Farklı Bloktan Alınan Mikrokarotlarda Gerçekleştirilen İstatistiksel Analiz Sonuçları

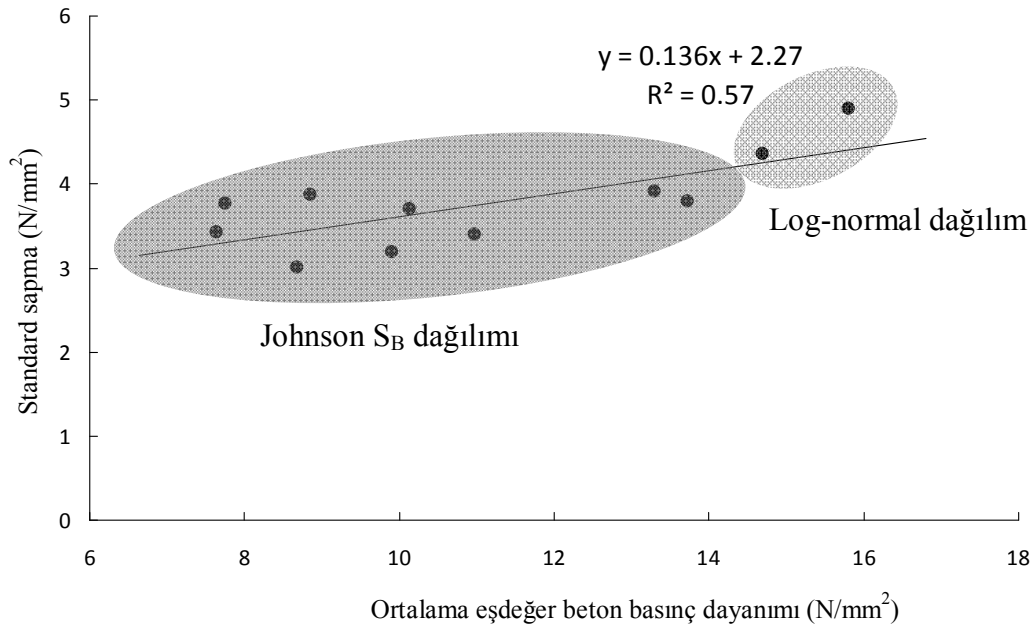
17 farklı binada yapılan testler sonucunda Bina 6 hariç diğer tüm binalarda kolon ve perdelerden alınan 28 mm çapında mikrokarotların düzeltilmiş basınç dayanımı değerleri EasyFit 5.4 Professional istatistik programı kullanılarak değerlendirilmiş ve uygun görülen dağılımlar belirlenmiştir. Bina 6'dan alınan iki adet mikrokarot test sonucu istatistiksel değerlendirme için yeterli görülmemiştir. Bu program kullanılarak elde edilen 16 farklı yapı için ortalama beton basınç dayanımı, standart sapma ve değişkenlik katsayısı değerleri Çizelge 7.14'de görülmektedir. Daha sonra yapılan ileri istatistiksel analizler sonucunda Bina 1 ve Bina 4 olmak üzere 2 binada farklı taşıyıcı elemanlardan alınan 28 mm çaplı mikrokarot dayanımını en iyi şekilde karakterize eden dağılımın log-normal dağılım, Bina 5, Bina 7, Bina 10, Bina 11, Bina 12, Bina 13, Bina 15, Bina 16 ve Bina 17 olmak üzere 9 binada ise farklı taşıyıcı elemanlardan alınan 28 mm çaplı mikrokarot dayanımını en iyi şekilde karakterize eden dağılımın Johnson  $S_B$  dağılımı olduğu belirlenmiştir. Bina 2, Bina 3, Bina 8, Bina 9 ve Bina 14 olmak üzere diğer 5 binada ise 28 mm çapındaki mikrokarot sayısının ileri istatistiksel analiz için uygun olmadığı belirlenmiştir. Sonuç olarak normalize edilmiş dayanımlar için elde edilen olasılık yoğunluk fonksiyonu yalnızca değişkenlik katsayısına bağlı olarak türetilmiştir. Bu fonksiyonun sadece değişkenlik katsayısına bağlı olması, yalnızca bu çalışmaya değil ileride yapılacak pratik ve teorik çalışmalara da katkı sağlayacaktır.

**Çizelge 7.14.** 16 farklı binada 28 mm karot çapına göre ortalama beton basınç dayanımı, standart sapma ve değişkenlik katsayısı değerlerinin belirlenmesi

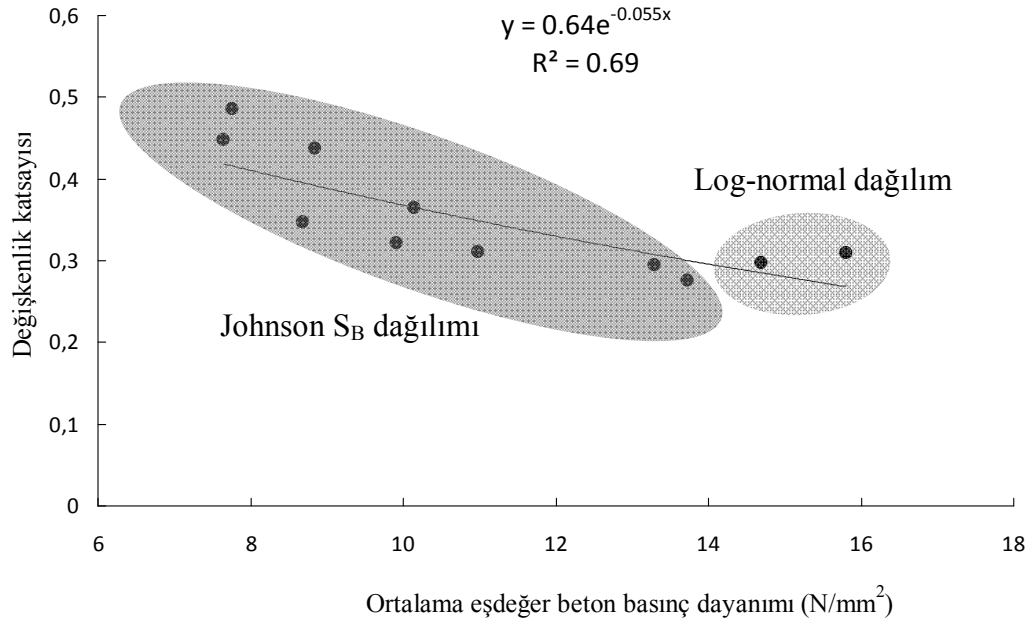
Bina No	Ortalama düzeltilmiş beton basınç dayanımı (N/mm <sup>2</sup> )	Dizayn beton basınç dayanımı (N/mm <sup>2</sup> )	Standart sapma S (N/mm <sup>2</sup> )	Değişkenlik katsayısı V
Bina 1	15,80	20	4,89	0,31
Bina 2	17,99	20	4,91	0,27
Bina 3	12,57	18	3,09	0,25
Bina 4	14,69	18	4,36	0,30
Bina 5	7,64	18	3,42	0,45
Bina 7	8,85	18	3,87	0,44
Bina 8	4,46	18	2,37	0,53
Bina 9	6,50	18	2,73	0,42
Bina 10	7,76	18	3,77	0,49
Bina 11	13,73	18	3,79	0,28
Bina 12	10,14	18	3,70	0,37
Bina 13	8,68	18	3,01	0,35
Bina 14	5,77	18	2,33	0,40
Bina 15	13,29	18	3,92	0,30
Bina 16	9,91	18	3,19	0,32
Bina 17	10,98	18	3,41	0,31

16 farklı binada farklı kolon ve perdelerden alınan 28 mm çaplı mikrokartların düzeltilmiş beton basınç dayanımı değerlerinin yapılan istatistiksel analizi sonucunda Çizelge 7.14'deki değerler elde edilmiştir. Sonuçlara bakıldığında 16 farklı binada 28 mm çaplı mikrokartların ortalama düzeltilmiş beton basınç dayanımı değerlerinin farklılık gösterdiği ve 4-18 MPa arasında değiştiği görülmektedir. Ayrıca Bina 1 ve Bina 2 dizayn beton basınç dayanımı aynıdır. Bunların dışında kalan diğer binaların da dizayn beton basınç dayanımı 18 N/mm<sup>2</sup>'dir. 16 farklı binada standart sapma değerleri 2-5 N/mm<sup>2</sup> arasında değişim göstermiştir. Değişkenlik katsayısı değerleri ise 0,25-0,53 arasında farklılık göstermiştir. Değişkenlik katsayısı değerlerinin bu derecede yüksek olmasının en önemli sebebi olarak binalarda dökülen beton karışımlarının farklılığı, beton olgunluğundaki farklılıklar, test hataları, taşıyıcı elemanların tipi ve boyutlarındaki farklılıklar, taşıyıcı elemanlarda sıkıştırma, kütleme işlemlerindeki farklılıklar belirtilebilir [84-86]. Bartlett ve MacGregor'un [87] 1994 yılında gerçekleştirdiği kapsamlı çalışmada küçük çaplı karotların alınması esnasında karot yüzeylerinde mikroçatlaklardan dolayı yüzeyin zarar gördüğü,

ayrıca karot alma esnasında agrega tanelerinin kesildiği ve agreganın beton içerisinde bütün olarak yer almadığı belirtilmiştir. Küçük karotlarda zarar gören alanın büyük karotlara göre daha büyük olduğu vurgulanmıştır. Weibull teorisi ve Tucker toplama dayanım teorisi küçük karotların dayanımlarının büyük karot dayanımlarına göre daha değişken olduğunu belirtmektedir. Dayanım sonuçlarının değişken çıkmasının diğer önemli bir sebebi de karotların kesilmiş yüzeylerindeki örselenmenin yarattığı etkidir. Bina 2, Bina 3, Bina 8, Bina 9 ve Bina 14 olmak üzere diğer 5 binada ise 28 mm çapındaki mikrokrot sayısının ileri istatistiksel analiz için uygun olmadığı belirlenmiştir. Bu yüzden 11 farklı binada ortalama eşdeğer beton basınç dayanımı-standart sapma ve ortalama eşdeğer beton basınç dayanımı-değişkenlik katsayısı arasındaki ilişki Şekil 7.20-21’de verilmiştir.



**Şekil 7.20.** Ortalama eşdeğer beton basınç dayanımı ile standart sapma arasındaki ilişkinin belirlenmesi



**Şekil 7.21.** Ortalama eşdeğer beton basınç dayanımı ile değişkenlik katsayısı arasındaki ilişkinin belirlenmesi

Şekil 7.20'den görüldüğü üzere ortalama düzeltilmiş beton basınç dayanımı değeri arttıkça standart sapma değeri de artmıştır. Dağılım olarak doğrusal dağılım gözlenmiştir. Bartlett ve MacGregor'un [87] gerçekleştirdiği çalışmada da benzer durum gözlenmiştir. Şekil 7.21'e bakıldığında ise dayanım arttıkça değişkenlik katsayısı azalmıştır. Dağılım olarak üstel dağılım mevcuttur. Dayanım arttıkça değişkenlik katsayısı değerlerinin azalmasının en önemli sebepleri; beton dayanım düzeyinin artması ile mikrokarot alma işleminin kolaylaşması, ayrıca daha iyi kalite kontrol işleminin gerçekleşmesi olarak sıralanabilir [88,89]. Bowman [90] tarafından gerçekleştirilen çalışmada HonKong'da bir yapıdan 25 adet 50 mm ve 24 adet 150 mm çaplı karotlar alınmış ve 50 mm çaplı karotların ortalama dayanımının 44,7 MPa ve değişkenlik katsayısının % 28,9 olduğu belirlenmiştir. 150 mm çaplı karotlarda ise ortalama dayanımın 41,4 MPa ve değişkenlik katsayısının % 19,5 olduğu görülmüştür.

28 mm çapındaki karotların düzeltilmiş basınç dayanımı değerlerinin Easyfit 5.4 Professional istatistik programı ile değerlendirilmesi sonucu uygun görülen dağılımlar belirlenmiştir. Bunun sonucunda yapılan ileri istatistiksel

analizler sonucunda 28 mm çaplı karot dayanımını en iyi şekilde karakterize eden dağılımların Bina 1 ve Bina 4 olmak üzere 2 bina için log-normal dağılım, Bina 5, Bina 7, Bina 10, Bina 11, Bina 12, Bina 13, Bina 15, Bina 16 ve Bina 17 olmak üzere 9 bina için ise Johnson S<sub>B</sub> dağılımı olduğu belirlenmiştir. Bartlett ve MacGregor [87] farklı yapılardan 28 günü aşmış betonlardan karotlar almış ve yerinde dayanım dağılımlarının log-normal dağılım olduğunu belirlemiştir. Bu kabulün sürekli bir kabul olmadığını ve yapıya göre farklılık gösterebileceğini vurgulamışlardır. Bina 1 ve Bina 4 olmak üzere 2 bina için geçerli olan log-normal dağılım kullanılarak olasılık yoğunluk fonksiyonunun belirlenmesinde (7.1-7) denklemleri kullanılmıştır. Sıradan bir x değişkeni için log-normal dağılım ifadesi (7.1)'de görüldüğü gibidir [91].

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi x}} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln(x) - \mu}{\sigma}\right)^2\right] \quad (7.1)$$

$\mu$ : ln(x) değerlerinin ortalaması

$\sigma$ : ln(x) değerlerinin standard sapması

28 mm çaplı mikrokarot eşdeğer basınç dayanımı x olmak üzere  $x_{ortalama}$ , 28 mm çaplı mikrokarot eşdeğer basınç dayanımlarının ortalaması  $x_{std}$  ise 28 mm çaplı mikrokarot eşdeğer basınç dayanımlarının standard sapmasıdır. Değişkenlik katsayısı (7.2)'de verilmiştir.

$$c_v = \frac{x_{std}}{x_{ortalama}} \quad (7.2)$$

$c_v$ , x değerlerinin değişkenlik katsayısıdır.  $\mu$  ve  $\sigma$  ise (7.3) ve (7.4)'de görülmektedir.

$$\mu = \ln \left( \frac{x_{ortalama}}{\sqrt{1 + \left( \frac{x_{std}}{x_{ortalama}} \right)^2}} \right) = \ln \left( \frac{x_{ortalama}}{\sqrt{1 + c_v^2}} \right) \quad (7.3)$$

$$\sigma = \sqrt{\ln \left[ 1 + \left( \frac{x_{std}}{x_{ortalama}} \right)^2 \right]} = \sqrt{\ln (1 + c_v^2)} \quad (7.4)$$

Denklem (7.2), (7.3) ve (7.4) kullanılarak (7.1), (7.5)'de görüldüğü şekilde yazılabilir.

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi \ln (1 + c_v^2)}} \exp \left[ - \frac{\left( \ln \left( \frac{x}{x_{ortalama}} \right) + \ln \sqrt{1 + c_v^2} \right)^2}{2 \ln (1 + c_v^2)} \right] \quad (7.5)$$

Denklem (7.5)'de verilen olasılık yoğunluk fonksiyonu yeni bir boyutsuz X değişkeni için dönüştürülebilir. Bu boyutsuz değişken (7.6)'da tanımlanmıştır.

$$X = \frac{x}{x_{ortalama}} \quad (7.6)$$

Dönüştürülmüş olasılık yoğunluk fonksiyonu sadece değişkenlik katsayısına bağlı olarak (7.7)'de verilmiştir. Denklem (7.7) sadece  $c_v$  değişkenlik katsayısına bağlıdır.

$$f(X) = \frac{1}{\sqrt{2\pi \ln (1 + c_v^2)}} \exp \left[ - \frac{\left( \ln X + \ln \sqrt{1 + c_v^2} \right)^2}{2 \ln (1 + c_v^2)} \right] \quad (7.7)$$

Bina 1 ve Bina 4’de  $x$  değerleri eşdeğer mikrokarot basınç dayanımı değerleri,  $x_{ortalama}$  ise bir binadaki eşdeğer mikrokarot basınç dayanımı değerlerinin ortalamasıdır. Bina 1 ve Bina 4’de normalize edilmiş dayanımlar için elde edilen olasılık yoğunluk fonksiyonları Ek-3’de verilmiştir.

Bina 5, Bina 7, Bina 10, Bina 11, Bina 12, Bina 13, Bina 15, Bina 16 ve Bina 17 olmak üzere 9 bina için geçerli olan Johnson  $S_B$  dağılımı kullanılarak olasılık yoğunluk fonksiyonunun belirlenmesinde (7.8) kullanılmıştır. Johnson  $S_B$  dağılımı 4 parametrelidir ve sınırlıdır. Bu dağılım veri uyumunda esneklik sağlar [92].

$$f(x) = \frac{\delta}{\lambda \sqrt{2\pi z(1-z)}} \exp \left[ -\frac{1}{2} \left( \gamma + \delta \ln \left( \frac{z}{1-z} \right) \right)^2 \right] \quad (7.8)$$

$\gamma$  : sürekli şekil parametresi

$\delta$  : sürekli şekil parametresi ( $\delta > 0$ )

$\lambda$  : sürekli ölçek parametresi ( $\lambda > 0$ )

$\xi$  : sürekli konum parametresi

$$z = \frac{x - \xi}{\lambda}$$

Dağılımın tanım kümesi  $\xi \leq x \leq \xi + \lambda$ ’dır. 28 mm çaplı mikrokarot eşdeğer basınç dayanımı  $x$  olarak tanımlanmıştır ve bu sonuçlar kullanılarak 9 binada EasyFit Professional 5.4 istatistik programı yardımıyla her bina için ayrı ayrı olmak üzere 4 parametre belirlenmiştir. Bina 5, Bina 7, Bina 10, Bina 11, Bina 12, Bina 13, Bina 15, Bina 16 ve Bina 17’de normalize edilmiş dayanımlar için elde edilen olasılık yoğunluk fonksiyonları Ek-4’de verilmiştir.

İleri istatistiksel analize tabi tutulan 11 binada farklı taşıyıcı elemanlardan alınan 28 mm çaplı mikrokarot dayanım sonuçları daha sonra EasyFit Professional 5.4 istatistik programı kullanılarak Kolmogorov-Smirnov testine tabi tutulmuştur ve p değerleri belirlenmiştir. Tüm binalarda 28 mm çaplı mikrokarot dayanımı sonuçları bu testten geçmiştir. 11 farklı binada Kolmogorov-Smirnov testi sonucu belirlenen p değerleri Çizelge 7.15’de verilmiştir. Indelicato [4] 1999 yılında

gerçekleştirdiği çalışmada örnek boyutunun oldukça önemli olduğunu vurgulamıştır. Örnek boyutu oldukça büyük olursa güvenilir sonuçlar sağlayan Ki-kare testinin kullanılması gerektiğini, eğer örnek boyutu düşükse o zaman da Kolmogorof-Smirnov testinin kullanılması gerektiğini belirtmiştir. ACI 228.1 R raporunda ise örnek boyutu arttıkça hata yüzdesinin azaldığı açıkça vurgulanmıştır [93]. Graham ve ark. [94] tarafından 2005 yılında yapılan bir çalışmada, Kolmogorov-Smirnov testinin elde edilen verileri hipotez teorik dağılımı ile karşılaştırdığı belirtilmiştir. Bu testin verileri gruplamaya ihtiyaç duymadığı ve alternatif dağılımları karşılaştırmada daha güçlü bir test olduğu özellikle vurgulanmıştır.

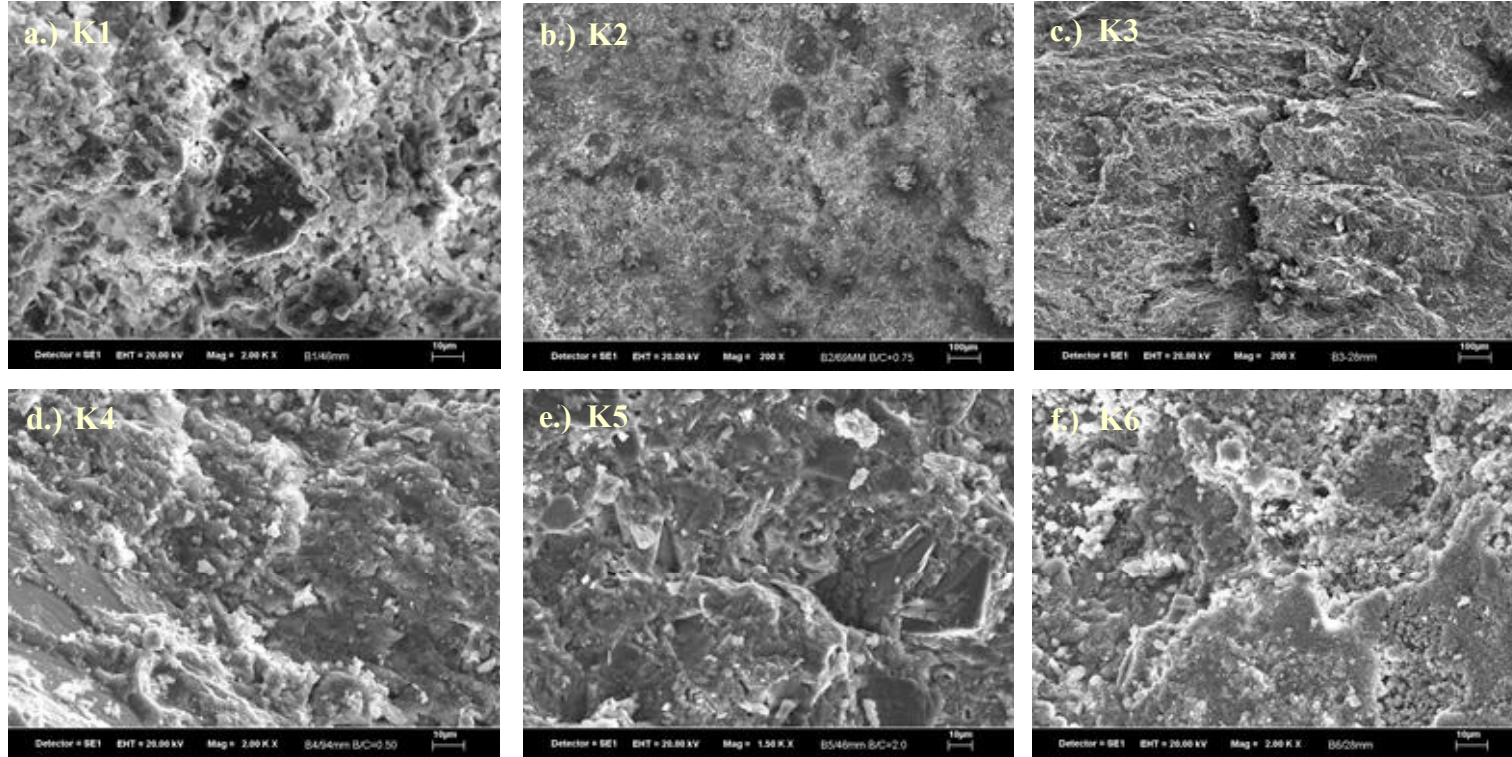
**Çizelge 7.15.** 11 farklı binada Kolmogorov-Smirnov testi kullanılarak p değerlerinin belirlenmesi

Bina No	Dağılım		p değeri	
	Log-normal	Johnson S <sub>B</sub>	Log-normal	Johnson S <sub>B</sub>
Bina 1	√		0,92	
Bina 4	√		0,72	
Bina 5		√		0,99
Bina 7		√		0,88
Bina 10		√		0,98
Bina 11		√		0,97
Bina 12		√		0,95
Bina 13		√		0,97
Bina 15		√		0,89
Bina 16		√		0,97
Bina 17		√		0,42

Çizelge 7.15’den görüldüğü gibi p değerlerine bakıldığında Bina 1 ve 4 için log-normal dağılımın iyi bir dağılım olduğu gözlenmiştir. Sonuçlar göstermiştir ki Bina 3–11 verilerini karakterize eden tek bir dağılım şekli yoktur. Örneğin; Bina 5, 7 ve 12 dağılımları sağa basık dağılımlardır. Bina 11 ve 15 dağılımları ise sola basıktır. Diğer yandan, Bina 10, 13, 15 ve 16 dağılımları kolaylıkla bilinen dağılım şekillerinden oldukça farklıdır. Ancak, Johnson S<sub>B</sub> dağılımı tüm bu farklı dağılım şekillerini açıklamada oldukça güçlü bir dağılımdır. Johnson S<sub>B</sub> dağılımının 4 parametresinin belirlenmesi çok pratik olmamasına rağmen, Çizelge 7.15’deki p değerlerine bakıldığında, binaların çoğunluğunda Johnson S<sub>B</sub> dağılımının uygun olduğu görülmüştür.

## **7.5. Farklı Karot Numunelerde Taramalı Elektron Mikroskobu ile Yapılan Mikroyapı Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi**

K1-K6 beton karışımlarından üretilen kirişlerden alınan farklı çaplarda karotların Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) kullanılarak elde edilen görüntüleri Şekil 7.22’de görülmektedir.



Şekil 7.22. K1-K6 betonlarından alınan farklı çaplarda karotların Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) kullanılarak elde edilen görüntüleri

Şekil 7.22'den görüldüğü üzere K1-K6 betonlarından alınan farklı çaplarda karotların Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) kullanılarak elde edilen görüntülerinde beton basınç dayanımı arttıkça mikroyapıda farklılıklar gözlenmiştir. K1 betonu görüntüsünde yüksek su/çimento oranından dolayı boşluklu ve geçirimli bir hidrate çimento hamurunun olduğu görülmektedir (Şekil 7.22a). Aynı zamanda tamamen hidrate olmayan çimento partikülleri varlığı da görülmektedir (Şekil 7.22a). K6 betonu görüntüsünde ise daha homojen bir mikroyapının varlığı gözlenmiştir (Şekil 7.22f).

## 8. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Çeşitli beton karışımlarından elde edilen numuneler üzerinde yapılan deneyler sonucu elde edilen veriler ve 17 farklı binada farklı taşıyıcı elemanlardan alınan farklı çapta karotlardan elde edilen veriler değerlendirilmiş ve bu değerlendirmelerin ışığında, özetle aşağıdaki sonuçlar çıkarılmış ve bazı önerilerde bulunulmuştur;

1. Karot numunesinin boy/çap oranı azaldıkça basınç dayanımı genelde artmaktadır.
2. 28 mm ve 46 mm çaplı numunelerin sonuçlarına baktığımızda genelde ASTM ve BS standartlarındaki değerlerle benzerlik göze çarpmaktadır.
3. Boy/çap oranları 1'den 0,25'e düştüğünde dayanımlar arasında farklar gözlenmiştir. Boy/çap oranı 1'den az olan 28 mm çaplı karotların narinlik düzeltme faktörleri arasındaki farklar diğer çaptaki karotların narinlik düzeltme faktörleri arasındaki farklara göre genelde daha düşüktür.
4. Hafif betondan alınan 28 mm ve 46 mm çaplı numunelerin sonuçlarına baktığımızda ASTM ve BS standartlarındaki değerlerle benzerlik göze çarpmaktadır.
5. Hafif betondan alınan 46 mm çaplı karot ve boy/çap oranı 1,5 için bu oran 0,96 olmuştur. Bu da ASTM standartlarında verilen değer ile aynıdır.
6. Hafif betondan alınan 69 mm ve 94 mm çaplı numunelerin sonuçlarına baktığımızda narinlik düzeltme faktörleri ASTM ve BS standartlarındaki değerlerle genelde benzerdir ancak narinlik düzeltme faktörleri standartlardaki değerlerden düşük olarak bulunmuştur.
7. Küçük çaplı karotların narinlik düzeltme faktörlerinin standartlardaki değerlere oldukça yakın olması oldukça fazla sayıda küçük çaplı karotun test edilmesinden kaynaklanmaktadır.
8. Bu çalışmada hafif betondan 0,75, 0,50 ve 0,25 gibi 1'den düşük olan boy/çap oranlarında karotlar da alınmıştır. Boy/çap oranları 1'den 0,25'e düştüğünde dayanımlar arasında farklar gözlenmiştir. Boy/çap oranı 0,50

değerine kadar dayanımlarda önemli derecede azalmalar gözlenmemiştir. Bu durum özellikle 28 mm çaplı mikrokarotlarda da gözlenmiştir.

9. Karot çapı azaldıkça tüm beton karışımları için karot numune basınç dayanımı da azalmaktadır. Bu da karot alma esnasında meydana gelen numune örselenmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Dolayısıyla karot çapı azaldıkça örselenme de artmaktadır.
10. Karot çapının basınç dayanımı üzerindeki etkisi boy/çap oranı farklılığına göre değişmekte, karot çapı küçüldükçe karot basınç dayanımı da azalmaktadır. Özellikle 46 ve 28 mm gibi küçük çaplarda çapın etkisinin önemli derecede olduğu görülmekte, küçük çaplı karotlarda örselenme fazla olmaktadır.
11. Hafif betonda karot çapının basınç dayanımı üzerindeki etkisi boy/çap oranı farklılığına göre değişmektedir.
12. Hafif betonda karot çapı küçüldükçe karot basınç dayanımı da azalmaktadır. Karot çapı azaldıkça basınç dayanımlarının önemli oranda değişmediği görülmektedir. Özellikle 46 ve 28 mm gibi küçük çaplarda çap düzeltme faktörlerinin birbirine yakın derecede olduğu belirlenmiştir.
13. Karot çapı azaldıkça karot dayanımının silindir numune dayanımına oranı genelde azalmaktadır. Ancak özellikle belirtmek gerekir ki 28 mm çaplı mikrokarot dayanımlarının silindir numune dayanımlarına oranları 46 mm çaplı küçük çaplı karot dayanımlarının silindir numune dayanımlarına oranlarına yakındır.
14. Hafif betonda karot çapı azaldıkça karot dayanımının silindir numune dayanımına oranı azalmaktadır. Kırmataş agrega kullanılan numunelerdekine göre bu oranların nispeten daha az olduğu görülmektedir.
15. 28 mm çaplı mikrokarot dayanımlarının küp numune dayanımlarına oranları 46 mm çaplı küçük çaplı karot dayanımlarının küp numune dayanımlarına oranlarına yakındır.
16. Hafif betonda karot çapı azaldıkça karot dayanımının küp numune dayanımına oranı azalmaktadır.

17. Mikrokarotlarda değişkenlik katsayıları farklılık göstermiştir. Karot dayanımı/küp dayanımı oranı 0,42-0,73 aralığında değişmiş olup, ortalama değeri yaklaşık 0,54'tür. Mikrokarot kullanımında gözlenen değişkenlik katsayıları, standart küpe oranla yüksektir. Alınan değişkenlik katsayısının standart küplere karşı gelen değişkenlik katsayısına oranı 0,68-3,86 aralığı içinde değişmektedir.
18. Hafif betondan alınan mikrokarotlarda değişkenlik katsayısının küp numune değişkenlik katsayısına yakın olduğu görülmektedir. Mikrokarot kullanımında gözlenen değişkenlik katsayısı standart küpe oranla düşüktür. Bu da mikrokarotların beton kalite kontrol işleminde kullanılabilceğini göstermektedir.
19. Mikrokarotlarda değişkenlik katsayıları dayanım değerlerine göre farklılık göstermiştir. Karot dayanımı/silindir dayanımı oranı 0,35-0,66 aralığında değişmiş olup, ortalama değeri yaklaşık 0,53'tür. Mikrokarot kullanımında gözlenen değişkenlik katsayıları, standart silindire oranla genelde yüksektir. Alınan değişkenlik katsayısının standart silindirlere karşı gelen değişkenlik katsayısına oranı 0,62-3,54 aralığı içinde değişmektedir.
20. Hafif betondan alınan mikrokarotlarda değişkenlik katsayısının silindir numune değişkenlik katsayısından daha az olduğu görülmektedir.
21. Karot çapı arttıkça dayanım oranları artmaktadır. Dayanım oranı hacim oranının yükselmesiyle birlikte yükselmektedir. Ancak bu yükseliş özellikle boy/çap oranı 1 olan numunelerde ve 28-46 mm çapları arasındaki karotlarda çok daha sert bir yükseliş halinde kendini göstermiştir.
22. TS 10465 Türk Standardı'na göre değerlendirmede 17 farklı binada 94, 64 ve 28 mm çaplı karot dayanım sonuçlarına bakıldığında sonuçların farklılık gösterdiği görülmektedir.
23. 28 mm çaplı karot sonuçlarının TS 10465 Türk Standardı'na göre değerlendirilmesinde dayanım sınıfı aralığının 94 ve 64 mm çaplı karot sonuçlarının TS 10465 Türk Standardı'na göre değerlendirilmesi sonucu elde edilen dayanım sınıfı aralığına göre oldukça düşük olduğu gözlenmiştir.

24. İngiliz Beton Birliği yöntemine göre 17 farklı binada 3 farklı çapa göre değerlendirmeye bakıldığında karot çapı azaldıkça ortalama yerinde küp dayanımları da azalmıştır. Karot dayanım sonuçlarının standart sapma değerlerinde karot çapına göre bir değişkenlik gözlenmiştir. Değişkenlik katsayılarının mikrokartot dayanım sonuçlarında yüksek olduğu belirlenmiştir.
25. 2 binada farklı taşıyıcı elemanlardan alınan 28 mm çaplı mikrokartot dayanımını en iyi şekilde karakterize eden dağılımın log-normal dağılım, 9 binada ise farklı taşıyıcı elemanlardan alınan 28 mm çaplı mikrokartot dayanımını en iyi şekilde karakterize eden dağılımın Johnson  $S_B$  dağılımı olduğu belirlenmiştir.
26. 5 binada ise 28 mm çapındaki mikrokartot sayısının ileri istatistiksel analiz için uygun olmadığı belirlenmiştir.
27. 16 farklı binada 28 mm çaplı mikrokartotların ortalama düzeltilmiş beton basınç dayanımı değerlerinin farklılık gösterdiği ve 4-18 MPa arasında değiştii görölmektedir.
28. 16 farklı binada standart sapma değerleri 2-5 N/mm<sup>2</sup> arasında değişim göstermiştir. Değişkenlik katsayısı değerleri ise 0,25-0,53 arasında farklılık göstermiştir.
29. Ortalama düzeltilmiş beton basınç dayanımı değeri arttıkça standart sapma değerleri artmış, değişkenlik katsayısı değerleri ise azalmıştır.
30. Belirlenen p değerlerine bakıldığında 2 bina için log-normal dağılımın iyi bir dağılım olduğu gözlenmiştir.
31. Bina verilerini karakterize eden tek bir dağılım şekli yoktur. Örneğin; bazı bina veri dağılımları sağa basık, bazıları ise sola basık dağılımlardır. Bazı bina dağılımları da kolaylıkla bilinen dağılım şekillerinden oldukça farklıdır. Ancak, Johnson  $S_B$  dağılımı tüm bu farklı dağılım şekillerini açıklamada oldukça güçlü bir dağılımdır.

32. K1-K6 betonlarından alınan farklı çaplarda karotların Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) kullanılarak elde edilen görüntülerinde beton basıncı dayanımı arttıça mikroyapıda farklılıklar gözlenmiştir. K1 betonu görüntüsünde yüksek su/imento oranından dolayı boşluklu ve geçirimli bir hidrate imento hamurunun oluştuğu görülmektedir. Aynı zamanda tamamen hidrate olmayan imento partikülleri varlığı da görülmektedir. K6 betonu görüntüsünde ise daha homojen bir mikroyapının varlığı gözlenmiştir.

## KAYNAKLAR

- [1] Ariöz, Ö., Tuncan, M., Ramyar, K. ve Tuncan, A., “A comparative study on the interpretation of concrete core strength results”, *Mag. of Conc. Res.*, **58 (2)**, 117-122, 2006.
- [2] Mohuiddin, N.A., *Use of small diameter cores in evaluation of in-situ concrete strength in Eastern Saudi Arabia*, A Master Thesis Presented to the Faculty of the College of Graduate Studies, King Fahd University of Petroleum&Minerals, Dhahran, Saudi Arabia, 1995.
- [3] Indelicato, F., “A proposal for the prediction of the characteristic cube strength of concrete from tests on small cores of various diameters”, *Mater. and Struc.*, **31 (208)**, 242-246, 1998.
- [4] Indelicato, F., “In-place compressive strength of concrete: statistical methods to evaluate experimental data”, *Mater. and Struc.*, **32 (5)**, 394-399, 1999.
- [5] Indelicato, F., “Estimate of concrete cube strength by means of different diameter cores: A statistical approach”, *Mater. and Struc.*, **30 (3)**, 131–138, 1997.
- [6] ASTM C 42-77, *Obtaining and testing drilled cores and sawed beams of concrete*, Annual Book of ASTM Standards, 1977.
- [7] ASTM C 42-90, *Test for obtaining and testing drilled cores and sawed beams of concrete*, Annual Book of ASTM Standards, 1994.
- [8] BS 1881: Part120:, *Testing concrete-method for determination of compressive strength of concrete cores*, British Standards, 1983.
- [9] BS EN 12504-1, *Testing concrete in structures. cored specimens. taking, examining and testing in compression*, British Standards, 2000.
- [10] TS 10465, *Beton deney metotları-yapı ve yapı bileşenlerinde sertleşmiş betondan numune alınması ve basınç mukavemetinin tayini (tahribathı metot)*, Türk Standardları Enstitüsü, Ankara, Kasım 1992.
- [11] TS EN 12504-1, *Beton-yapıda beton deneyleri-bölüm 1: karot numuneler-karot alma, muayene ve basınç dayanımının tayini*, Türk Standardları Enstitüsü, Ankara, Ocak 2010.

- [12] Arioğlu, E., Arioğlu, N., *Üst ve alt yapılarda beton karot deneyleri ve değerlendirmesi*, Evrim Yayınevi, İstanbul, 2005.
- [13] Illston, J.M. ve Domone, P.L.J., *Construction materials third edition their nature and behaviour*, Spon Press, United Kingdom, 2001.
- [14] Bloem, D.L., “Concrete strength measurement-cores versus cylinders”, *Proceedings Am. Soc. Testing Mats.*, **65**, 668-687, 1965.
- [15] Neville, A.M., *Properties of concrete, 3<sup>rd</sup> edition*, The English Language Book Society and Pitman Publishing, London, England, 1981.
- [16] Young, J.F., Mindess, S., Gray, R.J. ve Bentur, A., *The science and technology of civil engineering materials*, Prentice-Hall, Inc., USA, 1998.
- [17] Akman, M.S., *Yapı malzemeleri*, İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Matbaası, 1987.
- [18] TS EN 206-1, *Beton- bölüm 1: özellik, performans, imalat ve uygunluk*, Türk Standardları Enstitüsü, Ankara, Nisan 2002.
- [19] Mehta, P.K. ve Monteiro, P.J.M., *Concrete microstructure, properties, and materials, third edition*, McGraw-Hill, 2006.
- [20] Mamlouk, M.S. ve Zaniewski, J.P., *Materials for civil and construction engineers*, Addison-Wesley, An Imprint of Addison Wesley Longman, Inc., 1999.
- [21] Derucher, K.N., Korfiatis, G.P. ve Ezeldin, A.S., *Materials for civil&highway engineers, fourth edition*, Prentice-Hall, Inc., USA, 1998.
- [22] Bartlett, F.M. ve MacGregor, J.G., “Effect of moisture condition on concrete core strengths”, *ACI Mater. Jour.*, **91 (3)**, 227-236, 1994a.
- [23] ACI 322-72, *Building code requirements for structural plain concrete*, American Concrete Institute, Detroit, 1972.
- [24] ACI Committee 318, *Building code requirements for reinforced concrete*, Building Code Commentary, ACI 318R, Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2005.
- [25] CEB-FIP, *Model code for the design of concrete structures*, Thomas Telford, London, 1990.
- [26] BS 1881: Part 4, *Methods of testing concrete for strength*, British Standards, 1970.

- [27] Tuncan, M. ve Ariöz, Ö., Beton dayanımının standart, tahribatlı, yarı-tahribatlı ve tahribatsız yöntemlerle belirlenmesi, *BAP 04 02 01*, 2005.
- [28] ASTM C150-05, *Standard specification for Portland cement*, ASTM International, 2005.
- [29] Mindess, S. ve Young, J.F., *Concrete*, Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey 07632, 1981.
- [30] Nawy, E.G., *Fundamentals of high-performance concrete second edition*, Department of Civil and Environmental Engineering, Rutgers University, The State University of New Jersey, 2001.
- [31] Dewar, J.D. ve Anderson, R., *Manual of ready-mixed concrete*, Blackie Academic&Professional, An Imprint of Chapman&Hall, Taylor&Francis Group, LLC, 1992.
- [32] BS 812: Part 102, *Methods for sampling and testing of mineral aggregates, sands and fillers*, British Standards, 1989.
- [33] TS EN 1008, *Beton-karma suyu-numune alma, deneyler ve beton endüstrisindeki işlemlerden geri kazanılan su dahil, suyun, beton karma suyu olarak uygunluğunun tayini kuralları*, Türk Standardları Enstitüsü, Ankara, Nisan 2003.
- [34] Popovics, S., *Concrete-making materials*, McGraw-Hill Book Company, NewYork, 1979.
- [35] Taylor, W.H., *Concrete technology and practice*, McGraw-Hill Book Company, New York, 1977.
- [36] Erdoğan, T., *Karışım ve bakım suları*, Türkiye Hazır Beton Birliği, Ankara, 1995.
- [37] ASTM C 125-96, *Standard terminology relating to concrete aggregates*, Annual Book of ASTM Standards, Vol. 04.02, Concrete and Aggregates, American Society for Testing and Materials, Philadelphia, 61- 63, 1997.
- [38] ACI Committee 212, *Admixtures for concrete*, ACI Manual of Concrete Practice, American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2005.
- [39] Erdoğan, T., *Beton*, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara, 2003.
- [40] Newman, J. ve Choo, B.S., *Advanced concrete technology testing and quality*, Butterworth-Heinemann, An Imprint of Elsevier, UK, 2003.

- [41] Meininger, R.C., Wagner, F.T. ve Hall, K.W., “Concrete core strength-the effect of length to diameter ratio”, *Jour. of Test. and Eval.*, JTEVA, **5 (3)**, 147-153, 1977.
- [42] BS 1881: Part 3, *Methods of making and curing test specimens*, British Standards, 1970.
- [43] Güner, S., *Malzeme bilimi-yapı malzemesi ve beton teknolojisi*, Aktif Yayınevi, İstanbul, 1999.
- [44] TS EN 12390-1, *Beton-sertleşmiş beton deneyleri-bölüm 1: deney numunesi ve kalıplarının şekil, boyut ve diğer özellikleri*, Türk Standardları Enstitüsü, Ankara, Nisan 2002.
- [45] TS EN 12350-1, *Beton-taze beton deneyleri-bölüm 1: numune alma*, Türk Standardları Enstitüsü, Ankara, Ocak 2010.
- [46] TS EN 12390-2, *Beton-sertleşmiş beton deneyleri-bölüm 2: dayanım deneylerinde kullanılacak deney numunelerinin hazırlanması ve küre tabi tutulması*, Türk Standardları Enstitüsü, Ankara, Ocak 2010.
- [47] Yalçın, H. ve Gürü, M., *Çimento ve beton*, Palme Yayıncılık, Ankara, 2006.
- [48] Bungey, J.H. ve Millard, S.G., *Testing of concrete in structures third edition*, Published by Blackie&Professional, an imprint of Chapman&Hall, United Kingdom, 1996.
- [49] Concrete Society Technical Report No.11, *Concrete core testing for strength*, Report of a Concrete Society Working Party, May 1976.
- [50] BS 6089, *Guide to assessment of concrete strength in existing structures*, British Standards, 1981.
- [51] Mays, G., *Durability of concrete structures investigation, repair, protection*, E&FN Spon, An Imprint of Chapman&Hall, UK, 1992.
- [52] ACI 301-99, *Specifications for structural concrete for buildings*, American Concrete Institute, January 1999.
- [53] Bungey, J.H., “Determining concrete strength by using small-diameter cores”, *Mag. of Conc. Res.*, **31 (107)**, 91-98, 1979.
- [54] Petersons, N., “Recommendations for estimation of quality of concrete in finished structures”, *Mater. et Const.*, **4 (24)**, 379-397, 1971.

- [55] Yip, W.K. ve Tam, C.T., “Concrete strength evaluation through the use of small diameter cores”, *Mag. of Conc. Res.*, **40 (143)**, 99-105, 1988.
- [56] Goncalves, A., “Influence of core dimensions of compressive strength results and their dispersion”, *Conc. Struc.*, ACI SP-128, American Concrete Institute, Detroit, 529-542, 1992.
- [57] Ruijie, L., “Diameter-compression test for small diameter cores”, *Mater. and Struc.*, **29 (185)**, 56-59, 1996.
- [58] Lewis, R.K., “Contribution of the Paper, Determining concrete strength by using small-diameter cores”, *Mag. of Conc. Res.*, **32 (111)**, 123, 1980.
- [59] Bartlett, F.M. ve MacGregor, J.G., “Effect of core diameter on concrete core strengths”, *ACI Mater. Jour.*, **91 (5)**, 460-470, 1994b.
- [60] Bartlett, F.M. ve MacGregor, J.G., “Effect of core length-to-diameter ratio on concrete core strengths”, *ACI Mater. Jour.*, **91 (4)**, 339-348, 1994c.
- [61] Kesler, C.E., “Effect of length to diameter ratio on compressive strength-an ASTM cooperative investigation”, *ASTM Sixty-second Annual Meeting of the Society*, 1216-1229, 1959.
- [62] Swamy, R.N. ve Al-Hamed, A.H., “Evaluation of small diameter core tests to determine in-situ strength of concrete”, *ACI SP-82*. American Concrete Institute, Detroit, 411-440, 1984.
- [63] Indelicato, F., “A statistical method for the assessment of concrete strength through microcores”, *Mater. and Struc.*, **26**, 261-267, 1993.
- [64] McIntyre, M. ve Scanlon, A., “Interpretation and application of core test data in strength evaluation of existing concrete bridge structures”, *Canad. Jour. of Civ. Eng.*, **17**, 471-480, 1990.
- [65] Haque, M.N., Gopalan, M.K. ve Ho, D.W.S., “Estimation of in-situ strength of concrete”, *Cem. and Conc. Res.*, **21**, 1103-1110, 1991.
- [66] Chandra, S. ve Berntsson, L., *Lightweight aggregate concrete science, technology and applications*, *Building Materials Series*, Noyes Publications, William Andrew Publishing, Norwich, NewYork, USA, 2002.
- [67] Tekin, M.D. ve İlgün, A.K., *Hafif beton dan imal edilmiş betonarme kirişlerin dayanım ve davranışı*, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Konya, 1992.

- [68] Kılıç, R. ve Şimşek, O., *Madenşehir (Konya-Karaman) doğusundaki ponzataşının hafif beton üretiminde kullanılabilirliğinin araştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara, 1987.
- [69] TS 2511, *Taşıyıcı hafif betonların karışım hesap esasları*, Türk Standardları Enstitüsü, Ankara, 1977.
- [70] Altun, F. ve Aktaş, B., *Çelik lifli hafif beton ile imal edilmiş betonarme kirişlerin mekanik özelliklerinin incelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi, Kayseri, 2007.
- [71] Durmuş, A. ve Hüsem, M., *Doğu karadeniz bölgesi doğal hafif agregalarından biriyle yapılan hafif betonun geleneksel bir betonla karşılaştırmalı olarak incelenmesi*, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, 1995.
- [72] Gökçe, M., *Genleşmiş kil agregalarının hafif betonda kullanılabilirliğinin araştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara, 2007.
- [73] Pioro, L.S, Pioro, I.L., “Production of expanded-clay aggregate for lightweight concrete from non-selfbloating clays”, *Cem. and Conc. Comp.*, 639-643, 2004.
- [74] Bungey, J.H. ve Madandoust, R., “Evaluation of non-destructive strength testing of lightweight concrete”, *ICE Proceedings, Structures and Buildings*, **104 (3)**, 275-283, 1994.
- [75] Basheer, L., Basheer, P.A.M. ve Long, A.E., “Influence of coarse aggregate on the permeation, durability and the microstructure characteristics of ordinary Portland cement concrete”, *Const. and Build. Mat.*, **19**, 682-690, 2005.
- [76] Sarkar, S.L., Aimin, X. ve Jana, D., “Scanning Electron Microscopy, X-Ray Microanalysis of Concretes”, *Handbook of Analytical Techniques in Concrete Science and Technology, Principles, Techniques, and Applications* (Ed: Ramachandran, V.S. and Beaudoin, J.J.), Noyes Publications, U.S.A, 2001.
- [77] St John, D.A., Poole, A.B., Sims, I., *Concrete petrography-a handbook of investigative techniques*, Arnold Publishers, Great Britain, 1998.

- [78] Monteiro, P.J.M. ve Mehta, P.K., "Improvement of the aggregate-cement paste transition zone by grain refinement of hydration products", *Proc. 8th. Int. Cong. Chem. of Cem.*, **2**, 433–437, 1986.
- [79] Monteiro, P.J.M., Maso, J.C. ve Ollivier, J.P., "The aggregate-mortar interface", *Cem. and Conc. Res.*, **15**, 953–958, 1985.
- [80] Barnes, B.D., Diamond, S. ve Dolch, W.L., "Micromorphology of the interfacial zone around aggregates in Portland cement mortar", *J. Am. Ceram. Soc.*, **62**, 21–24, 1979.
- [81] TS EN 1097-6, *Agregaların mekanik ve fiziksel özellikleri için deneyler-Bölüm 6: Tane yoğunluğu ve su emme oranının tayini*, Türk Standardları Enstitüsü, Ankara, Mart 2002.
- [82] TS 3523, *Beton agregalarının yüzey nemi oranı tayini*, Türk Standardları Enstitüsü, Ankara, 1980.
- [83] TS 500, *Betonarme yapıların tasarım ve yapım kuralları*, Türk Standardları Enstitüsü, Ankara, 2000.
- [84] Keiller, A.P., "Assessing the strength of in situ concrete-an investigation of test methods", *Conc. Inter.: Dsgn. and Const.*, 15-21, 1985.
- [85] Watkins, R.A.M., Pang, H.W. ve McNicholl, D.P., "A comparison between cube strengths and in situ concrete strength development", *Proc. Instn Civ. Engrs Structs&Bldgs*, **116**, 138-153, 1996.
- [86] Mikulic, D., Pause, Z. ve Ukraincik, V., "Determination of concrete quality in a structure by combination of destructive and non-destructive methods", *Mater. and Struc.*, **25**, 65-69, 1992.
- [87] Bartlett, F.M. ve MacGregor, J.G., *Assessment of concrete strength in existing structures*, Structural Engineering Report No. 198, Department of Civil Engineering, University of Alberta, Edmonton, Alberta, 1994d.
- [88] Hindo, K.R. ve Bergstrom, W.R., "Statistical evaluation of the in-place compressive strength of concrete", *Conc. Internat.: Desig. and Const.*, **7 (2)**, 44-48, 1985.
- [89] Bartlett, F.M. ve MacGregor, J.G., "Variation of in-place concrete strength in structures", *ACI Mater. Jour.*, **96 (2)**, 261-270, 1999.

- [90] Discussion on paper, “Bungey, J.H., Determining concrete strength by using small-diameter cores, *Mag. of Conc. Res.*, 31 (107), 1979”, *Mag. of Conc. Res.*, **32 (111)**, 123-125, 1980.
- [91] Gumbel, E.J., *Statistics of extremes*, Columbia University Press, USA, 1958.
- [92] Flynn, M.R., “The 4-parameter lognormal ( $S_B$ ) model of human exposure”, *Ann. occup. Hyg.*, **48 (7)**, 617-622, 2004.
- [93] ACI 228.1 R, *In-place methods for determination of strength of concrete*, ACI Materials Journal, p. 446-471, September-October 1988.
- [94] Graham, L.D., Smith, S.D. ve Dunlop, P., “Lognormal distribution provides an optimum representation of the concrete delivery and placement process”, *Jour. of Const. Eng. and Manag.*, **131 (2)**, 230-238, 2005.

## EK-1 17 Farklı Bloktan Alınan 94, 64 ve 28 mm Çapındaki Karot Beton Basınç Deneyi Sonuçlarının TS 10465'de Verilen Yönteme Göre Değerlendirilmesi

### Ek-1.1. Bina 1-94 mm karot beton basınç deneyi sonuçları

Örnek no	Örnek yeri	Perde no/Kolon no	Perde/Kolon	Boy (mm)	Çap (mm)	Narinlik sayısı $\lambda$	Düzeltilme katsayısı	Kırılma kuvveti (N) $P_K$	h/d oranına göre düzeltilmiş silindir basınç dayanımı (N/mm <sup>2</sup> )	Ortalama (N/mm <sup>2</sup> )
1	Zemin Kat	1	Perde	189	94	2,01	1,000	202478	29,19	30,08
2		2	Perde	192	94	2,04	1,000	229358	33,07	
3		3	Perde	193	94	2,05	1,000	194140	27,99	

✓ Yukarıdaki örnekler C30/37 sınıf betonu temsil etmektedir.  
✓ C30/37 betonu için sınıf dayanımı (silindir örnekler için) 30 MPa'dır.  
✓ C30/37 betonu için eşdeğer dayanım ise  $30+3=33$  MPa'dır.  
✓ Eşdeğer dayanımın % 85'i  $33*0,85=28,05$  MPa'dır.  
✓ Sınıf dayanımının % 85'i  $30*0,85=25,5$  MPa'dır.

**Değerlendirme:**

Alınan karot örneklerin silindir basınç dayanımı ortalamaları= $30,08 > 28,05$  (uygundur).  
Alınan karot örneklerin en küçük silindir basınç dayanımı= $27,99 > 25,5$  (uygundur).

Ek-1.2. Bina 1-64 mm karot beton basınç deneyi sonuçları

Örnek no	Örnek yeri	Perde no/Kolon no	Perde/Kolon	Boy (mm)	Çap (mm)	Narinlik sayısı $\lambda$	Düzeltilme katsayısı	Kırılma kuvveti (N) $P_k$	h/d oranına göre düzeltilmiş silindir basınç dayanımı (N/mm <sup>2</sup> )	Ortalama (N/mm <sup>2</sup> )
4	Zemin Kat	4	Perde	118	64	1,84	0,987	69259	21,26	27,01
5		4	Perde	134	64	2,09	1,000	89762	27,92	
6		5	Perde	132	64	2,06	1,000	109185	33,96	
7		5	Perde	118	64	1,84	0,987	85641	26,29	
8		6	Perde	119	64	1,86	0,989	83287	25,62	

✓ Yukarıdaki örnekler C25/30 sınıf betonu temsil etmektedir.  
✓ C25/30 betonu için sınıf dayanımı (silindir örnekler için) 25 MPa'dır.  
✓ C25/30 betonu için eşdeğer dayanım ise  $25+3=28$  MPa'dır.  
✓ Eşdeğer dayanımın % 85'i  $28*0,85=23,8$  MPa'dır.  
✓ Sınıf dayanımının % 85'i  $25*0,85=21,25$  MPa'dır.

**Değerlendirme:**

Alınan karot örneklerin silindir basınç dayanımı ortalamaları= $27,01 > 23,8$  (uygundur).  
Alınan karot örneklerin en küçük silindir basınç dayanımı= $21,26 > 21,25$  (uygundur).

**Ek-1.3. Bina 1-28 mm karot beton basınç deneyi sonuçları**

Örnek no	Örnek yeri	Perde no/Kolon no	Perde/Kolon	Boy (mm)	Çap (mm)	Narinlik sayısı $\lambda$	Düzeltilme katsayısı	Kırılma kuvveti (N) $P_K$	h/d oranına göre düzeltilmiş silindir basınç dayanımı (N/mm <sup>2</sup> )	Ortalama (N/mm <sup>2</sup> )
1	Zemin Kat	1	Perde	55,9	25,8	2,17	1,000	16461	26,75	15,80
2		1	Perde	28,1	25,8	1,09	0,892	8652	12,54	
3		1	Perde	29,2	25,9	1,13	0,901	4571	6,69	
4		1	Perde	28,1	25,7	1,09	0,892	11890	17,23	
5		1	Perde	28,3	25,7	1,10	0,894	8937	12,98	
6		1	Perde	28,5	25,7	1,11	0,896	10212	14,87	
7		2	Perde	56	25,8	2,17	1,000	12243	19,89	
8		2	Perde	28,2	26	1,08	0,889	13165	19,02	
9		2	Perde	28,5	25,7	1,11	0,896	8191	11,93	
10		2	Perde	28,2	25,8	1,09	0,892	13695	19,85	
11		2	Perde	28,5	25,9	1,10	0,894	12066	17,53	
12		2	Perde	28	25,9	1,08	0,889	11566	16,71	
13		3	Perde	56	25,8	2,17	1,000	13871	22,54	
14		3	Perde	25,5	25,5	1,00	0,870	8054	11,39	
15		3	Perde	28,5	25,8	1,10	0,894	10958	15,92	
16		3	Perde	28	26	1,08	0,889	9221	13,32	
17		4	Perde	55,5	25,7	2,16	1,000	6847	11,13	
18		4	Perde	28,2	25,8	1,09	0,892	12665	18,36	
19		4	Perde	28,5	25,7	1,11	0,896	5925	8,63	
20		4	Perde	28,5	25,8	1,10	0,894	8623	12,53	
21		4	Perde	27,5	25,5	1,08	0,889	11527	16,65	
22		4	Perde	28,5	25,7	1,11	0,896	7093	10,33	
23		5	Perde	56	25,9	2,16	1,000	13096	21,28	
24		5	Perde	28,5	25,9	1,10	0,894	9369	13,61	
25		5	Perde	28,5	26	1,10	0,894	7093	10,30	
26		5	Perde	28	25,5	1,10	0,894	14725	21,39	
27		5	Perde	28,5	25,7	1,11	0,896	8476	12,34	
28		6	Perde	56	25,8	2,17	1,000	14901	24,21	
29		6	Perde	28,5	25,8	1,10	0,894	6543	9,50	
30		6	Perde	28,5	25,8	1,10	0,894	10605	15,40	
31		6	Perde	28,5	25,5	1,12	0,899	14480	21,15	
32		6	Perde	28,8	25,8	1,12	0,899	13518	19,75	

Ek-1.3. (devamı)

Ortalama silindir dayanımı $\bar{f}_{sil}$ (MPa)	Standart sapma, s (MPa)	Kabul faktörü, ks (32 örnek için)	Deney büyüklüğü, z
15,80	4,89	1,68	7,60

$$z = \frac{\bar{f}_{sil} - ks \cdot s}{0,85 \cdot f_{EK}}$$

z: Deney büyüklüğü (MPa)

$\bar{f}_{sil}$  : Ortalama silindir basınç dayanım değeri

ks: Rastgele alınan minimum numune sayısına karşılık uygun kabul faktörleri

s: Standart sapma

$f_{EK}$ : Betonun eşdeğer silindir mukavemeti

İstatistik değerlendirmede kullanılan kabul faktörleri

Numune sayısı (n)	Kabul faktörleri (ks)
12	1,95
15	1,88
20	1,84
25	1,75
30	1,70
$\geq 35$	1,64

C8/10 betonu için (silindir dayanımı)  $f_{EK} = 8$  MPa

$0,85 \cdot f_{EK} = 0,85 \cdot 8 = 6,8$  MPa  $< z = 7,60$  MPa (Sağlıyor)

**Ek-1.4. Bina 2-64 mm karot beton basınç deneyi sonuçları**

Örnek no	Örnek yeri	Perde no/Kolon no	Perde/Kolon	Boy (mm)	Çap (mm)	Narinlik sayısı $\lambda$	Düzeltilme katsayısı	Kırılma kuvveti (N) $P_K$	h/d oranına göre düzeltilmiş silindir basınç dayanımı (N/mm <sup>2</sup> )	Ortalama (N/mm <sup>2</sup> )
1	Zemin Kat	2	Perde	130	64	2,03	1,000	83091	25,84	25,07
2		2	Perde	98	64	1,53	0,962	105458	31,55	
3		3	Perde	134	64	2,09	1,000	72300	22,49	
4		3	Perde	80	64	1,25	0,930	70534	20,40	
<p>✓ Yukarıdaki örnekler C20/25 sınıf betonu temsil etmektedir. ✓ C20/25 betonu için sınıf dayanımı (silindir örnekler için) 20 MPa'dır. ✓ C20/25 betonu için eşdeğer dayanım ise <math>20+3=23</math> MPa'dır. ✓ Eşdeğer dayanımın % 85'i <math>23*0,85=19,55</math> MPa'dır. ✓ Sınıf dayanımının % 85'i <math>20*0,85=17,00</math> MPa'dır.</p> <p><b>Değerlendirme:</b></p> <p>Alınan karot örneklerin silindir basınç dayanımı ortalamaları=<math>25,07 &gt; 19,55</math> (uygundur). Alınan karot örneklerin en küçük silindir basınç dayanımı=<math>20,40 &gt; 17,00</math> (uygundur).</p>										

Ek-1.5. Bina 2-28 mm karot beton basınç deneyi sonuçları

Örnek no	Örnek yeri	Perde no/Kolon no	Perde/Kolon	Boy (mm)	Çap (mm)	Narinlik sayısı $\lambda$	Düzeltilme katsayısı	Kırılma kuvveti (N) $P_K$	h/d oranına göre düzeltilmiş silindir basınç dayanımı (N/mm <sup>2</sup> )	Ortalama (N/mm <sup>2</sup> )
1	Zemin kat	1	Perde	56	25,5	2,20	1,000	12557	20,40	17,99
2		1	Perde	28,3	25,5	1,11	0,896	12135	17,67	
3		1	Perde	28,5	25,7	1,11	0,896	12243	17,82	
4		1	Perde	28,3	25,5	1,11	0,896	13695	19,94	
5		1	Perde	28,5	25,7	1,11	0,896	7377	10,74	
6		1	Perde	28,3	25,5	1,11	0,896	14225	20,71	
7		2	Perde	56	25,5	2,20	1,000	7377	11,99	
8		2	Perde	28,3	25,5	1,11	0,896	8868	12,91	
9		3	Perde	56	25,9	2,16	1,000	14793	24,04	
10		3	Perde	28,5	25,8	1,10	0,894	15824	22,99	
11		3	Perde	28,8	26	1,11	0,896	7024	10,23	
12		3	Perde	28,5	26	1,10	0,894	15186	22,06	
13		3	Perde	28,5	25,9	1,10	0,894	15402	22,37	

Ek-1.5. (devamı)

Ortalama silindir dayanımı $\bar{f}_{sil}$ (MPa)	Standart sapma, s (MPa)	Kabul faktörü, ks (13 örnek için)	Deney büyüklüğü, z
17,99	4,91	1,93	8,53

$$z = \frac{\bar{f}_{sil} - ks \cdot s}{0,85 \cdot f_{EK}}$$

z: Deney büyüklüğü (MPa)

$\bar{f}_{sil}$  : Ortalama silindir basınç dayanım değeri

ks: Rastgele alınan minimum numune sayısına karşılık uygun kabul faktörleri

s: Standart sapma

$f_{EK}$ : Betonun eşdeğer silindir mukavemeti

İstatistik değerlendirmede kullanılan kabul faktörleri

Numune sayısı (n)	Kabul faktörleri (ks)
12	1,95
15	1,88
20	1,84
25	1,75
30	1,70
$\geq 35$	1,64

C8/10 betonu için (silindir dayanımı)  $f_{EK} = 8$  MPa

$0,85 \cdot f_{EK} = 0,85 \cdot 8 = 6,8$  MPa  $< z = 8,53$  MPa (Sağlıyor)

**Ek-1.6.** Bina 3-94 mm karot beton basınç deneyi sonuçları

Örnek no	Örnek yeri	Perde no/Kolon no	Perde/Kolon	Boy (mm)	Çap (mm)	Narinlik sayısı $\lambda$	Düzeltilme katsayısı	Kırılma kuvveti (N) $P_K$	h/d oranına göre düzeltilmiş silindir basınç dayanımı ( $N/mm^2$ )	Ortalama ( $N/mm^2$ )
1	Zemin Kat	1	Kolon	194	94	2,06	1,000	129100	18,61	16,61
2		1	Perde	194	94	2,06	1,000	106144	15,30	
3		2	Kolon	190	94	2,02	1,000	110363	15,91	

✓ Yukarıdaki örnekler C16/20 sınıf betonu temsil etmektedir.  
✓ C16/20 betonu için sınıf dayanımı (silindir örnekler için) 16 MPa'dır.  
✓ C16/20 betonu için eşdeğer dayanım ise  $16+3=19$  MPa'dır.  
✓ Eşdeğer dayanımın % 85'i  $19*0,85=16,15$  MPa'dır.  
✓ Sınıf dayanımının % 85'i  $16*0,85=13,6$  MPa'dır.

**Değerlendirme:**

Alınan karot örneklerin silindir basınç dayanımı ortalamaları= $16,61 > 16,15$  (uygundur).  
Alınan karot örneklerin en küçük silindir basınç dayanımı= $15,30 > 13,6$  (uygundur).

Ek-1.7. Bina 3-64 mm karot beton basınç deneyi sonuçları

Örnek no	Örnek yeri	Perde no/Kolon no	Perde/Kolon	Boy (mm)	Çap (mm)	Narinlik sayısı $\lambda$	Düzeltilme katsayısı	Kırılma kuvveti (N) $P_K$	h/d oranına göre düzeltilmiş silindir basınç dayanımı (N/mm <sup>2</sup> )	Ortalama (N/mm <sup>2</sup> )
4	Zemin Kat	3	Kolon	134	64	2,09	1,000	54838	17,05	18,75
5		2	Perde	64	64	1,00	0,870	69455	18,79	
6		4	Kolon	64	64	1,00	0,870	75439	20,41	

✓ Yukarıdaki örnekler C18/22 sınıf betonu temsil etmektedir.  
✓ C18/22 betonu için sınıf dayanımı (silindir örnekler için) 18 MPa'dır.  
✓ C18/22 betonu için eşdeğer dayanım ise  $18+3=21$  MPa'dır.  
✓ Eşdeğer dayanımın % 85'i  $21*0,85=17,85$  MPa'dır.  
✓ Sınıf dayanımının % 85'i  $18*0,85=15,30$  MPa'dır.

**Değerlendirme:**

Alınan karot örneklerin silindir basınç dayanımı ortalamaları= $18,75 > 17,85$  (uygundur).  
Alınan karot örneklerin en küçük silindir basınç dayanımı= $17,05 > 15,30$  (uygundur).

Ek-1.8. Bina 3-28 mm karot beton basınç deneyi sonuçları

Örnek no	Örnek yeri	Perde no/Kolon no	Perde/Kolon	Boy (mm)	Çap (mm)	Narinlik sayısı $\lambda$	Düzeltilme katsayısı	Kırılma kuvveti (N) $P_K$	h/d oranına göre düzeltilmiş silindirik basınç dayanımı (N/mm <sup>2</sup> )	Ortalama (N/mm <sup>2</sup> )
1	Zemin kat	1	Perde	56	25,5	2,20	1,000	4905	7,97	12,57
2		1	Perde	28,1	25,7	1,09	0,892	9594	13,91	
3		1	Perde	28,8	25,8	1,12	0,899	8907	13,01	
4		1	Kolon	53	25,3	2,09	1,000	4827	7,84	
5		1	Kolon	28,5	25,5	1,12	0,899	9084	13,27	
6		1	Kolon	28,3	25,5	1,11	0,896	9751	14,20	
7		1	Kolon	28,4	25,5	1,11	0,896	10202	14,85	
8		2	Kolon	56	25,5	2,20	1,000	10497	17,06	
9		2	Kolon	28,2	25,6	1,10	0,894	10251	14,89	
10		2	Kolon	28,5	25,6	1,11	0,896	10320	15,02	
11		2	Perde	56	25,5	2,20	1,000	9830	15,97	
12		2	Perde	28,3	25,6	1,11	0,896	9359	13,63	
13		2	Perde	28,5	25,5	1,12	0,899	9182	13,41	
14		2	Perde	28,5	25,7	1,11	0,896	7946	11,57	
15		3	Kolon	56	25,8	2,17	1,000	6847	11,13	
16		3	Kolon	28	25,5	1,10	0,894	4895	7,11	
17		4	Kolon	29	25,5	1,14	0,904	4925	7,23	
18		4	Kolon	28,5	25,8	1,10	0,894	9712	14,11	

**Ek-1.8. (devamı)**

Ortalama silindir dayanımı $\bar{f}_{sil}$ (MPa)	Standart sapma, s (MPa)	Kabul faktörü, ks (18 örnek için)	Deney büyüklüğü, z
12,57	3,09	1,86	6,81

$$z = \frac{\bar{f}_{sil} - ks * s}{0,85 * f_{EK}}$$

z: Deney büyüklüğü (MPa)

$\bar{f}_{sil}$  : Ortalama silindir basınç dayanım değeri

ks: Rastgele alınan minimum numune sayısına karşılık uygun kabul faktörleri

s: Standart sapma

$f_{EK}$ : Betonun eşdeğer silindir mukavemeti

İstatistik değerlendirmede kullanılan kabul faktörleri

Numune sayısı (n)	Kabul faktörleri (ks)
12	1,95
15	1,88
20	1,84
25	1,75
30	1,70
$\geq 35$	1,64

C8/10 betonu için (silindir dayanımı)  $f_{EK} = 8$  MPa

$0,85 * f_{EK} = 0,85 * 8 = 6,8$  MPa  $< z = 6,81$  MPa (Sağlıyor)

**Ek-1.9.** Bina 4-94 mm karot beton basınç deneyi sonuçları

Örnek no	Örnek yeri	Perde no/Kolon no	Perde/Kolon	Boy (mm)	Çap (mm)	Narinlik sayısı $\lambda$	Düzeltilme katsayısı	Kırılma kuvveti (N) $P_K$	h/d oranına göre düzeltilmiş silindir basınç dayanımı (N/mm <sup>2</sup> )	Ortalama (N/mm <sup>2</sup> )
1	Zemin Kat	1	Kolon	196	94	2,08	1,000	85445	12,32	16,54
2		1	Perde	190	94	2,02	1,000	151466	21,84	
3		2	Kolon	196	94	2,08	1,000	107321	15,47	

✓ Yukarıdaki örnekler C14/16 sınıf betonu temsil etmektedir.  
✓ C14/16 betonu için sınıf dayanımı (silindir örnekler için) 14 MPa'dır.  
✓ C14/16 betonu için eşdeğer dayanım ise  $14+3=17$  MPa'dır.  
✓ Eşdeğer dayanımın % 85'i  $17*0,85=14,45$  MPa'dır.  
✓ Sınıf dayanımının % 85'i  $14*0,85=11,9$  MPa'dır.

**Değerlendirme:**

Alınan karot örneklerin silindir basınç dayanımı ortalamaları= $16,54 > 14,45$  (uygundur).  
Alınan karot örneklerin en küçük silindir basınç dayanımı= $12,32 > 11,9$  (uygundur).

**Ek-1.10.** Bina 4-64 mm karot beton basınç deneyi sonuçları

Örnek no	Örnek yeri	Perde no/Kolon no	Perde/Kolon	Boy (mm)	Çap (mm)	Narinlik sayısı $\lambda$	Düzeltilme katsayısı	Kırılma kuvveti (N) $P_K$	h/d oranına göre düzeltilmiş silindir basınç dayanımı (N/mm <sup>2</sup> )	Ortalama (N/mm <sup>2</sup> )
4	Zemin Kat	3	Kolon	134	64	2,09	1,000	59154	18,40	17,75
5		2	Perde	130	64	2,03	1,000	49541	15,41	
6		4	Kolon	132	64	2,06	1,000	62294	19,37	
7		4	Kolon	64	64	1,00	0,870	65923	17,84	
<p>✓ Yukarıdaki örnekler C16/20 sınıf betonu temsil etmektedir. ✓ C16/20 betonu için sınıf dayanımı (silindir örnekler için) 16 MPa'dır. ✓ C16/20 betonu için eşdeğer dayanım ise <math>16+3=19</math> MPa'dır. ✓ Eşdeğer dayanımın % 85'i <math>19*0,85=16,15</math> MPa'dır. ✓ Sınıf dayanımının % 85'i <math>16*0,85=13,60</math> MPa'dır.</p> <p><b>Değerlendirme:</b></p> <p>Alınan karot örneklerin silindir basınç dayanımı ortalamaları=<math>17,75 &gt; 16,15</math> (uygundur). Alınan karot örneklerin en küçük silindir basınç dayanımı=<math>15,41 &gt; 13,60</math> (uygundur).</p>										

Ek-1.11. Bina 4-28 mm karot beton basınç deneyi sonuçları

Örnek no	Örnek yeri	Perde no/Kolon no	Perde/Kolon	Boy (mm)	Çap (mm)	Narinlik sayısı $\lambda$	Düzeltilme katsayısı	Kırılma kuvveti (N) $P_K$	h/d oranına göre düzeltilmiş silindirik basınç dayanımı (N/mm <sup>2</sup> )	Ortalama (N/mm <sup>2</sup> )
1	Zemin kat	1	Kolon	56	25,5	2,20	1,000	8476	13,77	14,69
2		1	Kolon	28,5	25,5	1,12	0,899	9290	13,57	
3		1	Kolon	28,5	26	1,10	0,894	9467	13,75	
4		1	Perde	56	25,8	2,17	1,000	10820	17,58	
5		1	Perde	28,4	25,7	1,11	0,896	13057	19,01	
6		1	Perde	28,6	25,5	1,12	0,899	13234	19,33	
7		1	Perde	28,1	25,5	1,10	0,894	5494	7,98	
8		1	Perde	28,6	25,3	1,13	0,901	9153	13,40	
9		2	Kolon	55,5	25,5	2,18	1,000	7132	11,59	
10		2	Kolon	28,1	25,5	1,10	0,894	6239	9,06	
11		2	Kolon	26,1	25,5	1,02	0,875	8937	12,71	
12		2	Kolon	28,5	25,5	1,12	0,899	7416	10,83	
13		2	Perde	56	25,6	2,19	1,000	10428	16,94	
14		2	Perde	28,8	25,8	1,12	0,899	8015	11,71	
15		3	Kolon	56	25,6	2,19	1,000	8652	14,06	
16		3	Kolon	28,5	25,5	1,12	0,899	8260	12,07	
17		4	Kolon	56	25,8	2,17	1,000	14656	23,81	
18		4	Kolon	28,1	25,7	1,09	0,892	6955	10,08	
19		4	Kolon	28,2	25,5	1,11	0,896	16716	24,34	
20		4	Kolon	27,8	25,5	1,09	0,892	8476	12,28	
21		4	Kolon	26,9	25,7	1,05	0,882	12351	17,70	
22		4	Kolon	28,2	25,5	1,11	0,896	12027	17,51	

**Ek-1.11.** (devamı)

Ortalama silindir dayanımı $\bar{f}_{sil}$ (MPa)	Standart sapma, s (MPa)	Kabul faktörü, ks (22 örnek için)	Deney büyüklüğü, z
14,69	4,36	1,80	6,83

$$z = \frac{\bar{f}_{sil} - ks \cdot s}{0,85 \cdot f_{EK}}$$

z: Deney büyüklüğü (MPa)

$\bar{f}_{sil}$  : Ortalama silindir basınç dayanım değeri

ks: Rastgele alınan minimum numune sayısına karşılık uygun kabul faktörleri

s: Standart sapma

$f_{EK}$ : Betonun eşdeğer silindir mukavemeti

İstatistik değerlendirmede kullanılan kabul faktörleri

Numune sayısı (n)	Kabul faktörleri (ks)
12	1,95
15	1,88
20	1,84
25	1,75
30	1,70
$\geq 35$	1,64

C8/10 betonu için (silindir dayanımı)  $f_{EK} = 8$  MPa

$0,85 \cdot f_{EK} = 0,85 \cdot 8 = 6,8$  MPa  $< z = 6,83$  MPa (Sağlıyor)

**Ek-1.12.** Bina 5-94 mm karot beton basınç deneyi sonuçları

Örnek no	Örnek yeri	Perde no/Kolon no	Perde/Kolon	Boy (mm)	Çap (mm)	Narinlik sayısı $\lambda$	Düzeltilme katsayısı	Kırılma kuvveti (N) $P_K$	h/d oranına göre düzeltilmiş silindir basınç dayanımı (N/mm <sup>2</sup> )	Ortalama (N/mm <sup>2</sup> )
1	Zemin Kat	1	Kolon	196	94	2,08	1,000	93195	13,44	13,04
2		1	Perde	196	94	2,08	1,000	77205	11,13	
3		2	Kolon	196	94	2,09	1,000	100945	14,55	
<p>✓ Yukarıdaki örnekler C12/15 sınıf betonu temsil etmektedir. ✓ C12/15 betonu için sınıf dayanımı (silindir örnekler için) 12 MPa'dır. ✓ C12/15 betonu için eşdeğer dayanım ise <math>12+3=15</math> MPa'dır. ✓ Eşdeğer dayanımın % 85'i <math>15*0,85=12,75</math> MPa'dır. ✓ Sınıf dayanımının % 85'i <math>12*0,85=10,20</math> MPa'dır.</p> <p><b>Değerlendirme:</b></p> <p>Alınan karot örneklerin silindir basınç dayanımı ortalamaları=<math>13,04 &gt; 12,75</math> (uygundur). Alınan karot örneklerin en küçük silindir basınç dayanımı=<math>11,13 &gt; 10,20</math> (uygundur).</p>										

**Ek-1.13.** Bina 5-64 mm karot beton basınç deneyi sonuçları

Örnek no	Örnek yeri	Perde no/Kolon no	Perde/Kolon	Boy (mm)	Çap (mm)	Narinlik sayısı $\lambda$	Düzeltilme katsayısı	Kırılma kuvveti (N) $P_K$	h/d oranına göre düzeltilmiş silindir basınç dayanımı (N/mm <sup>2</sup> )	Ortalama (N/mm <sup>2</sup> )
4	Zemin Kat	3	Kolon	132	64	2,06	1,000	41791	13,00	10,29
5		3	Kolon	64	64	1,00	0,870	37572	10,17	
6		2	Perde	134	64	2,09	1,000	24819	7,72	
<p>✓ Yukarıdaki örnekler C8/10 sınıf betonu temsil etmektedir. ✓ C8/10 betonu için sınıf dayanımı (silindir örnekler için) 8 MPa'dır. ✓ C8/10 betonu için eşdeğer dayanım ise <math>8+3=11</math> MPa'dır. ✓ Eşdeğer dayanımın % 85'i <math>11*0,85=9,35</math> MPa'dır. ✓ Sınıf dayanımının % 85'i <math>8*0,85=6,80</math> MPa'dır.</p> <p><b>Değerlendirme:</b></p> <p>Alınan karot örneklerin silindir basınç dayanımı ortalamaları=<math>10,29 &gt; 9,35</math> (uygundur). Alınan karot örneklerin en küçük silindir basınç dayanımı=<math>7,72 &gt; 6,80</math> (uygundur).</p>										

Ek-1.14. Bina 5-28 mm karot beton basınç deneyi sonuçları

Örnek no	Örnek yeri	Perde no/Kolon no	Perde/Kolon	Boy (mm)	Çap (mm)	Narinlik sayısı $\lambda$	Düzeltilme katsayısı	Kırılma kuvveti (N) $P_K$	h/d oranına göre düzeltilmiş silindirik basınç dayanımı (N/mm <sup>2</sup> )	Ortalama (N/mm <sup>2</sup> )
1	Zemin kat	1	Perde	56	25,6	2,19	1,000	7308	11,88	7,64
2		1	Perde	28	26	1,08	0,889	1560	2,25	
3		1	Perde	27,5	25,9	1,06	0,884	3012	4,33	
4		1	Kolon	56	25,8	2,17	1,000	6592	10,71	
5		1	Kolon	28,1	25,8	1,09	0,892	5180	7,51	
6		1	Kolon	28,7	25,9	1,11	0,896	3796	5,53	
7		1	Kolon	28,2	25,7	1,10	0,894	5925	8,61	
8		2	Kolon	55	25,6	2,15	1,000	4434	7,20	
9		2	Kolon	28,3	25,5	1,11	0,896	1236	1,80	
10		2	Kolon	28,5	26	1,10	0,894	3826	5,56	
11		2	Perde	56	25,8	2,17	1,000	5101	8,29	
12		2	Perde	28,8	25,7	1,12	0,899	4748	6,94	
13		2	Perde	28,1	25,7	1,09	0,892	8800	12,75	
14		2	Perde	28,4	25,8	1,10	0,894	6739	9,79	
15		3	Kolon	55,8	25,7	2,17	1,000	6700	10,89	
16		3	Kolon	28,3	25,8	1,10	0,894	8015	11,64	
17		3	Kolon	28,5	25,6	1,11	0,896	3581	5,21	
18		3	Kolon	28,2	25,7	1,10	0,894	4719	6,85	
19		3	Kolon	28,4	25,5	1,11	0,896	9938	14,47	
20		4	Kolon	56	25,5	2,20	1,000	4542	7,38	
21		4	Kolon	28,5	25,5	1,12	0,899	3120	4,56	
22		4	Kolon	27,2	25,7	1,06	0,884	2766	3,97	

Ek-1.14. (devamı)

Ortalama silindir dayanımı $\bar{f}_{sil}$ (MPa)	Standart sapma, s (MPa)	Kabul faktörü, ks (22 örnek için)	Deney büyüklüğü, z
7,64	3,42	1,80	1,48

$$z = \frac{\bar{f}_{sil} - ks \cdot s}{0,85 \cdot f_{EK}}$$

z: Deney büyüklüğü (MPa)

$\bar{f}_{sil}$  : Ortalama silindir basınç dayanım değeri

ks: Rastgele alınan minimum numune sayısına karşılık uygun kabul faktörleri

s: Standart sapma

$f_{EK}$ : Betonun eşdeğer silindir mukavemeti

İstatistik değerlendirmede kullanılan kabul faktörleri

Numune sayısı (n)	Kabul faktörleri (ks)
12	1,95
15	1,88
20	1,84
25	1,75
30	1,70
$\geq 35$	1,64

C8/10 betonu için (silindir dayanımı)  $f_{EK} = 8$  MPa

$0,85 \cdot f_{EK} = 0,85 \cdot 8 = 6,8$  MPa  $> z = 1,48$  MPa (Sağlamıyor)

O halde beton sınıfı C8/10 beton sınıfından daha düşüktür.

**Ek-1.15.** Bina 6-94 mm karot beton basınç deneyi sonuçları

Örnek no	Örnek yeri	Perde no/Kolon no	Perde/Kolon	Boy (mm)	Çap (mm)	Narinlik sayısı $\lambda$	Düzeltilme katsayısı	Kırılma kuvveti (N) $P_K$	h/d oranına göre düzeltilmiş silindir basınç dayanımı (N/mm <sup>2</sup> )	Ortalama (N/mm <sup>2</sup> )
1	Zemin Kat	1	Kolon	196	94	2,09	1,000	49246	7,10	7,38
2		1	Perde	196	94	2,09	1,000	58860	8,49	
3		2	Kolon	196	94	2,06	1,000	45420	6,55	
<p>✓ C8/10 betonu için sınıf dayanımı (silindir örnekler için) 8 MPa'dır. ✓ C8/10 betonu için eşdeğer dayanım ise <math>8+3=11</math> MPa'dır. ✓ Eşdeğer dayanımın % 85'i <math>11*0,85=9,35</math> MPa'dır. ✓ Sınıf dayanımının % 85'i <math>8*0,85=6,80</math> MPa'dır.</p> <p><b>Değerlendirme:</b></p> <p>Alınan karot örneklerin silindir basınç dayanımı ortalamaları=<math>7,38 &lt; 9,35</math> (uygun değildir). Alınan karot örneklerin en küçük silindir basınç dayanımı=<math>6,55 &lt; 6,80</math> (uygun değildir).</p> <p>O halde beton sınıfı C8/10 beton sınıfından daha düşüktür.</p>										

**Ek-1.16.** Bina 6-28 mm karot beton basınç deneyi sonuçları

Örnek no	Örnek yeri	Perde no/Kolon no	Perde/Kolon	Boy (mm)	Çap (mm)	Narinlik sayısı $\lambda$	Düzeltilme katsayısı	Kırılma kuvveti (N) $P_K$	h/d oranına göre düzeltilmiş silindir basınç dayanımı (N/mm <sup>2</sup> )	Ortalama (N/mm <sup>2</sup> )
1	Zemin	1	Kolon	28,5	25,7	1,11	0,896	3581	5,21	4,39
2	kat	1	Kolon	28,5	25,5	1,12	0,899	2443	3,57	

✓ C8/10 betonu için sınıf dayanımı (silindir örnekler için) 8 MPa'dır.  
✓ C8/10 betonu için eşdeğer dayanım ise  $8+3=11$  MPa'dır.  
✓ Eşdeğer dayanımın % 85'i  $11*0,85=9,35$  MPa'dır.  
✓ Sınıf dayanımının % 85'i  $8*0,85=6,80$  MPa'dır.

**Değerlendirme:**

Alınan karot örneklerin silindir basınç dayanımı ortalamaları= $4,39 < 9,35$  (uygun değildir).  
Alınan karot örneklerin en küçük silindir basınç dayanımı= $3,57 < 6,80$  (uygun değildir).

O halde beton sınıfı C8/10 beton sınıfından daha düşüktür.

**Ek-1.17.** Bina 7-94 mm karot beton basınç deneyi sonuçları

Örnek no	Örnek yeri	Perde no/Kolon no	Perde/Kolon	Boy (mm)	Çap (mm)	Narinlik sayısı $\lambda$	Düzeltilme katsayısı	Kırılma kuvveti (N) $P_K$	h/d oranına göre düzeltilmiş silindir basınç dayanımı (N/mm <sup>2</sup> )	Ortalama (N/mm <sup>2</sup> )
1	Zemin Kat	1	Perde	196	94	2,09	1,000	145875	21,03	17,98
2		1	Kolon	194	94	2,06	1,000	149701	21,58	
3		2	Perde	160	94	1,70	0,976	80540	11,33	

- ✓ Yukarıdaki örnekler C12/15 sınıf betonu temsil etmektedir.
- ✓ C12/15 betonu için sınıf dayanımı (silindir örnekler için) 12 MPa'dır.
- ✓ C12/15 betonu için eşdeğer dayanım ise 12+3=15 MPa'dır.
- ✓ Eşdeğer dayanımın % 85'i  $15*0,85=12,75$  MPa'dır.
- ✓ Sınıf dayanımının % 85'i  $12*0,85=10,20$  MPa'dır.

**Değerlendirme:**

Alınan karot örneklerin silindir basınç dayanımı ortalamaları= $17,98 > 12,75$  (uygundur).  
Alınan karot örneklerin en küçük silindir basınç dayanımı= $11,33 > 10,20$  (uygundur).

**Ek-1.18.** Bina 7-64 mm karot beton basınç deneyi sonuçları

Örnek no	Örnek yeri	Perde no/Kolon no	Perde/Kolon	Boy (mm)	Çap (mm)	Narinlik sayısı $\lambda$	Düzeltilme katsayısı	Kırılma kuvveti (N) $P_K$	h/d oranına göre düzeltilmiş silindir basınç dayanımı (N/mm <sup>2</sup> )	Ortalama (N/mm <sup>2</sup> )
4	Zemin Kat	2	Kolon	132	64	2,06	1,000	21974	6,83	9,50
5		3	Kolon	64	64	1,00	0,870	37670	10,19	
6		4	Kolon	134	64	2,09	1,000	38455	11,96	
7		3	Perde	104	64	1,63	0,970	29921	9,03	

✓ Yukarıdaki örnekler C8/10 sınıf betonu temsil etmektedir.  
✓ C8/10 betonu için sınıf dayanımı (silindir örnekler için) 8 MPa'dır.  
✓ C8/10 betonu için eşdeğer dayanım ise  $8+3=11$  MPa'dır.  
✓ Eşdeğer dayanımın % 85'i  $11*0,85=9,35$  MPa'dır.  
✓ Sınıf dayanımının % 85'i  $8*0,85=6,80$  MPa'dır.

**Değerlendirme:**

Alınan karot örneklerin silindir basınç dayanımı ortalamaları= $9,50 > 9,35$  (uygundur).  
Alınan karot örneklerin en küçük silindir basınç dayanımı= $6,83 > 6,80$  (uygundur).

Ek-1.19. Bina 7-28 mm karot beton basınç deneyi sonuçları

Örnek no	Örnek yeri	Perde no/Kolon no	Perde/Kolon	Boy (mm)	Çap (mm)	Narinlik sayısı $\lambda$	Düzeltilme katsayısı	Kırılma kuvveti (N) $P_K$	h/d oranına göre düzeltilmiş silindirik basınç dayanımı (N/mm <sup>2</sup> )	Ortalama (N/mm <sup>2</sup> )
1	Zemin kat	1	Perde	56	25,7	2,18	1,000	7201	11,70	8,85
2		1	Perde	28,8	25,9	1,11	0,896	12625	18,38	
3		1	Perde	27,9	25,7	1,09	0,892	5140	7,45	
4		1	Perde	28,9	25,8	1,12	0,899	10860	15,86	
5		1	Perde	28,3	25,8	1,10	0,894	9153	13,30	
6		2	Perde	55,9	25,9	2,16	1,000	2796	4,54	
7		2	Perde	28,5	25,5	1,12	0,899	6955	10,16	
8		2	Perde	28,5	26	1,10	0,894	5180	7,52	
9		2	Perde	28,9	25,5	1,13	0,901	7838	11,48	
10		1	Kolon	56	25,5	2,20	1,000	6131	9,96	
11		1	Kolon	28,5	26	1,10	0,894	9290	13,49	
12		1	Kolon	28,5	25,8	1,10	0,894	8731	12,68	
13		1	Kolon	28,8	25,5	1,13	0,901	3335	4,88	
14		3	Perde	56	25,7	2,18	1,000	5925	9,63	
15		3	Perde	28,3	25,6	1,11	0,896	1942	2,83	
16		3	Perde	28,5	25,8	1,10	0,894	5709	8,29	
17		3	Perde	28,3	25,5	1,11	0,896	3512	5,11	
18		4	Perde	56	25,6	2,19	1,000	3296	5,36	
19		4	Perde	28,9	25,5	1,13	0,901	5101	7,47	
20		4	Perde	28,5	25,5	1,12	0,899	3188	4,66	
21		4	Perde	28,7	25,7	1,12	0,899	5572	8,14	
22		4	Perde	28,5	25,5	1,12	0,899	7838	11,45	
23		2	Kolon	56	25,8	2,17	1,000	4719	7,67	
24		2	Kolon	28,5	25,8	1,10	0,894	3335	4,85	
25		2	Kolon	28,5	25,5	1,12	0,899	5670	8,28	
26		2	Kolon	28,9	25,8	1,12	0,899	3365	4,92	

Ek-1.19. (devamı)

Ortalama silindir dayanımı $\bar{f}_{sil}$ (MPa)	Standart sapma, s (MPa)	Kabul faktörü, ks (26 örnek için)	Deney büyüklüğü, z
8,85	3,87	1,74	2,11

$$z = \frac{\bar{f}_{sil} - ks*s}{0,85*f_{EK}} \geq 0$$

z: Deney büyüklüğü (MPa)

$\bar{f}_{sil}$  : Ortalama silindir basınç dayanım değeri

ks: Rastgele alınan minimum numune sayısına karşılık uygun kabul faktörleri

s: Standart sapma

$f_{EK}$ : Betonun eşdeğer silindir mukavemeti

İstatistik değerlendirmede kullanılan kabul faktörleri

Numune sayısı (n)	Kabul faktörleri (ks)
12	1,95
15	1,88
20	1,84
25	1,75
30	1,70
$\geq 35$	1,64

C8/10 betonu için (silindir dayanımı)  $f_{EK} = 8$  MPa

$0,85*f_{EK} = 0,85*8 = 6,8$  MPa  $> z = 2,11$  MPa (Sağlamıyor)

O halde beton sınıfı C8/10 beton sınıfından daha düşüktür.

**Ek-1.20.** Bina 8-64 mm karot beton basınç deneyi sonuçları

Örnek no	Örnek yeri	Perde no/Kolon no	Perde/Kolon	Boy (mm)	Çap (mm)	Narinlik sayısı $\lambda$	Düzeltilme katsayısı	Kırılma kuvveti (N) $P_K$	h/d oranına göre düzeltilmiş silindir basınç dayanımı (N/mm <sup>2</sup> )	Ortalama (N/mm <sup>2</sup> )
1	Zemin Kat	1	Kolon	111	64	1,73	0,978	26193	7,97	8,29
2		1	Perde	134	64	2,09	1,000	32765	10,19	
3		1	Perde	65	64	1,02	0,875	29921	8,14	
4		2	Kolon	132	64	2,06	1,000	22073	6,86	
<ul style="list-style-type: none"><li>✓ C8/10 betonu için sınıf dayanımı (silindir örnekler için) 8 MPa'dır.</li><li>✓ C8/10 betonu için eşdeğer dayanım ise <math>8+3=11</math> MPa'dır.</li><li>✓ Eşdeğer dayanımın % 85'i <math>11*0,85=9,35</math> MPa'dır.</li><li>✓ Sınıf dayanımının % 85'i <math>8*0,85=6,80</math> MPa'dır.</li></ul> <p><b>Değerlendirme:</b></p> <p>Alınan karot örneklerin silindir basınç dayanımı ortalamaları=<math>8,29 &lt; 9,35</math> (uygun değildir). Alınan karot örneklerin en küçük silindir basınç dayanımı=<math>6,86 &gt; 6,80</math> (uygundur).</p> <p>O halde beton sınıfı C8/10 beton sınıfından daha düşüktür.</p>										

**Ek-1.21.** Bina 8-28 mm karot beton basınç deneyi sonuçları

Örnek no	Örnek yeri	Perde no/Kolon no	Perde/Kolon	Boy (mm)	Çap (mm)	Narinlik sayısı $\lambda$	Düzeltilme katsayısı	Kırılma kuvveti (N) $P_K$	h/d oranına göre düzeltilmiş silindir basınç dayanımı (N/mm <sup>2</sup> )	Ortalama (N/mm <sup>2</sup> )
1	Zemin kat	1	Kolon	28,8	25,9	1,11	0,896	2590	3,77	4,46
2		1	Kolon	28,5	25,9	1,10	0,894	2158	3,14	
3		1	Perde	55,9	25,4	2,20	1,000	5209	8,46	
4		1	Perde	28,7	25,5	1,13	0,901	1736	2,54	
5		2	Kolon	28,5	25,7	1,11	0,896	1844	2,69	
6		2	Kolon	28	25,5	1,10	0,894	4258	6,18	
<p>✓ C8/10 betonu için sınıf dayanımı (silindir örnekler için) 8 MPa'dır. ✓ C8/10 betonu için eşdeğer dayanım ise <math>8+3=11</math> MPa'dır. ✓ Eşdeğer dayanımın % 85'i <math>11*0,85=9,35</math> MPa'dır. ✓ Sınıf dayanımının % 85'i <math>8*0,85=6,80</math> MPa'dır.</p> <p><b>Değerlendirme:</b></p> <p>Alınan karot örneklerin silindir basınç dayanımı ortalamaları=<math>4,46 &lt; 9,35</math> (uygun değildir). Alınan karot örneklerin en küçük silindir basınç dayanımı=<math>2,54 &lt; 6,80</math> (uygun değildir).</p> <p>O halde beton sınıfı C8/10 beton sınıfından daha düşüktür.</p>										

**Ek-1.22.** Bina 9-94 mm karot beton basınç deneyi sonuçları

Örnek no	Örnek yeri	Perde no/Kolon no	Perde/Kolon	Boy (mm)	Çap (mm)	Narinlik sayısı $\lambda$	Düzeltilme katsayısı	Kırılma kuvveti (N) $P_K$	h/d oranına göre düzeltilmiş silindir basınç dayanımı (N/mm <sup>2</sup> )	Ortalama (N/mm <sup>2</sup> )
1	Zemin Kat	1	Kolon	94	94	1,00	0,870	86132	10,80	8,59
2		1	Perde	196	94	2,09	1,000	39927	5,76	
3		2	Kolon	196	94	2,09	1,000	63961	9,22	
<p>✓ C8/10 betonu için sınıf dayanımı (silindir örnekler için) 8 MPa'dır. ✓ C8/10 betonu için eşdeğer dayanım ise <math>8+3=11</math> MPa'dır. ✓ Eşdeğer dayanımın % 85'i <math>11*0,85=9,35</math> MPa'dır. ✓ Sınıf dayanımının % 85'i <math>8*0,85=6,80</math> MPa'dır.</p> <p><b>Değerlendirme:</b></p> <p>Alınan karot örneklerin silindir basınç dayanımı ortalamaları=<math>8,59 &lt; 9,35</math> (uygun değildir). Alınan karot örneklerin en küçük silindir basınç dayanımı=<math>5,76 &lt; 6,80</math> (uygun değildir).</p> <p>O halde beton sınıfı C8/10 beton sınıfından daha düşüktür.</p>										

**Ek-1.23.** Bina 9-64 mm karot beton basınç deneyi sonuçları

Örnek no	Örnek yeri	Perde no/Kolon no	Perde/Kolon	Boy (mm)	Çap (mm)	Narinlik sayısı $\lambda$	Düzeltilme katsayısı	Kırılma kuvveti (N) $P_K$	h/d oranına göre düzeltilmiş silindir basınç dayanımı (N/mm <sup>2</sup> )	Ortalama (N/mm <sup>2</sup> )
4	Zemin Kat	3	Kolon	134	64	2,09	1,000	24133	7,51	9,40
5		2	Perde	132	64	2,06	1,000	21680	6,74	
6		4	Kolon	134	64	2,09	1,000	44832	13,94	
<p>✓ C8/10 betonu için sınıf dayanımı (silindir örnekler için) 8 MPa'dır. ✓ C8/10 betonu için eşdeğer dayanım ise <math>8+3=11</math> MPa'dır. ✓ Eşdeğer dayanımın % 85'i <math>11*0,85=9,35</math> MPa'dır. ✓ Sınıf dayanımının % 85'i <math>8*0,85=6,80</math> MPa'dır.</p> <p><b>Değerlendirme:</b></p> <p>Alınan karot örneklerin silindir basınç dayanımı ortalamaları=<math>9,40 &gt; 9,35</math> (uygundur). Alınan karot örneklerin en küçük silindir basınç dayanımı=<math>6,74 &lt; 6,80</math> (uygun değildir).</p> <p>O halde beton sınıfı C8/10 beton sınıfından daha düşüktür.</p>										

**Ek-1.24.** Bina 9-28 mm karot beton basınç deneyi sonuçları

Örnek no	Örnek yeri	Perde no/Kolon no	Perde/Kolon	Boy (mm)	Çap (mm)	Narinlik sayısı $\lambda$	Düzeltilme katsayısı	Kırılma kuvveti (N) $P_K$	h/d oranına göre düzeltilmiş silindir basınç dayanımı (N/mm <sup>2</sup> )	Ortalama (N/mm <sup>2</sup> )
1	Zemin kat	1	Kolon	56	25,9	2,16	1,000	4258	6,92	6,50
2		1	Kolon	28,5	25,7	1,11	0,896	5101	7,43	
3		2	Kolon	56,1	25,7	2,18	1,000	6063	9,85	
4		2	Kolon	28,3	25,7	1,10	0,894	5749	8,35	
5		2	Kolon	28,5	25,8	1,10	0,894	6739	9,79	
6		2	Kolon	28,2	25,7	1,10	0,894	2227	3,23	
7		1	Perde	56	25,5	2,20	1,000	5140	8,35	
8		1	Perde	28,2	25,5	1,11	0,896	1736	2,53	
9		1	Perde	28,8	25,5	1,13	0,901	3335	4,88	
10		1	Perde	28,5	25,5	1,12	0,899	2482	3,63	
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ C8/10 betonu için sınıf dayanımı (silindir örnekler için) 8 MPa'dır.</li> <li>✓ C8/10 betonu için eşdeğer dayanım ise <math>8+3=11</math> MPa'dır.</li> <li>✓ Eşdeğer dayanımın % 85'i <math>11*0,85=9,35</math> MPa'dır.</li> <li>✓ Sınıf dayanımının % 85'i <math>8*0,85=6,80</math> MPa'dır.</li> </ul> <p><b>Değerlendirme:</b></p> <p>Alınan karot örneklerin silindir basınç dayanımı ortalamaları=<math>6,50 &lt; 9,35</math> (uygun değildir).</p> <p>Alınan karot örneklerin en küçük silindir basınç dayanımı=<math>2,53 &lt; 6,80</math> (uygun değildir).</p> <p>O halde beton sınıfı C8/10 beton sınıfından daha düşüktür.</p>										

**Ek-1.25.** Bina 10-94 mm karot beton basınç deneyi sonuçları

Örnek no	Örnek yeri	Perde no/Kolon no	Perde/Kolon	Boy (mm)	Çap (mm)	Narinlik sayısı $\lambda$	Düzeltilme katsayısı	Kırılma kuvveti (N) $P_K$	h/d oranına göre düzeltilmiş silindir basınç dayanımı (N/mm <sup>2</sup> )	Ortalama (N/mm <sup>2</sup> )
1	Zemin Kat	1	Kolon	171	94	1,82	0,986	86622	12,31	11,78
2		1	Perde	165	94	1,76	0,981	79265	11,21	
3		2	Kolon	170	94	1,81	0,985	83189	11,81	
<p>✓ Yukarıdaki örnekler C8/10 sınıf betonu temsil etmektedir. ✓ C8/10 betonu için sınıf dayanımı (silindir örnekler için) 8 MPa'dır. ✓ C8/10 betonu için eşdeğer dayanım ise <math>8+3=11</math> MPa'dır. ✓ Eşdeğer dayanımın % 85'i <math>11*0,85=9,35</math> MPa'dır. ✓ Sınıf dayanımının % 85'i <math>8*0,85=6,80</math> MPa'dır.</p> <p><b>Değerlendirme:</b></p> <p>Alınan karot örneklerin silindir basınç dayanımı ortalamaları=<math>11,78 &gt; 9,35</math> (uygundur). Alınan karot örneklerin en küçük silindir basınç dayanımı=<math>11,21 &gt; 6,80</math> (uygundur).</p>										

**Ek-1.26.** Bina 10-64 mm karot beton basınç deneyi sonuçları

Örnek no	Örnek yeri	Perde no/Kolon no	Perde/Kolon	Boy (mm)	Çap (mm)	Narinlik sayısı $\lambda$	Düzeltilme katsayısı	Kırılma kuvveti (N) $P_K$	h/d oranına göre düzeltilmiş silindir basınç dayanımı (N/mm <sup>2</sup> )	Ortalama (N/mm <sup>2</sup> )
4	Zemin Kat	3	Kolon	134	64	2,09	1,000	38848	12,08	11,75
5		3	Kolon	64	64	1,00	0,870	44636	12,08	
6		2	Perde	94	64	1,47	0,956	32864	9,77	
7		4	Kolon	132	64	2,06	1,000	35600	11,07	
8		4	Kolon	71	64	1,11	0,896	49344	13,75	
<p>✓ Yukarıdaki örnekler C8/10 sınıf betonu temsil etmektedir. ✓ C8/10 betonu için sınıf dayanımı (silindir örnekler için) 8 MPa'dır. ✓ C8/10 betonu için eşdeğer dayanım ise <math>8+3=11</math> MPa'dır. ✓ Eşdeğer dayanımın % 85'i <math>11*0,85=9,35</math> MPa'dır. ✓ Sınıf dayanımının % 85'i <math>8*0,85=6,80</math> MPa'dır.</p> <p><b>Değerlendirme:</b></p> <p>Alınan karot örneklerin silindir basınç dayanımı ortalamaları=<math>11,75 &gt; 9,35</math> (uygundur). Alınan karot örneklerin en küçük silindir basınç dayanımı=<math>9,77 &gt; 6,80</math> (uygundur).</p>										

Ek-1.27. Bina 10-28 mm karot beton basınç deneyi sonuçları

Örnek no	Örnek yeri	Perde no/Kolon no	Perde/Kolon	Boy (mm)	Çap (mm)	Narinlik sayısı $\lambda$	Düzeltilme katsayısı	Kırılma kuvveti (N) $P_K$	h/d oranına göre düzeltilmiş silindirik basınç dayanımı (N/mm <sup>2</sup> )	Ortalama (N/mm <sup>2</sup> )
1	Zemin kat	1	Kolon	56	25,5	2,20	1,000	8907	14,47	7,76
2		1	Kolon	28,9	25,5	1,13	0,901	1766	2,59	
3		1	Kolon	28,5	25,7	1,11	0,896	8692	12,65	
4		1	Kolon	28,5	25,5	1,12	0,899	2266	3,31	
5		1	Perde	28,5	25,5	1,12	0,899	3080	4,50	
6		1	Perde	28,5	25,5	1,12	0,899	2659	3,88	
7		1	Perde	28,5	25,5	1,12	0,899	6739	9,84	
8		2	Kolon	56,2	25,8	2,18	1,000	3649	5,93	
9		2	Kolon	28,5	25,5	1,12	0,899	2659	3,88	
10		2	Kolon	28,5	25,5	1,12	0,899	4110	6,00	
11		2	Kolon	29	25,6	1,13	0,901	6985	10,23	
12		3	Kolon	56	25,6	2,19	1,000	4856	7,89	
13		3	Kolon	27,5	25,5	1,08	0,889	9045	13,07	
14		3	Kolon	28,5	25,7	1,11	0,896	3257	4,74	
15		3	Kolon	28,5	25,6	1,11	0,896	9329	13,58	
16		4	Kolon	28,6	25,5	1,12	0,899	4640	6,78	
17		2	Perde	56	25,5	2,20	1,000	4022	6,54	
18		2	Perde	26,2	25,5	1,03	0,877	6592	9,39	
19		2	Perde	28,5	25,5	1,12	0,899	7662	11,19	
20		2	Perde	28,5	25,3	1,13	0,901	3257	4,77	

Ek-1.27. (devamı)

Ortalama silindir dayanımı $\bar{f}_{sil}$ (MPa)	Standart sapma, s (MPa)	Kabul faktörü, ks (20 örnek için)	Deney büyüklüğü, z
7,76	3,77	1,84	0,82

$$z = \frac{\bar{f}_{sil} - ks \cdot s}{0,85 \cdot f_{EK}}$$

z: Deney büyüklüğü (MPa)

$\bar{f}_{sil}$  : Ortalama silindir basınç dayanım değeri

ks: Rastgele alınan minimum numune sayısına karşılık uygun kabul faktörleri

s: Standart sapma

$f_{EK}$ : Betonun eşdeğer silindir mukavemeti

İstatistik değerlendirmede kullanılan kabul faktörleri

Numune sayısı (n)	Kabul faktörleri (ks)
12	1,95
15	1,88
20	1,84
25	1,75
30	1,70
$\geq 35$	1,64

C8/10 betonu için (silindir dayanımı)  $f_{EK} = 8$  MPa

$0,85 \cdot f_{EK} = 0,85 \cdot 8 = 6,8$  MPa  $> z = 0,82$  MPa (Sağlamıyor)

O halde beton sınıfı C8/10 beton sınıfından daha düşüktür.

**Ek-1.28.** Bina 11-94 mm karot beton basınç deneyi sonuçları

Örnek no	Örnek yeri	Perde no/Kolon no	Perde/Kolon	Boy (mm)	Çap (mm)	Narinlik sayısı $\lambda$	Düzeltilme katsayısı	Kırılma kuvveti (N) $P_K$	h/d oranına göre düzeltilmiş silindir basınç dayanımı (N/mm <sup>2</sup> )	Ortalama (N/mm <sup>2</sup> )
1	Zemin Kat	1	Kolon	159	94	1,69	0,975	127432	17,91	17,82
2		1	Perde	196	94	2,09	1,000	139596	20,13	
3		2	Kolon	195	94	2,07	1,000	106929	15,42	
<p>✓ Yukarıdaki örnekler C16/20 sınıf betonu temsil etmektedir. ✓ C16/20 betonu için sınıf dayanımı (silindir örnekler için) 16 MPa'dır. ✓ C16/20 betonu için eşdeğer dayanım ise <math>16+3=19</math> MPa'dır. ✓ Eşdeğer dayanımın % 85'i <math>19*0,85=16,15</math> MPa'dır. ✓ Sınıf dayanımının % 85'i <math>16*0,85=13,60</math> MPa'dır.</p> <p><b>Değerlendirme:</b></p> <p>Alınan karot örneklerin silindir basınç dayanımı ortalamaları=<math>17,82 &gt; 16,15</math> (uygundur). Alınan karot örneklerin en küçük silindir basınç dayanımı=<math>15,42 &gt; 13,60</math> (uygundur).</p>										

**Ek-1.29.** Bina 11-64 mm karot beton basınç deneyi sonuçları

Örnek no	Örnek yeri	Perde no/Kolon no	Perde/Kolon	Boy (mm)		Narinlik sayısı $\lambda$	Düzeltilme katsayısı	Kırılma kuvveti (N) $P_K$	h/d oranına göre düzeltilmiş silindir basınç dayanımı (N/mm <sup>2</sup> )	Ortalama (N/mm <sup>2</sup> )
4	Zemin Kat	3	Kolon	132	64	2,06	1,000	51306	15,96	18,07
5		2	Perde	134	64	2,09	1,000	49246	15,32	
6		4	Kolon	132	64	2,06	1,000	73771	22,94	
<p>✓ Yukarıdaki örnekler C18/22 sınıf betonu temsil etmektedir. ✓ C18/22 betonu için sınıf dayanımı (silindir örnekler için) 18 MPa'dır. ✓ C18/22 betonu için eşdeğer dayanım ise <math>18+3=21</math> MPa'dır. ✓ Eşdeğer dayanımın % 85'i <math>21*0,85=17,85</math> MPa'dır. ✓ Sınıf dayanımının % 85'i <math>18*0,85=15,30</math> MPa'dır.</p> <p><b>Değerlendirme:</b></p> <p>Alınan karot örneklerin silindir basınç dayanımı ortalamaları=<math>18,07 &gt; 17,85</math> (uygundur). Alınan karot örneklerin en küçük silindir basınç dayanımı=<math>15,32 &gt; 15,30</math> (uygundur).</p>										

**Ek-1.30.** Bina 11-28 mm karot beton basınç deneyi sonuçları

Örnek no	Örnek yeri	Perde no/Kolon no	Perde/Kolon	Boy (mm)	Çap (mm)	Narinlik sayısı $\lambda$	Düzeltilme katsayısı	Kırılma kuvveti (N) $P_K$	h/d oranına göre düzeltilmiş silindirik basınç dayanımı (N/mm <sup>2</sup> )	Ortalama (N/mm <sup>2</sup> )
1	Zemin kat	1	Kolon	56	25,7	2,18	1,000	7799	12,67	13,73
2		1	Kolon	28	25,5	1,10	0,894	12527	18,20	
3		1	Kolon	28,5	25,5	1,12	0,899	7622	11,13	
4		1	Perde	56	25,6	2,19	1,000	10536	17,12	
5		1	Perde	28	25,5	1,10	0,894	8800	12,78	
6		1	Perde	28,9	25,6	1,13	0,901	6210	9,09	
7		1	Perde	28,8	26	1,11	0,896	5248	7,64	
8		2	Kolon	55,9	25,5	2,19	1,000	5003	8,13	
9		2	Kolon	28,5	25,5	1,12	0,899	9967	14,56	
10		2	Kolon	28,9	25,8	1,12	0,899	5248	7,67	
11		2	Kolon	28,8	25,5	1,13	0,901	10497	15,37	
12		3	Kolon	56	25,3	2,21	1,000	9830	15,97	
13		3	Kolon	28,1	25,4	1,11	0,896	13754	20,02	
14		3	Kolon	28,8	25,5	1,13	0,901	11144	16,31	
15		3	Kolon	28,5	25,3	1,13	0,901	4571	6,69	
16		2	Perde	56	25,3	2,21	1,000	8731	14,19	
17		2	Perde	28,5	25,4	1,12	0,899	10291	15,03	
18		2	Perde	28,8	25,3	1,14	0,904	10036	14,74	
19		2	Perde	28,5	25,5	1,12	0,899	11782	17,21	
20		2	Perde	28,2	25,5	1,11	0,896	9192	13,38	
21		4	Kolon	56	25,5	2,20	1,000	9751	15,84	
22		4	Kolon	28	25,5	1,10	0,894	9938	14,44	
23		4	Kolon	28,5	25,7	1,11	0,896	7985	11,63	
24		4	Kolon	28,5	25,5	1,12	0,899	13450	19,65	

Ek-1.30. (devamı)

Ortalama silindir dayanımı $\bar{f}_{sil}$ (MPa)	Standart sapma, s (MPa)	Kabul faktörü, ks (24 örnek için)	Deney büyüklüğü, z
13,73	3,79	1,77	7,02

$$z = \frac{\bar{f}_{sil} - ks*s}{0,85*f_{EK}} \geq 0$$

z: Deney büyüklüğü (MPa)

$\bar{f}_{sil}$  : Ortalama silindir basınç dayanım değeri

ks: Rastgele alınan minimum numune sayısına karşılık uygun kabul faktörleri

s: Standart sapma

$f_{EK}$ : Betonun eşdeğer silindir mukavemeti

İstatistik değerlendirmede kullanılan kabul faktörleri

Numune sayısı (n)	Kabul faktörleri (ks)
12	1,95
15	1,88
20	1,84
25	1,75
30	1,70
$\geq 35$	1,64

C8/10 betonu için (silindir dayanımı)  $f_{EK} = 8$  MPa

$0,85*f_{EK} = 0,85*8 = 6,8$  MPa  $< z = 7,02$  MPa (Sağlıyor)

**Ek-1.31.** Bina 12-94 mm karot beton basınç deneyi sonuçları

Örnek no	Örnek yeri	Perde no/Kolon no	Perde/Kolon	Boy (mm)		Narinlik sayısı $\lambda$	Düzeltilme katsayısı	Kırılma kuvveti (N) $P_K$	h/d oranına göre düzeltilmiş silindir basınç dayanımı (N/mm <sup>2</sup> )	Ortalama (N/mm <sup>2</sup> )
1	Zemin Kat	1	Kolon	195	94	2,07	1,000	74458	10,73	14,90
2		1	Perde	193	94	2,05	1,000	113306	16,34	
3		2	Kolon	196	94	2,09	1,000	122233	17,62	
<p>✓ Yukarıdaki örnekler C12/15 sınıf betonu temsil etmektedir. ✓ C12/15 betonu için sınıf dayanımı (silindir örnekler için) 12 MPa'dır. ✓ C12/15 betonu için eşdeğer dayanım ise <math>12+3=15</math> MPa'dır. ✓ Eşdeğer dayanımın % 85'i <math>15*0,85=12,75</math> MPa'dır. ✓ Sınıf dayanımının % 85'i <math>12*0,85=10,20</math> MPa'dır.</p> <p><b>Değerlendirme:</b></p> <p>Alınan karot örneklerin silindir basınç dayanımı ortalamaları=<math>14,90 &gt; 12,75</math> (uygundur). Alınan karot örneklerin en küçük silindir basınç dayanımı=<math>10,73 &gt; 10,20</math> (uygundur).</p>										

**Ek-1.32.** Bina 12-64 mm karot beton basınç deneyi sonuçları

Örnek no	Örnek yeri	Perde no/Kolon no	Perde/Kolon	Boy (mm)		Narinlik sayısı $\lambda$	Düzeltilme katsayısı	Kırılma kuvveti (N) $P_K$	h/d oranına göre düzeltilmiş silindir basınç dayanımı (N/mm <sup>2</sup> )	Ortalama (N/mm <sup>2</sup> )
4	Zemin Kat	3	Kolon	132	64	2,06	1,000	38455	11,96	10,78
5		2	Perde	134	64	2,09	1,000	32864	10,22	
6		4	Kolon	134	64	2,09	1,000	32667	10,16	
<p>✓ Yukarıdaki örnekler C8/10 sınıf betonu temsil etmektedir. ✓ C8/10 betonu için sınıf dayanımı (silindir örnekler için) 8 MPa'dır. ✓ C8/10 betonu için eşdeğer dayanım ise <math>8+3=11</math> MPa'dır. ✓ Eşdeğer dayanımın % 85'i <math>11*0,85=9,35</math> MPa'dır. ✓ Sınıf dayanımının % 85'i <math>8*0,85=6,80</math> MPa'dır.</p> <p><b>Değerlendirme:</b></p> <p>Alınan karot örneklerin silindir basınç dayanımı ortalamaları=<math>10,78 &gt; 9,35</math> (uygundur). Alınan karot örneklerin en küçük silindir basınç dayanımı=<math>10,16 &gt; 6,80</math> (uygundur).</p>										

Ek-1.33. Bina 12-28 mm karot beton basınç deneyi sonuçları

Örnek no	Örnek yeri	Perde no/Kolon no	Perde/Kolon	Boy (mm)	Çap (mm)	Narinlik sayısı $\lambda$	Düzeltilme katsayısı	Kırılma kuvveti (N) $P_K$	h/d oranına göre düzeltilmiş silindirik basınç dayanımı (N/mm <sup>2</sup> )	Ortalama (N/mm <sup>2</sup> )
1	Zemin kat	1	Kolon	56	25,3	2,21	1,000	6308	10,25	10,14
2		1	Kolon	28,2	25,2	1,12	0,899	11066	16,16	
3		1	Kolon	27,9	25,8	1,08	0,889	14440	20,86	
4		1	Kolon	28	25,7	1,09	0,892	5641	8,18	
5		2	Kolon	56	25,7	2,18	1,000	7269	11,81	
6		2	Kolon	28,5	25,6	1,11	0,896	5003	7,28	
7		2	Kolon	28,7	25,6	1,12	0,899	6033	8,81	
8		2	Kolon	28,4	25,6	1,11	0,896	7554	11,00	
9		2	Kolon	28,6	25,7	1,11	0,896	7308	10,64	
10		3	Kolon	55,9	25,5	2,19	1,000	8760	14,23	
11		3	Kolon	28,8	25,9	1,11	0,896	4002	5,83	
12		3	Kolon	28,8	25,5	1,13	0,901	3120	4,57	
13		1	Perde	56	25,5	2,20	1,000	7730	12,56	
14		1	Perde	28,1	25,3	1,11	0,896	4042	5,88	
15		1	Perde	28,5	25,4	1,12	0,899	9751	14,24	
16		1	Perde	28	25,2	1,11	0,896	5248	7,64	
17		2	Perde	56	25,5	2,20	1,000	5994	9,74	
18		2	Perde	28,5	25,5	1,12	0,899	7622	11,13	
19		2	Perde	28,5	25,5	1,12	0,899	3541	5,17	
20		2	Perde	28	25,5	1,10	0,894	5464	7,94	
21		2	Perde	28,8	25,5	1,13	0,901	7377	10,80	
22		4	Kolon	56	25,6	2,19	1,000	6592	10,71	
23		4	Kolon	28,5	25,5	1,12	0,899	4611	6,74	
24		4	Kolon	28,3	25,7	1,10	0,894	6592	9,58	
25		4	Kolon	28,4	25,6	1,11	0,896	8123	11,83	

Ek-1.33. (devamı)

Ortalama silindir dayanımı $\bar{f}_{sil}$ (MPa)	Standart sapma, s (MPa)	Kabul faktörü, ks (25 örnek için)	Deney büyüklüğü, z
10,14	3,70	1,75	3,67

$$z = \frac{\bar{f}_{sil} - ks \cdot s}{0,85 \cdot f_{EK}}$$

z: Deney büyüklüğü (MPa)

$\bar{f}_{sil}$  : Ortalama silindir basınç dayanım değeri

ks: Rastgele alınan minimum numune sayısına karşılık uygun kabul faktörleri

s: Standart sapma

$f_{EK}$ : Betonun eşdeğer silindir mukavemeti

İstatistik değerlendirmede kullanılan kabul faktörleri

Numune sayısı (n)	Kabul faktörleri (ks)
12	1,95
15	1,88
20	1,84
25	1,75
30	1,70
$\geq 35$	1,64

C8/10 betonu için (silindir dayanımı)  $f_{EK} = 8$  MPa

$0,85 \cdot f_{EK} = 0,85 \cdot 8 = 6,8$  MPa  $> z = 3,67$  MPa (Sağlamıyor)

O halde beton sınıfı C8/10 beton sınıfından daha düşüktür.

**Ek-1.34.** Bina 13-94 mm karot beton basınç deneyi sonuçları

Örnek no	Örnek yeri	Perde no/Kolon no	Perde/Kolon	Boy (mm)	Çap (mm)	Narinlik sayısı $\lambda$	Düzeltilme katsayısı	Kırılma kuvveti (N) $P_K$	h/d oranına göre düzeltilmiş silindir basınç dayanımı (N/mm <sup>2</sup> )	Ortalama (N/mm <sup>2</sup> )
1	Zemin Kat	1	Kolon	98	94	1,04	0,880	106733	13,54	13,91
2		1	Kolon	94	94	1,00	0,870	117818	14,78	
3		2	Kolon	193	94	2,05	1,000	87603	12,63	
4		3	Kolon	196	94	2,09	1,000	101828	14,68	
<p>✓ Yukarıdaki örnekler C12/15 sınıf betonu temsil etmektedir. ✓ C12/15 betonu için sınıf dayanımı (silindir örnekler için) 12 MPa'dır. ✓ C12/15 betonu için eşdeğer dayanım ise 12+3=15 MPa'dır. ✓ Eşdeğer dayanımın % 85'i 15*0,85=12,75 MPa'dır. ✓ Sınıf dayanımının % 85'i 12*0,85=10,20 MPa'dır.</p> <p><b>Değerlendirme:</b></p> <p>Alınan karot örneklerin silindir basınç dayanımı ortalamaları=13,91&gt;12,75 (uygundur). Alınan karot örneklerin en küçük silindir basınç dayanımı=12,63&gt;10,20 (uygundur).</p>										

**Ek-1.35.** Bina 13-64 mm karot beton basınç deneyi sonuçları

Örnek no	Örnek yeri	Perde no/Kolon no	Perde/Kolon	Boy (mm)	Çap (mm)	Narinlik sayısı $\lambda$	Düzeltilme katsayısı	Kırılma kuvveti (N) $P_K$	h/d oranına göre düzeltilmiş silindir basınç dayanımı (N/mm <sup>2</sup> )	Ortalama (N/mm <sup>2</sup> )
5	Zemin Kat	4	Kolon	132	64	2,06	1,000	36493	11,35	13,43
6		4	Kolon	79	64	1,23	0,925	44930	12,93	
7		1	Perde	134	64	2,09	1,000	54053	16,81	
8		1	Perde	66	64	1,03	0,877	45322	12,36	
9		5	Kolon	100	64	1,56	0,965	45617	13,69	
<p>✓ Yukarıdaki örnekler C12/15 sınıf betonu temsil etmektedir. ✓ C12/15 betonu için sınıf dayanımı (silindir örnekler için) 12 MPa'dır. ✓ C12/15 betonu için eşdeğer dayanım ise 12+3=15 MPa'dır. ✓ Eşdeğer dayanımın % 85'i <math>15*0,85=12,75</math> MPa'dır. ✓ Sınıf dayanımının % 85'i <math>12*0,85=10,20</math> MPa'dır.</p> <p><b>Değerlendirme:</b></p> <p>Alınan karot örneklerin silindir basınç dayanımı ortalamaları=13,43&gt;12,75 (uygundur). Alınan karot örneklerin en küçük silindir basınç dayanımı=12,36&gt;10,20 (uygundur).</p>										

**Ek-1.36.** Bina 13-28 mm karot beton basınç deneyi sonuçları

Örnek no	Örnek yeri	Perde no/Kolon no	Perde/Kolon	Boy (mm)	Çap (mm)	Narinlik sayısı $\lambda$	Düzeltilme katsayısı	Kırılma kuvveti (N) $P_K$	h/d oranına göre düzeltilmiş silindirik basınç dayanımı (N/mm <sup>2</sup> )	Ortalama (N/mm <sup>2</sup> )
1	Zemin kat	1	Kolon	56	25,5	2,20	1,000	7132	11,59	8,68
2		1	Kolon	28,3	25,5	1,11	0,896	5101	7,43	
3		1	Kolon	28,2	25,2	1,12	0,899	2443	3,57	
4		2	Kolon	56	25,5	2,20	1,000	6131	9,96	
5		2	Kolon	28,2	25,5	1,11	0,896	5749	8,37	
6		2	Kolon	28,5	25,5	1,12	0,899	2904	4,24	
7		2	Kolon	28,5	25,8	1,10	0,894	3051	4,43	
8		3	Kolon	56	25,5	2,20	1,000	5209	8,46	
9		3	Kolon	28,2	25,5	1,11	0,896	7554	11,00	
10		3	Kolon	28,2	25,5	1,11	0,896	9682	14,10	
11		3	Kolon	28,3	25,5	1,11	0,896	6622	9,64	
12		4	Kolon	28,3	25,5	1,11	0,896	4464	6,50	
13		1	Perde	56	25,5	2,20	1,000	6847	11,13	
14		1	Perde	29	25,9	1,12	0,899	7848	11,46	
15		1	Perde	28,5	25,5	1,12	0,899	7701	11,25	
16		1	Perde	28,5	25,8	1,10	0,894	4110	5,97	
17		5	Kolon	55,9	25,8	2,17	1,000	4464	7,25	
18		5	Kolon	28	25,5	1,10	0,894	4464	6,48	
19		5	Kolon	28,2	25,5	1,11	0,896	8368	12,18	

Ek-1.36. (devamı)

Ortalama silindir dayanımı $\bar{f}_{sil}$ (MPa)	Standart sapma, s (MPa)	Kabul faktörü, ks (19 örnek için)	Deney büyüklüğü, z
8,68	3,01	1,85	3,12

$$z = \frac{\bar{f}_{sil} - ks \cdot s}{0,85 \cdot f_{EK}}$$

z: Deney büyüklüğü (MPa)

$\bar{f}_{sil}$  : Ortalama silindir basınç dayanım değeri

ks: Rastgele alınan minimum numune sayısına karşılık uygun kabul faktörleri

s: Standart sapma

$f_{EK}$ : Betonun eşdeğer silindir mukavemeti

İstatistik değerlendirmede kullanılan kabul faktörleri

Numune sayısı (n)	Kabul faktörleri (ks)
12	1,95
15	1,88
20	1,84
25	1,75
30	1,70
$\geq 35$	1,64

C8/10 betonu için (silindir dayanımı)  $f_{EK} = 8$  MPa

$0,85 \cdot f_{EK} = 0,85 \cdot 8 = 6,8$  MPa  $> z = 3,12$  MPa (Sağlamıyor)

O halde beton sınıfı C8/10 beton sınıfından daha düşüktür.

Ek-1.37. Bina 14-64 mm karot beton basınç deneyi sonuçları

Örnek no	Örnek yeri	Perde no/Kolon no	Perde/Kolon	Boy (mm)	Çap (mm)	Narinlik sayısı $\lambda$	Düzeltilme katsayısı	Kırılma kuvveti (N) $P_K$	h/d oranına göre düzeltilmiş silindir basınç dayanımı (N/mm <sup>2</sup> )	Ortalama (N/mm <sup>2</sup> )
1	Zemin Kat	1	Kolon	132	64	2,06	1,000	28940	9,00	8,56
2		1	Kolon	71	64	1,11	0,896	23446	6,53	
3		1	Perde	134	64	2,09	1,000	28351	8,82	
4		2	Kolon	134	64	2,09	1,000	27664	8,60	
5		2	Kolon	64	64	1,00	0,870	36395	9,85	
<p>✓ C8/10 betonu için sınıf dayanımı (silindir örnekler için) 8 MPa'dır. ✓ C8/10 betonu için eşdeğer dayanım ise <math>8+3=11</math> MPa'dır. ✓ Eşdeğer dayanımın % 85'i <math>11*0,85=9,35</math> MPa'dır. ✓ Sınıf dayanımının % 85'i <math>8*0,85=6,80</math> MPa'dır.</p> <p><b>Değerlendirme:</b></p> <p>Alınan karot örneklerin silindir basınç dayanımı ortalamaları=<math>8,56 &lt; 9,35</math> (uygun değildir). Alınan karot örneklerin en küçük silindir basınç dayanımı=<math>6,53 &lt; 6,80</math> (uygun değildir).</p> <p>O halde beton sınıfı C8/10 beton sınıfından daha düşüktür.</p>										

**Ek-1.38.** Bina 14-28 mm karot beton basınç deneyi sonuçları

Örnek no	Örnek yeri	Perde no/Kolon no	Perde/Kolon	Boy (mm)	Çap (mm)	Narinlik sayısı $\lambda$	Düzeltilme katsayısı	Kırılma kuvveti (N) $P_K$	h/d oranına göre düzeltilmiş silindir basınç dayanımı (N/mm <sup>2</sup> )	Ortalama (N/mm <sup>2</sup> )
1	Zemin kat	1	Kolon	55,8	25,4	2,20	1,000	4150	6,74	5,77
2		1	Kolon	28,1	25,3	1,11	0,896	2766	4,03	
3		1	Kolon	28,6	25,5	1,12	0,899	3541	5,17	
4		1	Kolon	28,7	25,9	1,11	0,896	3512	5,11	
5		1	Perde	56	25,5	2,20	1,000	5288	8,59	
6		1	Perde	28	25,5	1,10	0,894	3620	5,26	
7		1	Perde	29	25,5	1,14	0,904	2766	4,06	
8		1	Perde	28,3	25,5	1,11	0,896	2659	3,87	
9		1	Perde	28,9	25,5	1,13	0,901	3581	5,24	
10		2	Kolon	55,5	25,7	2,16	1,000	6985	11,35	
11		2	Kolon	27,8	25,7	1,08	0,889	2766	4,00	

✓ C8/10 betonu için sınıf dayanımı (silindir örnekler için) 8 MPa'dır.  
✓ C8/10 betonu için eşdeğer dayanım ise  $8+3=11$  MPa'dır.  
✓ Eşdeğer dayanımın % 85'i  $11*0,85=9,35$  MPa'dır.  
✓ Sınıf dayanımının % 85'i  $8*0,85=6,80$  MPa'dır.

**Değerlendirme:**

Alınan karot örneklerin silindir basınç dayanımı ortalamaları= $5,77 < 9,35$  (uygun değildir).  
Alınan karot örneklerin en küçük silindir basınç dayanımı= $3,87 < 6,80$  (uygun değildir).

O halde beton sınıfı C8/10 beton sınıfından daha düşüktür.

**Ek-1.39.** Bina 15-94 mm karot beton basınç deneyi sonuçları

Örnek no	Örnek yeri	Perde no/Kolon no	Perde/Kolon	Boy (mm)	Çap (mm)	Narinlik sayısı $\lambda$	Düzeltilme katsayısı	Kırılma kuvveti (N) $P_K$	h/d oranına göre düzeltilmiş silindir basınç dayanımı (N/mm <sup>2</sup> )	Ortalama (N/mm <sup>2</sup> )
1	Zemin Kat	1	Kolon	194	94	2,06	1,000	151565	21,85	22,04
2		1	Perde	192	94	2,04	1,000	157352	22,69	
3		2	Kolon	194	94	2,06	1,000	149799	21,60	
<p>✓ Yukarıdaki örnekler C20/25 sınıf betonu temsil etmektedir. ✓ C20/25 betonu için sınıf dayanımı (silindir örnekler için) 20 MPa'dır. ✓ C20/25 betonu için eşdeğer dayanım ise <math>20+3=23</math> MPa'dır. ✓ Eşdeğer dayanımın % 85'i <math>23*0,85=19,55</math> MPa'dır. ✓ Sınıf dayanımının % 85'i <math>20*0,85=17,00</math> MPa'dır.</p> <p><b>Değerlendirme:</b></p> <p>Alınan karot örneklerin silindir basınç dayanımı ortalamaları=<math>22,04 &gt; 19,55</math> (uygundur). Alınan karot örneklerin en küçük silindir basınç dayanımı=<math>21,60 &gt; 17,00</math> (uygundur).</p>										

**Ek-1.40.** Bina 15-64 mm karot beton basınç deneyi sonuçları

Örnek no	Örnek yeri	Perde no/Kolon no	Perde/Kolon	Boy (mm)	Çap (mm)	Narinlik sayısı $\lambda$	Düzeltilme katsayısı	Kırılma kuvveti (N) $P_K$	h/d oranına göre düzeltilmiş silindir basınç dayanımı (N/mm <sup>2</sup> )	Ortalama (N/mm <sup>2</sup> )
4	Zemin Kat	3	Kolon	132	64	2,06	1,000	46401	14,43	18,37
5		3	Kolon	68	64	1,06	0,884	81521	22,41	
6		2	Perde	134	64	2,09	1,000	63373	19,71	
7		4	Kolon	132	64	2,06	1,000	62588	19,47	
8		4	Kolon	64	64	1,00	0,870	58468	15,82	
<p>✓ Yukarıdaki örnekler C16/20 sınıf betonu temsil etmektedir. ✓ C16/20 betonu için sınıf dayanımı (silindir örnekler için) 16 MPa'dır. ✓ C16/20 betonu için eşdeğer dayanım ise <math>16+3=19</math> MPa'dır. ✓ Eşdeğer dayanımın % 85'i <math>19*0,85=16,15</math> MPa'dır. ✓ Sınıf dayanımının % 85'i <math>16*0,85=13,60</math> MPa'dır.</p> <p><b>Değerlendirme:</b></p> <p>Alınan karot örneklerin silindir basınç dayanımı ortalamaları=<math>18,37 &gt; 16,15</math> (uygundur). Alınan karot örneklerin en küçük silindir basınç dayanımı=<math>14,43 &gt; 13,60</math> (uygundur).</p>										

Ek-1.41. Bina 15-28 mm karot beton basınç deneyi sonuçları

Örnek no	Örnek yeri	Perde no/Kolon no	Perde/Kolon	Boy (mm)	Çap (mm)	Narinlik sayısı $\lambda$	Düzeltilme katsayısı	Kırılma kuvveti (N) $P_K$	h/d oranına göre düzeltilmiş silindirik basınç dayanımı (N/mm <sup>2</sup> )	Ortalama (N/mm <sup>2</sup> )
1	Zemin kat	1	Kolon	56	25,6	2,19	1,000	10399	16,90	13,29
2		1	Kolon	28,5	25,8	1,10	0,894	10183	14,79	
3		1	Kolon	28,5	25,5	1,12	0,899	5602	8,18	
4		1	Kolon	28,5	25,7	1,11	0,896	10006	14,57	
5		1	Kolon	28,4	25,7	1,11	0,896	9967	14,51	
6		2	Kolon	55,9	25,5	2,19	1,000	12351	20,07	
7		2	Kolon	28,3	25,5	1,11	0,896	12910	18,80	
8		2	Kolon	28,6	25,5	1,12	0,899	8015	11,71	
9		2	Kolon	28,2	25,5	1,11	0,896	7053	10,27	
10		3	Kolon	56	25,7	2,18	1,000	9506	15,45	
11		3	Kolon	28,2	25,8	1,09	0,892	5749	8,33	
12		3	Kolon	28,2	25,5	1,11	0,896	8368	12,18	
13		3	Kolon	28,5	25,7	1,11	0,896	7338	10,68	
14		4	Kolon	56	25,5	2,20	1,000	9398	15,27	
15		4	Kolon	28,5	25,5	1,12	0,899	11605	16,95	
16		4	Kolon	28,5	25,5	1,12	0,899	12380	18,08	
17		4	Kolon	28,5	25,7	1,11	0,896	3973	5,78	
18		4	Kolon	28,5	25,5	1,12	0,899	7838	11,45	
19		1	Perde	56	25,6	2,19	1,000	9261	15,05	
20		1	Perde	28,5	25,7	1,11	0,896	9751	14,20	
21		1	Perde	28,5	26	1,10	0,894	12527	18,20	
22		1	Perde	28,9	25,9	1,12	0,899	8692	12,70	
23		1	Perde	56	25,5	2,20	1,000	10359	16,83	
24		1	Perde	28	25,5	1,10	0,894	5003	7,27	
25		1	Perde	28,5	25,6	1,11	0,896	5356	7,80	
26		1	Perde	28,5	25,5	1,12	0,899	9722	14,20	
27		1	Perde	28,1	25,5	1,10	0,894	5994	8,71	

Ek-1.41. (devamı)

Ortalama silindir dayanımı $\bar{f}_{sil}$ (MPa)	Standart sapma, s (MPa)	Kabul faktörü, ks (27 örnek için)	Deney büyüklüğü, z
13,29	3,92	1,73	6,52

$$z = \frac{\bar{f}_{sil} - ks \cdot s}{0,85 \cdot f_{EK}}$$

z: Deney büyüklüğü (MPa)

$\bar{f}_{sil}$  : Ortalama silindir basınç dayanım değeri

ks: Rastgele alınan minimum numune sayısına karşılık uygun kabul faktörleri

s: Standart sapma

$f_{EK}$ : Betonun eşdeğer silindir mukavemeti

İstatistik değerlendirmede kullanılan kabul faktörleri

Numune sayısı (n)	Kabul faktörleri (ks)
12	1,95
15	1,88
20	1,84
25	1,75
30	1,70
$\geq 35$	1,64

C8/10 betonu için (silindir dayanımı)  $f_{EK} = 8$  MPa

$0,85 \cdot f_{EK} = 0,85 \cdot 8 = 6,8$  MPa  $> z = 6,52$  MPa (Sağlamıyor)

O halde beton sınıfı C8/10 beton sınıfından daha düşüktür.

**Ek-1.42.** Bina 16-94 mm karot beton basınç deneyi sonuçları

Örnek no	Örnek yeri	Perde no/Kolon no	Perde/Kolon	Boy (mm)	Çap (mm)	Narinlik sayısı $\lambda$	Düzeltilme katsayısı	Kırılma kuvveti (N) $P_K$	h/d oranına göre düzeltilmiş silindir basınç dayanımı (N/mm <sup>2</sup> )	Ortalama (N/mm <sup>2</sup> )
1	Zemin Kat	1	Kolon	145	94	1,54	0,963	91625	12,72	11,75
2		1	Perde	196	94	2,09	1,000	93097	13,42	
3		2	Kolon	196	94	2,09	1,000	63078	9,09	
<p>✓ Yukarıdaki örnekler C8/10 sınıf betonu temsil etmektedir. ✓ C8/10 betonu için sınıf dayanımı (silindir örnekler için) 8 MPa'dır. ✓ C8/10 betonu için eşdeğer dayanım ise <math>8+3=11</math> MPa'dır. ✓ Eşdeğer dayanımın % 85'i <math>11*0,85=9,35</math> MPa'dır. ✓ Sınıf dayanımının % 85'i <math>8*0,85=6,80</math> MPa'dır.</p> <p><b>Değerlendirme:</b></p> <p>Alınan karot örneklerin silindir basınç dayanımı ortalamaları=<math>11,75 &gt; 9,35</math> (uygundur). Alınan karot örneklerin en küçük silindir basınç dayanımı=<math>9,09 &gt; 6,80</math> (uygundur).</p>										

**Ek-1.43.** Bina 16-64 mm karot beton basınç deneyi sonuçları

Örnek no	Örnek yeri	Perde no/Kolon no	Perde/Kolon	Boy (mm)	Çap (mm)	Narinlik sayısı $\lambda$	Düzeltilme katsayısı	Kırılma kuvveti (N) $P_K$	h/d oranına göre düzeltilmiş silindir basınç dayanımı (N/mm <sup>2</sup> )	Ortalama (N/mm <sup>2</sup> )
4	Zemin Kat	3	Kolon	110	64	1,72	0,978	43360	13,19	12,74
5		2	Perde	134	64	2,09	1,000	33452	10,40	
6		4	Kolon	134	64	2,09	1,000	46990	14,61	
<p>✓ Yukarıdaki örnekler C8/10 sınıf betonu temsil etmektedir. ✓ C8/10 betonu için sınıf dayanımı (silindir örnekler için) 8 MPa'dır. ✓ C8/10 betonu için eşdeğer dayanım ise 8+3=11 MPa'dır. ✓ Eşdeğer dayanımın % 85'i <math>11*0,85=9,35</math> MPa'dır. ✓ Sınıf dayanımının % 85'i <math>8*0,85=6,80</math> MPa'dır.</p> <p><b>Değerlendirme:</b></p> <p>Alınan karot örneklerin silindir basınç dayanımı ortalamaları=12,74&gt;9,35 (uygundur). Alınan karot örneklerin en küçük silindir basınç dayanımı=10,40&gt;6,80 (uygundur).</p>										

Ek-1.44. Bina 16-28 mm karot beton basınç deneyi sonuçları

Örnek no	Örnek yeri	Perde no/Kolon no	Perde/Kolon	Boy (mm)	Çap (mm)	Narinlik sayısı $\lambda$	Düzeltilme katsayısı	Kırılma kuvveti (N) $P_K$	h/d oranına göre düzeltilmiş silindirik basınç dayanımı (N/mm <sup>2</sup> )	Ortalama (N/mm <sup>2</sup> )
1	Zemin kat	1	Perde	29	25,9	1,12	0,899	5602	8,18	9,91
2		1	Perde	28,9	26	1,11	0,896	3796	5,53	
3		1	Perde	28,5	25,5	1,12	0,899	7377	10,78	
4		1	Kolon	56	25,7	2,18	1,000	5817	9,45	
5		1	Kolon	28,5	25,7	1,11	0,896	7593	11,05	
6		1	Kolon	28,5	25,8	1,10	0,894	2796	4,06	
7		1	Kolon	28,5	25,9	1,10	0,894	8800	12,78	
8		2	Kolon	56	25,8	2,17	1,000	4002	6,50	
9		2	Kolon	27,9	25,5	1,09	0,892	7093	10,28	
10		2	Kolon	28,7	25,5	1,13	0,901	8339	12,21	
11		2	Perde	56	25,6	2,19	1,000	7269	11,81	
12		2	Perde	27	25,7	1,05	0,882	4719	6,76	
13		3	Kolon	56	25,6	2,19	1,000	7132	11,59	
14		3	Kolon	28,2	25,6	1,10	0,894	9006	13,08	
15		3	Kolon	28,5	25,7	1,11	0,896	8407	12,24	
16		3	Kolon	28,2	25,5	1,11	0,896	4542	6,61	
17		3	Kolon	28,7	25,8	1,11	0,896	5925	8,63	
18		4	Kolon	56	25,4	2,20	1,000	9506	15,45	
19		4	Kolon	28,5	25,5	1,12	0,899	3541	5,17	
20		4	Kolon	28,5	25,7	1,11	0,896	8083	11,77	
21		4	Kolon	27,5	25,9	1,06	0,884	9859	14,16	

**Ek-1.44.** (devamı)

Ortalama silindir dayanımı $\bar{f}_{sil}$ (MPa)	Standart sapma, s (MPa)	Kabul faktörü, ks (21 örnek için)	Deney büyüklüğü, z
9,91	3,19	1,82	4,11

$$z = \frac{\bar{f}_{sil} - ks \cdot s}{0,85 \cdot f_{EK}}$$

z: Deney büyüklüğü (MPa)

$\bar{f}_{sil}$  : Ortalama silindir basınç dayanım değeri

ks: Rastgele alınan minimum numune sayısına karşılık uygun kabul faktörleri

s: Standart sapma

$f_{EK}$ : Betonun eşdeğer silindir mukavemeti

İstatistik değerlendirmede kullanılan kabul faktörleri

Numune sayısı (n)	Kabul faktörleri (ks)
12	1,95
15	1,88
20	1,84
25	1,75
30	1,70
$\geq 35$	1,64

C8/10 betonu için (silindir dayanımı)  $f_{EK} = 8$  MPa

$0,85 \cdot f_{EK} = 0,85 \cdot 8 = 6,8$  MPa  $> z = 4,11$  MPa (Sağlamıyor)

O halde beton sınıfı C8/10 beton sınıfından daha düşüktür.

**Ek-1.45.** Bina 17-94 mm karot beton basınç deneyi sonuçları

Örnek no	Örnek yeri	Perde no/Kolon no	Perde/Kolon	Boy (mm)	Çap (mm)	Narinlik sayısı $\lambda$	Düzeltilme katsayısı	Kırılma kuvveti (N) $P_K$	h/d oranına göre düzeltilmiş silindir basınç dayanımı (N/mm <sup>2</sup> )	Ortalama (N/mm <sup>2</sup> )
1	Zemin Kat	1	Kolon	195	94	2,07	1,000	150093	21,64	19,92
2		1	Perde	189	94	2,01	1,000	120074	17,31	
3		2	Kolon	196	94	2,09	1,000	144403	20,82	
<p>✓ Yukarıdaki örnekler C20/25 sınıf betonu temsil etmektedir. ✓ C20/25 betonu için sınıf dayanımı (silindir örnekler için) 20 MPa'dır. ✓ C20/25 betonu için eşdeğer dayanım ise <math>20+3=23</math> MPa'dır. ✓ Eşdeğer dayanımın % 85'i <math>23*0,85=19,55</math> MPa'dır. ✓ Sınıf dayanımının % 85'i <math>20*0,85=17,00</math> MPa'dır.</p> <p><b>Değerlendirme:</b></p> <p>Alınan karot örneklerin silindir basınç dayanımı ortalamaları=<math>19,92 &gt; 19,55</math> (uygundur). Alınan karot örneklerin en küçük silindir basınç dayanımı=<math>17,31 &gt; 17,00</math> (uygundur).</p>										

**Ek-1.46.** Bina 17-64 mm karot beton basınç deneyi sonuçları

Örnek no	Örnek yeri	Perde no/Kolon no	Perde/Kolon	Boy (mm)	Çap (mm)	Narinlik sayısı $\lambda$	Düzeltilme katsayısı	Kırılma kuvveti (N) $P_K$	h/d oranına göre düzeltilmiş silindir basınç dayanımı (N/mm <sup>2</sup> )	Ortalama (N/mm <sup>2</sup> )
4	Zemin Kat	3	Kolon	134	64	2,09	1,000	44439	13,82	17,98
5		3	Kolon	68	64	1,06	0,884	62980	17,32	
6		2	Perde	132	64	2,06	1,000	56408	17,54	
7		2	Perde	65	64	1,02	0,875	75243	20,48	
8		4	Kolon	134	64	2,09	1,000	47382	14,74	
9		4	Kolon	68	64	1,06	0,884	87211	23,98	
<p>✓ Yukarıdaki örnekler C16/20 sınıf betonu temsil etmektedir. ✓ C16/20 betonu için sınıf dayanımı (silindir örnekler için) 16 MPa'dır. ✓ C16/20 betonu için eşdeğer dayanım ise <math>16+3=19</math> MPa'dır. ✓ Eşdeğer dayanımın % 85'i <math>19*0,85=16,15</math> MPa'dır. ✓ Sınıf dayanımının % 85'i <math>16*0,85=13,60</math> MPa'dır.</p> <p><b>Değerlendirme:</b></p> <p>Alınan karot örneklerin silindir basınç dayanımı ortalamaları=<math>17,98 &gt; 16,15</math> (uygundur). Alınan karot örneklerin en küçük silindir basınç dayanımı=<math>13,82 &gt; 13,60</math> (uygundur).</p>										

Ek-1.47. Bina 17-28 mm karot beton basınç deneyi sonuçları

Örnek no	Örnek yeri	Perde no/Kolon no	Perde/Kolon	Boy (mm)	Çap (mm)	Narinlik sayısı $\lambda$	Düzeltilme katsayısı	Kırılma kuvveti (N) $P_K$	h/d oranına göre düzeltilmiş silindirik basınç dayanımı (N/mm <sup>2</sup> )	Ortalama (N/mm <sup>2</sup> )
1	Zemin kat	1	Kolon	56	25,8	2,17	1,000	5994	9,74	11,28
2		1	Kolon	28,6	25,5	1,12	0,899	8907	13,01	
3		1	Kolon	28,3	25,5	1,11	0,896	8476	12,34	
4		1	Kolon	28,2	25,7	1,10	0,894	5003	7,27	
5		2	Kolon	56	25,5	2,20	1,000	10556	17,15	
6		2	Kolon	28,5	25,5	1,12	0,899	3257	4,76	
7		2	Kolon	28	25,5	1,10	0,894	11458	16,64	
8		2	Kolon	28,5	25,5	1,12	0,899	5003	7,31	
9		2	Kolon	28,5	25,7	1,11	0,896	10467	15,24	
10		3	Kolon	56	25,5	2,20	1,000	7240	11,76	
11		3	Kolon	28,9	25,5	1,13	0,901	8800	12,88	
12		3	Kolon	28,5	25,9	1,10	0,894	5386	7,82	
13		3	Kolon	28,3	25,6	1,11	0,896	3404	4,96	
14		3	Kolon	28,5	25,5	1,12	0,899	8623	12,60	
15		1	Perde	56	25,5	2,20	1,000	7093	11,52	
16		1	Perde	28,8	25,5	1,13	0,901	5209	7,63	
17		1	Perde	28,6	25,5	1,12	0,899	3512	5,13	
18		2	Perde	55,9	25,5	2,19	1,000	11674	18,97	
19		2	Perde	28,2	25,5	1,11	0,896	8476	12,34	
20		2	Perde	28,2	25,5	1,11	0,896	8191	11,93	
21		2	Perde	28,8	25,9	1,11	0,896	8692	12,65	
22		4	Kolon	56	25,5	2,20	1,000	7554	12,27	
23		4	Kolon	28,5	25,5	1,12	0,899	9045	13,21	
24		4	Kolon	28,3	25,5	1,11	0,896	8191	11,93	
25		4	Kolon	28,5	25,5	1,12	0,899	6563	9,59	
26		4	Kolon	28,5	25,5	1,12	0,899	8692	12,70	

Ek-1.47. (devamı)

Ortalama silindir dayanımı $\bar{f}_{sil}$ (MPa)	Standart sapma, s (MPa)	Kabul faktörü, ks (26 örnek için)	Deney büyüklüğü, z
11,28	3,69	1,74	4,86

$$z = \frac{\bar{f}_{sil} - ks \cdot s}{0,85 \cdot f_{EK}}$$

z: Deney büyüklüğü (MPa)

$\bar{f}_{sil}$ : Ortalama silindir basınç dayanım değeri

ks: Rastgele alınan minimum numune sayısına karşılık uygun kabul faktörleri

s: Standart sapma

$f_{EK}$ : Betonun eşdeğer silindir mukavemeti

İstatistik değerlendirmede kullanılan kabul faktörleri

Numune sayısı (n)	Kabul faktörleri (ks)
12	1,95
15	1,88
20	1,84
25	1,75
30	1,70
$\geq 35$	1,64

C8/10 betonu için (silindir dayanımı)  $f_{EK} = 8$  MPa

$0,85 \cdot f_{EK} = 0,85 \cdot 8 = 6,8$  MPa  $> z = 4,86$  MPa (Sağlamıyor)

O halde beton sınıfı C8/10 beton sınıfından daha düşüktür.

**Ek-1.48.** 17 farklı bloktan alınan 94, 64 ve 28 mm çapındaki karot beton basınç deneyi sonuçlarının TS 10465’de verilen yöntemle değerlendirilmesi

Bina no	94 mm karot çapı ortalama basınç dayanımı (N/mm <sup>2</sup> )	64 mm karot çapı ortalama basınç dayanımı (N/mm <sup>2</sup> )	28 mm karot çapı ortalama basınç dayanımı (N/mm <sup>2</sup> )	Değerlendirme		
				94 mm karot çapı	64 mm karot çapı	28 mm karot çapı
1	30,08	27,01	15,80	C30/37	C25/30	C8/10
2	-	25,07	17,99	-	C20/25	C8/10
3	16,61	18,75	12,57	C16/20	C18/22	C8/10
4	16,54	17,75	14,69	C14/16	C16/20	C8/10
5	13,04	10,29	7,64	C12/15	C8/10	Beton sınıfı C8/10’dan düşük
6	7,38	-	4,39	Beton sınıfı C8/10’dan düşük	-	Beton sınıfı C8/10’dan düşük
7	17,98	9,50	8,85	C12/15	C8/10	Beton sınıfı C8/10’dan düşük
8	-	8,29	4,46	-	Beton sınıfı C8/10’dan düşük	Beton sınıfı C8/10’dan düşük
9	8,59	9,40	6,50	Beton sınıfı C8/10’dan düşük	Beton sınıfı C8/10’dan düşük	Beton sınıfı C8/10’dan düşük
10	11,78	11,75	7,76	C8/10	C8/10	Beton sınıfı C8/10’dan düşük
11	17,82	18,07	13,73	C16/20	C18/22	C8/10
12	14,90	10,78	10,14	C12/15	C8/10	Beton sınıfı C8/10’dan düşük
13	13,91	13,43	8,68	C12/15	C12/15	Beton sınıfı C8/10’dan düşük
14	-	8,56	5,77	-	Beton sınıfı C8/10’dan düşük	Beton sınıfı C8/10’dan düşük
15	22,04	18,37	13,29	C20/25	C16/20	Beton sınıfı C8/10’dan düşük
16	11,75	12,74	9,91	C8/10	C8/10	Beton sınıfı C8/10’dan düşük
17	19,92	17,98	11,28	C20/25	C16/20	Beton sınıfı C8/10’dan düşük

## EK-2 17 Farklı Bloktan Alınan 94, 64 ve 28 mm Çapındaki Karot Beton Basınç Deneyi Sonuçlarının İngiliz Beton Birliği Yöntemine Göre Değerlendirilmesi

Ek-2.1. Bina 1-94 mm karot beton basınç deneyi sonuçları

Örnek no	Örnek yeri	Perde no/Kolon no	Perde/Kolon	Boy (mm)	Çap (mm)	Narinlik sayısı $\lambda$	Kırılma kuvveti (N) $P_K$	Karot dayanımı $f_{\lambda}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Yerinde dayanım $f_{y, küp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Proje beton basınç dayanımı $f_{proje, küp}$ (N/mm <sup>2</sup> )
1	Zemin Kat	1	Perde	189	94	2,01	202478	29,19	36,53	25
2		2	Perde	192	94	2,04	229358	33,07	41,54	
3		3	Perde	193	94	2,05	194140	27,99	35,20	

$f_{\lambda} = \frac{P}{A}$  N/mm<sup>2</sup>, Karot kesit alanı  $A=0,785d^2=6936$  mm<sup>2</sup>,  $f_{y, küp} = \frac{2.5f_{\lambda}}{1.5 + \frac{1}{\lambda}}$ , Ortalama yerinde dayanımı  $f_{y, küp}^- = 37,76$  N/mm<sup>2</sup> (150 mm küp dayanımı)

Standart sapma  $s = \sqrt{\frac{\sum (f_i - \bar{f}_y)^2}{n-1}} = 3,34$  N/mm<sup>2</sup>, Değişkenlik katsayısı  $V = \frac{s}{\bar{f}_{y, küp}} \times 100 = \% 8,85$  N/mm<sup>2</sup>

Ortalamanın % 95 güven derecesi için alt ve üst sınır değerler

$$f_{y, küp}^- \pm \frac{0.12}{\sqrt{n}} * f_{y, küp}^- = 37,76 \pm \frac{0.12}{\sqrt{3}} * 37.76$$

Üst sınır değer  $37,76+2,61=40,37$  N/mm<sup>2</sup>, Alt sınır değer  $37,76-2,61=35,14$  N/mm<sup>2</sup>

**Değerlendirme:**  $f_{y,g} = \frac{f_{proje}}{\gamma_m} = \frac{25}{1.5} = 16,7$  N/mm<sup>2</sup>,  $\gamma_m = 1.5$  malzeme katsayısı,  $f_{y, küp, alt}^- = 35,14$  N/mm<sup>2</sup> >  $f_{y,g} = 16,7$  N/mm<sup>2</sup>

**Ek-2.2. Bina 1-64 mm karot beton basınç deneyi sonuçları**

Örnek no	Örnek yeri	Perde no/Kolon no	Perde/Kolon	Boy (mm)	Çap (mm)	Narinlik sayısı $\lambda$	Kırılma kuvveti (N) $P_K$	Karot dayanımı $f_{\lambda}$ , (N/mm <sup>2</sup> )	Yerinde dayanım $f_{y, küp}$ , (N/mm <sup>2</sup> )	Proje beton basınç dayanımı $f_{proje, küp}$ (N/mm <sup>2</sup> )
4	Zemin Kat	4	Perde	118	64	1,84	69259	21,54	26,35	25
5		4	Perde	134	64	2,09	89762	27,92	35,28	
6		5	Perde	132	64	2,06	109185	33,96	42,76	
7		5	Perde	118	64	1,84	85641	26,64	32,59	
8		6	Perde	119	64	1,86	83287	25,90	31,78	

$$f_{\lambda} = \frac{P}{A} \text{ N/mm}^2, \text{ Karot kesit alanı } A=0,785d^2= 3215 \text{ mm}^2, f_{y, küp} = \frac{2.5 f_{\lambda}}{1.5 + \frac{1}{\lambda}}, \text{ Ortalama yerinde dayanımı } \bar{f}_{y, küp} = 33,75 \text{ N/mm}^2 \text{ (150 mm küp dayanımı)}$$

$$\text{Standart sapma } s = \sqrt{\frac{\sum (f_{\lambda} - \bar{f}_{y, küp})^2}{n-1}} = 5,99 \text{ N/mm}^2, \text{ Değişkenlik katsayısı } V = \frac{s}{\bar{f}_{y, küp}} \times 100 = \% 17,74 \text{ N/mm}^2, \text{ Ortalamanın \% 95 güven derecesi için alt ve üst sınır değerler}$$

$$f_{y, küp}^{-} \pm \frac{0.12}{\sqrt{n}} * f_{y, küp}^{-} = 33,75 \pm \frac{0.12}{\sqrt{5}} * 33,75$$

$$\text{Üst sınır değer } 33,75+1,81= 35,56 \text{ N/mm}^2, \text{ Alt sınır değer } 33,75-1,81= 31,94 \text{ N/mm}^2$$

**Değerlendirme:**

$$f_{y,g} = \frac{f_{proje}}{\gamma_m} = \frac{25}{1.5} = 16,7 \text{ N/mm}^2, \gamma_m = 1.5 \text{ malzeme katsayısı, } \bar{f}_{y, küp, alt} = 31,94 \text{ N/mm}^2 > f_{y,g} = 16,7 \text{ N/mm}^2$$

Ek-2.3. Bina 1-28 mm karot beton basınç deneyi sonuçları

Örnek no	Örnek yeri	Perde no/Kolon no	Perde/Kolon	Boy (mm)	Çap (mm)	Narinlik sayısı $\lambda$	Kırılma kuvveti (N) $P_K$	Karot dayanımı $f_{ks}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Yerinde dayanım $f_{y, küp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Proje beton basınç dayanımı $f_{proje, küp}$ (N/mm <sup>2</sup> )
1	Zemin kat	1	Perde	55,9	25,8	2,17	16461	26,75	34,10	25
2		1	Perde	28,1	25,8	1,09	8652	14,06	14,54	
3		1	Perde	29,2	25,9	1,13	4571	7,43	7,79	
4		1	Perde	28,1	25,7	1,09	11890	19,32	19,98	
5		1	Perde	28,3	25,7	1,10	8937	14,52	15,07	
6		1	Perde	28,5	25,7	1,11	10212	16,59	17,28	
7		2	Perde	56	25,8	2,17	12243	19,89	25,36	
8		2	Perde	28,2	26	1,08	13165	21,39	22,04	
9		2	Perde	28,5	25,7	1,11	8191	13,31	13,86	
10		2	Perde	28,2	25,8	1,09	13695	22,25	23,01	
11		2	Perde	28,5	25,9	1,10	12066	19,61	20,35	
12		2	Perde	28	25,9	1,08	11566	18,79	19,37	
13		3	Perde	56	25,8	2,17	13871	22,54	28,74	
14		3	Perde	25,5	25,5	1,00	8054	13,09	13,09	
15		3	Perde	28,5	25,8	1,10	10958	17,80	18,48	
16		3	Perde	28	26	1,08	9221	14,98	15,44	
17		4	Perde	55,5	25,7	2,16	6847	11,13	14,17	
18		4	Perde	28,2	25,8	1,09	12665	20,58	21,28	
19		4	Perde	28,5	25,7	1,11	5925	9,63	10,03	
20		4	Perde	28,5	25,8	1,10	8623	14,01	14,54	
21		4	Perde	27,5	25,5	1,08	11527	18,73	19,30	
22		4	Perde	28,5	25,7	1,11	7093	11,52	12,00	
23		5	Perde	56	25,9	2,16	13096	21,28	27,10	
24		5	Perde	28,5	25,9	1,10	9369	15,22	15,80	
25		5	Perde	28,5	26	1,10	7093	11,52	11,96	
26		5	Perde	28	25,5	1,10	14725	23,93	24,83	
27		5	Perde	28,5	25,7	1,11	8476	13,77	14,34	
28		6	Perde	56	25,8	2,17	14901	24,21	30,87	
29		6	Perde	28,5	25,8	1,10	6543	10,63	11,03	
30		6	Perde	28,5	25,8	1,10	10605	17,23	17,88	
31		6	Perde	28,5	25,5	1,12	14480	23,53	24,58	
32		6	Perde	28,8	25,8	1,12	13518	21,97	22,95	

**Ek-2.3. (devamı)**

$$f_y = \frac{P}{A} \text{ N/mm}^2, \text{ Karot kesit alanı } A=0,785d^2= 615 \text{ mm}^2, f_{y,küp} = \frac{2.5 f_{\lambda}}{1.5 + \frac{1}{\lambda}}, \text{ Ortalama yerinde dayanımı } \bar{f}_{y,küp} = 18,79 \text{ N/mm}^2 \text{ (150 mm küp dayanımı)}$$

$$\text{Standart sapma } s = \sqrt{\frac{\sum (f_i - \bar{f}_y)^2}{n-1}} = 6,32 \text{ N/mm}^2, \text{ Değişkenlik katsayısı } v = \frac{s}{\bar{f}_{y,küp}} \times 100 = \% 33,67 \text{ N/mm}^2, \text{ Ortalamanın \% 95 güven derecesi için alt ve üst sınır değerler}$$

$$\bar{f}_{y,küp} \pm \frac{0.12}{\sqrt{n}} * \bar{f}_{y,küp} = 18,79 \pm \frac{0.12}{\sqrt{32}} * 18.79$$

$$\text{Üst sınır değer } 18,79+0,40= 19,19 \text{ N/mm}^2, \text{ Alt sınır değer } 18,79-0,40= 18,39 \text{ N/mm}^2$$

**Değerlendirme:**

$$f_{y,g} = \frac{f_{proje}}{\gamma_m} = \frac{25}{1.5} = 16,7 \text{ N/mm}^2, \gamma_m = 1.5 \text{ malzeme katsayısı, } \bar{f}_{y,küp,alt} = 18,39 \text{ N/mm}^2 > f_{y,g} = 16,7 \text{ N/mm}^2$$

Ek-2.4. Bina 2-64 mm karot beton basınç deneyi sonuçları

Örnek no	Örnek yeri	Perde no/Kolon no	Perde/Kolon	Boy (mm)	Çap (mm)	Narinlik sayısı $\lambda$	Kırılma kuvveti (N) $P_K$	Karot dayanımı $f_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	Yerinde dayanım $f_{y, küp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Proje beton basınç dayanımı $f_{proje, küp}$ (N/mm <sup>2</sup> )
1	Zemin Kat	2	Perde	130	64	2,03	83091	25,84	32,42	25
2		2	Perde	98	64	1,53	105458	32,80	38,07	
3		3	Perde	134	64	2,09	72300	22,49	28,41	
4		3	Perde	80	64	1,25	70534	21,94	23,84	

$f_c = \frac{P}{A}$  N/mm<sup>2</sup>, Karot kesit alanı  $A=0,785d^2=3215$  mm<sup>2</sup>,  $f_{y, küp} = \frac{2.5 f_c}{1.5 + \frac{1}{\lambda}}$ , Ortalama yerinde dayanımı  $\bar{f}_{y, küp} = 30,69$  N/mm<sup>2</sup> (150 mm küp dayanımı)

Standart sapma  $s = \sqrt{\frac{\sum (f_i - \bar{f}_y)^2}{n-1}} = 6,04$  N/mm<sup>2</sup>, Değişkenlik katsayısı  $V = \frac{s}{\bar{f}_{y, küp}} \times 100 = \% 19,69$  N/mm<sup>2</sup>, Ortalamının % 95 güven derecesi için alt ve üst sınır değerler

$$f_{y, küp} \pm \frac{0.12}{\sqrt{n}} * \bar{f}_{y, küp} = 30,69 \pm \frac{0.12}{\sqrt{4}} * 30,69$$

Üst sınır değer  $30,69+1,84=32,53$  N/mm<sup>2</sup>, Alt sınır değer  $30,69-1,84=28,85$  N/mm<sup>2</sup>

**Değerlendirme:**

$$f_{y,g} = \frac{f_{proje}}{\gamma_m} = \frac{25}{1.5} = 16,7 \text{ N/mm}^2, \gamma_m = 1.5 \text{ malzeme katsayısı}, \bar{f}_{y, küp, alt} = 28,85 \text{ N/mm}^2 > f_{y,g} = 16,7 \text{ N/mm}^2$$

Ek-2.5. Bina 2-28 mm karot beton basınç deneyi sonuçları

Örnek no	Örnek yeri	Perde no/Kolon no	Perde/Kolon	Boy (mm)	Çap (mm)	Narinlik sayısı $\lambda$	Kırılma kuvveti (N) $P_K$	Karot dayanımı $f_k$ , (N/mm <sup>2</sup> )	Yerinde dayanım $f_{y, küp}$ , (N/mm <sup>2</sup> )	Proje beton basınç dayanımı $f_{proje, küp}$ (N/mm <sup>2</sup> )
1	Zemin kat	1	Perde	56	25,5	2,20	12557	20,40	26,10	25
2		1	Perde	28,3	25,5	1,11	12135	19,72	20,53	
3		1	Perde	28,5	25,7	1,11	12243	19,89	20,71	
4		1	Perde	28,3	25,5	1,11	13695	22,25	23,17	
5		1	Perde	28,5	25,7	1,11	7377	11,99	12,48	
6		1	Perde	28,3	25,5	1,11	14225	23,11	24,07	
7		2	Perde	56	25,5	2,20	7377	11,99	15,33	
8		2	Perde	28,3	25,5	1,11	8868	14,41	15,00	
9		3	Perde	56	25,9	2,16	14793	24,04	30,61	
10		3	Perde	28,5	25,8	1,10	15824	25,71	26,68	
11		3	Perde	28,8	26	1,11	7024	11,41	11,88	
12		3	Perde	28,5	26	1,10	15186	24,67	25,61	
13		3	Perde	28,5	25,9	1,10	15402	25,03	25,97	

$$f_k = \frac{P}{A} \text{ N/mm}^2, \text{ Karot kesit alanı } A=0,785d^2=615 \text{ mm}^2, f_{y, küp} = \frac{2.5 f_\lambda}{1.5 + \frac{1}{\lambda}}, \text{ Ortalama yerinde dayanımı } \bar{f}_{y, küp} = 21,40 \text{ N/mm}^2 \text{ (150 mm küp dayanımı)}$$

$$\text{Standart sapma } s = \sqrt{\frac{\sum (f_1 - \bar{f}_y)^2}{n-1}} = 6,00 \text{ N/mm}^2, \text{ Değişkenlik katsayısı } v = \frac{s}{\bar{f}_{y, küp}} \times 100 = \% 28,07 \text{ N/mm}^2, \text{ Ortalamanın } \% 95 \text{ güven derecesi için alt ve üst sınır değerler}$$

$$\bar{f}_{y, küp} \pm \frac{0.12}{\sqrt{n}} * \bar{f}_{y, küp} = 21,40 \pm \frac{0.12}{\sqrt{13}} * 21.40, \text{ Üst sınır değer } 21,40+0,71=22,11 \text{ N/mm}^2, \text{ Alt sınır değer } 21,40-0,71=20,69 \text{ N/mm}^2,$$

$$\text{Değerlendirme: } f_{y,g} = \frac{f_{proje}}{\gamma_m} = \frac{25}{1.5} = 16,7 \text{ N/mm}^2, \gamma_m = 1.5 \text{ malzeme katsayısı, } \bar{f}_{y, küp, alt} = 20,69 \text{ N/mm}^2 > f_{y,g} = 16,7 \text{ N/mm}^2$$

Ek-2.6. Bina 3-94 mm karot beton basınç deneyi sonuçları

Örnek no	Örnek yeri	Perde no/Kolon no	Perde/Kolon	Boy (mm)	Çap (mm)	Narinlik sayısı $\lambda$	Kırılma kuvveti (N) $P_K$	Karot dayanımı $f_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	Yerinde dayanım $f_{y, küp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Proje beton basınç dayanımı $f_{proje, küp}$ (N/mm <sup>2</sup> )
1	Zemin Kat	1	Kolon	194	94	2,06	129100	18,61	23,44	22,5
2		1	Perde	194	94	2,06	106144	15,30	19,27	
3		2	Kolon	190	94	2,02	110363	15,91	19,94	

$f_c = \frac{P}{A}$  N/mm<sup>2</sup>, Karot kesit alanı  $A=0,785d^2= 6936 \text{ mm}^2$ ,  $f_{y, küp} = \frac{2.5f_c}{1.5 + \frac{1}{\lambda}}$ , Ortalama yerinde dayanımı  $f_{y, küp} = 20,88 \text{ N/mm}^2$  (150 mm küp dayanımı)

Standart sapma  $s = \sqrt{\frac{\sum (f_i - \bar{f}_y)^2}{n-1}} = 2,24 \text{ N/mm}^2$ , Değişkenlik katsayısı  $V = \frac{s}{\bar{f}_{y, küp}} \times 100 = \% 10,72 \text{ N/mm}^2$ , Ortalamanın % 95 güven derecesi için alt ve üst sınır değerler

$f_{y, küp} \pm \frac{0.12}{\sqrt{n}} * f_{y, küp} = 20,88 \pm \frac{0.12}{\sqrt{3}} * 20,88$ , Üst sınır değer  $20,88+1,45= 22,33 \text{ N/mm}^2$ , Alt sınır değer  $20,88-1,45= 19,43 \text{ N/mm}^2$ ,

**Değerlendirme:**  $f_{y,g} = \frac{f_{proje}}{\gamma_m} = \frac{22.5}{1.5} = 15,0 \text{ N/mm}^2$ ,  $\gamma_m = 1.5$  malzeme katsayısı,  $f_{y, küp, alt} = 19,43 \text{ N/mm}^2 > f_{y,g} = 15,0 \text{ N/mm}^2$

Ek-2.7. Bina 3-64 mm karot beton basınç deneyi sonuçları

Örnek no	Örnek yeri	Perde no/Kolon no	Perde/Kolon	Boy (mm)	Çap (mm)	Narinlik sayısı $\lambda$	Kırılma kuvveti (N) $P_K$	Karot dayanımı $f_{\lambda}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Yerinde dayanım $f_{y, küp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Proje beton basınç dayanımı $f_{proje, küp}$ (N/mm <sup>2</sup> )
4	Zemin Kat	3	Kolon	134	64	2,09	54838	17,05	21,55	22,5
5		2	Perde	64	64	1,00	69455	21,60	21,60	
6		4	Kolon	64	64	1,00	75439	23,46	23,46	

$f_{\lambda} = \frac{P}{A}$  N/mm<sup>2</sup>, Karot kesit alanı  $A=0,785d^2= 3215 \text{ mm}^2$ ,  $f_{y, küp} = \frac{2.5f_{\lambda}}{1.5 + \frac{1}{\lambda}}$ , Ortalama yerinde dayanımı  $f_{y, küp} = 22,20 \text{ N/mm}^2$  (150 mm küp dayanımı)

Standart sapma  $s = \sqrt{\frac{\sum (f_i - \bar{f}_y)^2}{n-1}} = 1,09 \text{ N/mm}^2$ , Değişkenlik katsayısı  $V = \frac{s}{\bar{f}_{y, küp}} \times 100 = \% 4,91 \text{ N/mm}^2$ , Ortalamanın % 95 güven derecesi için alt ve üst sınır değerler

$f_{y, küp} \pm \frac{0.12}{\sqrt{n}} * f_{y, küp} = 22,20 \pm \frac{0.12}{\sqrt{3}} * 22,20$ , Üst sınır değer  $22,20+1,54= 23,74 \text{ N/mm}^2$ , Alt sınır değer  $22,20-1,54= 20,66 \text{ N/mm}^2$ ,

**Değerlendirme:**  $f_{y, g} = \frac{f_{proje}}{\gamma_m} = \frac{22.5}{1.5} = 15,0 \text{ N/mm}^2$ ,  $\gamma_m = 1.5$  malzeme katsayısı,  $f_{y, küp, alt} = 20,66 \text{ N/mm}^2 > f_{y, g} = 15,0 \text{ N/mm}^2$

Ek-2.8. Bina 3-28 mm karot beton basınç deneyi sonuçları

Örnek no	Örnek yeri	Perde no/Kolon no	Perde/Kolon	Boy (mm)	Çap (mm)	Narinlik sayısı $\lambda$	Kırılma kuvveti (N) $P_K$	Karot dayanımı $f_c$ , (N/mm <sup>2</sup> )	Yerinde dayanım $f_{y, k\ddot{u}p}$ , (N/mm <sup>2</sup> )	Proje beton basınç dayanımı $f_{proje, k\ddot{u}p}$ (N/mm <sup>2</sup> )
1	Zemin kat	1	Perde	56	25,5	2,20	5003	8,13	10,40	22,5
2		1	Perde	28,1	25,7	1,09	9398	15,27	15,79	
3		1	Perde	28,8	25,8	1,12	8908	14,47	15,12	
4		1	Kolon	53	25,3	2,09	4827	7,84	9,91	
5		1	Kolon	28,5	25,5	1,12	9084	14,76	15,42	
6		1	Kolon	28,3	25,5	1,11	9751	15,84	16,50	
7		1	Kolon	28,4	25,5	1,11	10114	16,43	17,11	
8		2	Kolon	56	25,5	2,20	10497	17,06	21,82	
9		2	Kolon	28,2	25,6	1,10	10251	16,66	17,29	
10		2	Kolon	28,5	25,6	1,11	10320	16,77	17,46	
11		2	Perde	56	25,5	2,20	9830	15,97	20,43	
12		2	Perde	28,3	25,6	1,11	8868	14,41	15,00	
13		2	Perde	28,5	25,5	1,12	7907	12,85	13,42	
14		2	Perde	28,5	25,7	1,11	7946	12,91	13,44	
15		3	Kolon	56	25,8	2,17	6455	10,49	13,37	
16		3	Kolon	28	25,5	1,10	4895	7,95	8,25	
17		4	Kolon	29	25,5	1,14	4925	8,00	8,42	
18		4	Kolon	28,5	25,8	1,10	9192	14,94	15,50	

Ek-2.8. (devamı)

$$f_x = \frac{P}{A} \text{ N/mm}^2, \text{ Karot kesit alanı } A = 0,785d^2 = 615 \text{ mm}^2, f_{y, \text{küp}} = \frac{2.5 f_\lambda}{1.5 + \frac{1}{\lambda}}, \text{ Ortalama yerinde dayanımı } \bar{f}_{y, \text{küp}} = 14,98 \text{ N/mm}^2 \text{ (150 mm küp dayanımı)}$$

$$\text{Standart sapma } s = \sqrt{\frac{\sum (f_i - \bar{f}_y)^2}{n-1}} = 3,76 \text{ N/mm}^2, \text{ Değişkenlik katsayısı } V = \frac{s}{\bar{f}_{y, \text{küp}}} \times 100 = \% 25,08 \text{ N/mm}^2, \text{ Ortalamanın \% 95 güven derecesi için alt ve üst}$$

sınır değerler

$$\bar{f}_{y, \text{küp}} \pm \frac{0.12}{\sqrt{n}} * \bar{f}_{y, \text{küp}} = 14,98 \pm \frac{0.12}{\sqrt{18}} * 14.98, \text{ Üst sınır değer } 14,98 + 0,42 = 15,40 \text{ N/mm}^2, \text{ Alt sınır değer } 14,98 - 0,42 = 14,56 \text{ N/mm}^2,$$

$$\text{Değerlendirme: } f_{y, g} = \frac{f_{\text{proje}}}{\gamma_m} = \frac{22.5}{1.5} = 15,0 \text{ N/mm}^2, \gamma_m = 1.5 \text{ malzeme katsayısı, } \bar{f}_{y, \text{küp, alt}} = 14,56 \text{ N/mm}^2 < f_{y, g} = 15,0 \text{ N/mm}^2$$

Ek-2.9. Bina 4-94 mm karot beton basınç deneyi sonuçları

Örnek no	Örnek yeri	Perde no/Kolon no	Perde/Kolon	Boy (mm)	Çap (mm)	Narinlik sayısı $\lambda$	Kırılma kuvveti (N) $P_K$	Karot dayanımı $f_i$ , (N/mm <sup>2</sup> )	Yerinde dayanım $f_{y, küp}$ , (N/mm <sup>2</sup> )	Proje beton basınç dayanımı $f_{proje, küp}$ (N/mm <sup>2</sup> )
1	Zemin Kat	1	Kolon	196	94	2,08	85445	12,32	15,44	22,5
2		1	Perde	190	94	2,02	151466	21,84	27,56	
3		2	Kolon	196	94	2,08	107321	15,47	19,53	

$f_{\lambda} = \frac{P}{A}$  N/mm<sup>2</sup>, Karot kesit alanı  $A=0,785d^2= 6936 \text{ mm}^2$ ,  $f_{y, küp} = \frac{2.5f_{\lambda}}{1.5 + \frac{1}{\lambda}}$ , Ortalama yerinde dayanımı  $f_{y, küp}^- = 20,84 \text{ N/mm}^2$  (150 mm küp dayanımı)

Standart sapma  $s = \sqrt{\frac{\sum (f_i - \bar{f}_y)^2}{n-1}} = 6,17 \text{ N/mm}^2$ , Değişkenlik katsayısı  $V = \frac{s}{\bar{f}_{y, küp}} \times 100 = \% 29,59 \text{ N/mm}^2$ , Ortalamanın % 95 güven derecesi için alt ve üst sınır değerler

$f_{y, küp}^- \pm \frac{0.12}{\sqrt{n}} * f_{y, küp}^- = 20,84 \pm \frac{0.12}{\sqrt{3}} * 20.84$ , Üst sınır değer  $20,84+1,44= 22,28 \text{ N/mm}^2$ , Alt sınır değer  $20,84-1,44= 19,40 \text{ N/mm}^2$ ,

**Değerlendirme:**  $f_{y, g} = \frac{f_{proje}}{\gamma_m} = \frac{22.5}{1.5} = 15,0 \text{ N/mm}^2$ ,  $\gamma_m = 1.5$  malzeme katsayısı,  $f_{y, küp, alt}^- = 19,40 \text{ N/mm}^2 > f_{y, g} = 15,0 \text{ N/mm}^2$

**Ek-2.10.** Bina 4-64 mm karot beton basınç deneyi sonuçları

Örnek no	Örnek yeri	Perde no/Kolon no	Perde/Kolon	Boy (mm)	Çap (mm)	Narinlik sayısı $\lambda$	Kırılma kuvveti (N) $P_K$	Karot dayanımı $f_i$ , (N/mm <sup>2</sup> )	Yerinde dayanım $f_{y, küp}$ , (N/mm <sup>2</sup> )	Proje beton basınç dayanımı $f_{proje, küp}$ (N/mm <sup>2</sup> )
4	Zemin Kat	3	Kolon	134	64	2,09	59154	18,40	23,25	22,5
5		2	Perde	130	64	2,03	49541	15,41	19,33	
6		4	Kolon	132	64	2,06	62294	19,37	24,39	
7		4	Kolon	64	64	1,00	65923	20,50	20,50	

$f_{\lambda} = \frac{P}{A}$  N/mm<sup>2</sup>, Karot kesit alanı  $A=0,785d^2= 3215 \text{ mm}^2$ ,  $f_{y, küp} = \frac{2.5f_{\lambda}}{1.5 + \frac{1}{\lambda}}$ , Ortalama yerinde dayanımı  $f_{y, küp}^- = 21,87 \text{ N/mm}^2$  (150 mm küp dayanımı)

Standart sapma  $s = \sqrt{\frac{\sum (f_i - \bar{f}_y)^2}{n-1}} = 2,35 \text{ N/mm}^2$ , Değişkenlik katsayısı  $V = \frac{s}{\bar{f}_{y, küp}} \times 100 = \% 10,75 \text{ N/mm}^2$ , Ortalamanın % 95 güven derecesi için alt ve üst sınır değerler

$f_{y, küp}^- \pm \frac{0.12}{\sqrt{n}} * f_{y, küp}^- = 21,87 \pm \frac{0.12}{\sqrt{4}} * 21.87$ , Üst sınır değer  $21,87+1,31= 23,18 \text{ N/mm}^2$ , Alt sınır değer  $21,87-1,31= 20,56 \text{ mm}^2$ ,

**Değerlendirme:**  $f_{y, g} = \frac{f_{proje}}{\gamma_m} = \frac{22.5}{1.5} = 15,0 \text{ N/mm}^2$ ,  $\gamma_m = 1.5$  malzeme katsayısı,  $f_{y, küp, alt}^- = 20,56 \text{ N/mm}^2 > f_{y, g} = 15,0 \text{ N/mm}^2$

Ek-2.11. Bina 4-28 mm karot beton basınç deneyi sonuçları

Örnek no	Örnek yeri	Perde no/Kolon no	Perde/Kolon	Boy (mm)	Çap (mm)	Narinlik sayısı $\lambda$	Kırılma kuvveti (N) $P_K$	Karot dayanımı $f_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	Yerinde dayanım $f_{y, k\ddot{u}p}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Proje beton basınç dayanımı $f_{proje, k\ddot{u}p}$ (N/mm <sup>2</sup> )
1	Zemin kat	1	Kolon	56	25,5	2,20	8476	13,77	17,62	22,5
2		1	Kolon	28,5	25,5	1,12	9290	15,10	15,77	
3		1	Kolon	28,5	26	1,10	9467	15,38	15,96	
4		1	Perde	56	25,8	2,17	10820	17,58	22,42	
5		1	Perde	28,4	25,7	1,11	13057	21,22	22,09	
6		1	Perde	28,6	25,5	1,12	13234	21,50	22,47	
7		1	Perde	28,1	25,5	1,10	5494	8,93	9,26	
8		1	Perde	28,6	25,3	1,13	9153	14,87	15,59	
9		2	Kolon	55,5	25,5	2,18	7132	11,59	14,79	
10		2	Kolon	28,1	25,5	1,10	6239	10,14	10,52	
11		2	Kolon	26,1	25,5	1,02	8937	14,52	14,64	
12		2	Kolon	28,5	25,5	1,12	7416	12,05	12,59	
13		2	Perde	56	25,6	2,19	10428	16,94	21,65	
14		2	Perde	28,8	25,8	1,12	8015	13,02	13,61	
15		3	Kolon	56	25,6	2,19	8652	14,06	17,96	
16		3	Kolon	28,5	25,5	1,12	8260	13,42	14,02	
17		4	Kolon	56	25,8	2,17	14656	23,81	30,36	
18		4	Kolon	28,1	25,7	1,09	6955	11,30	11,69	
19		4	Kolon	28,2	25,5	1,11	16716	27,16	28,28	
20		4	Kolon	27,8	25,5	1,09	8476	13,77	14,24	
21		4	Kolon	26,9	25,7	1,05	12351	20,07	20,46	
22		4	Kolon	28,2	25,5	1,11	12027	19,54	20,35	

Ek-2.11. (devamı)

$$f_x = \frac{P}{A} \text{ N/mm}^2, \text{ Karot kesit alanı } A=0,785d^2= 615 \text{ mm}^2, f_{y, \text{ küp}} = \frac{2.5 f_\lambda}{1.5 + \frac{1}{\lambda}}, \text{ Ortalama yerinde dayanımı } f_{y, \text{ küp}}^- = 17,56 \text{ N/mm}^2 \text{ (150 mm küp dayanımı)}$$

$$\text{Standart sapma } s = \sqrt{\frac{\sum (f_i - \bar{f}_y)^2}{n-1}} = 5,45 \text{ N/mm}^2, \text{ Değişkenlik katsayısı } V = \frac{s}{\bar{f}_{y, \text{ küp}}} \times 100 = \% 31,01 \text{ N/mm}^2, \text{ Ortalamanın \% 95 güven derecesi için alt ve üst}$$

sınır değerler

$$f_{y, \text{ küp}}^- \pm \frac{0.12}{\sqrt{n}} * f_{y, \text{ küp}}^- = 17,56 \pm \frac{0.12}{\sqrt{22}} * 17,56, \text{ Üst sınır değer } 17,56+0,45= 18,01 \text{ N/mm}^2, \text{ Alt sınır değer } 17,56-0,45= 17,11 \text{ N/mm}^2,$$

$$\text{Değerlendirme: } f_{y, g} = \frac{f_{\text{proje}}}{\gamma_m} = \frac{22.5}{1.5} = 15,0 \text{ N/mm}^2, \gamma_m = 1.5 \text{ malzeme katsayısı, } f_{y, \text{ küp, alt}}^- = 17,11 \text{ N/mm}^2 > f_{y, g} = 15,0 \text{ N/mm}^2$$

Ek-2.12. Bina 5-94 mm karot beton basınç deneyi sonuçları

Örnek no	Örnek yeri	Perde no/Kolon no	Perde/Kolon	Boy (mm)	Çap (mm)	Narinlik sayısı $\lambda$	Kırılma kuvveti (N) $P_K$	Karot dayanımı $f_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	Yerinde dayanım $f_{y, küp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Proje beton basınç dayanımı $f_{proje, küp}$ (N/mm <sup>2</sup> )
1	Zemin Kat	1	Kolon	196	94	2,08	93195	13,44	16,96	22,5
2		1	Perde	196	94	2,08	77205	11,13	14,06	
3		2	Kolon	196	94	2,09	100945	14,55	18,39	

$$f_c = \frac{P}{A} \text{ N/mm}^2, \text{ Karot kesit alanı } A=0,785d^2= 6936 \text{ mm}^2, f_{y, küp} = \frac{2.5f_\lambda}{1.5 + \frac{1}{\lambda}}, \text{ Ortalama yerinde dayanımı } \bar{f}_{y, küp} = 16,47 \text{ N/mm}^2 \text{ (150 mm küp dayanımı)}$$

$$\text{Standart sapma } s = \sqrt{\frac{\sum (f_i - \bar{f}_y)^2}{n-1}} = 2,20 \text{ N/mm}^2, \text{ Değişkenlik katsayısı } V = \frac{s}{\bar{f}_{y, küp}} \times 100 = \% 13,38 \text{ N/mm}^2, \text{ Ortalamanın \% 95 güven derecesi için alt ve üst}$$

sınır değerler

$$\bar{f}_{y, küp} \pm \frac{0.12}{\sqrt{n}} * \bar{f}_{y, küp} = 16,47 \pm \frac{0.12}{\sqrt{3}} * 16,47, \text{ Üst sınır değer } 16,47+1,14= 17,61 \text{ N/mm}^2, \text{ Alt sınır değer } 16,47-1,14= 15,33 \text{ N/mm}^2,$$

$$\text{Değerlendirme: } f_{y,g} = \frac{f_{proje}}{\gamma_m} = \frac{22.5}{1.5} = 15,0 \text{ N/mm}^2, \gamma_m = 1.5 \text{ malzeme katsayısı, } \bar{f}_{y, küp, alt} = 15,33 \text{ N/mm}^2 > f_{y,g} = 15,0 \text{ N/mm}^2$$

Ek-2.13. Bina 5-64 mm karot beton basınç deneyi sonuçları

Örnek no	Örnek yeri	Perde no/Kolon no	Perde/Kolon	Boy (mm)	Çap (mm)	Narinlik sayısı $\lambda$	Kırılma kuvveti (N) $P_K$	Karot dayanımı $f_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	Yerinde dayanım $f_{y, küp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Proje beton basınç dayanımı $f_{proje, küp}$ (N/mm <sup>2</sup> )
4	Zemin Kat	3	Kolon	132	64	2,06	41791	13,00	16,37	22,5
5		3	Kolon	64	64	1,00	37572	11,69	11,69	
6		2	Perde	134	64	2,09	24819	7,72	9,75	

$$f_c = \frac{P}{A} \text{ N/mm}^2, \text{ Karot kesit alanı } A=0,785d^2= 3215 \text{ mm}^2, f_{y, küp} = \frac{2.5f_\lambda}{1.5 + \frac{1}{\lambda}}, \text{ Ortalama yerinde dayanımı } \bar{f}_{y, küp} = 12,60 \text{ N/mm}^2 \text{ (150 mm küp dayanımı)}$$

$$\text{Standart sapma } s = \sqrt{\frac{\sum (f_i - \bar{f}_y)^2}{n-1}} = 3,40 \text{ N/mm}^2, \text{ Değişkenlik katsayısı } V = \frac{s}{\bar{f}_{y, küp}} \times 100 = \% 26,98 \text{ N/mm}^2, \text{ Ortalamanın \% 95 güven derecesi için alt ve üst}$$

sınır değerler

$$\bar{f}_{y, küp} \pm \frac{0.12}{\sqrt{n}} * \bar{f}_{y, küp} = 12,60 \pm \frac{0.12}{\sqrt{3}} * 12.60, \text{ Üst sınır değer } 12,60+0,87= 13,47 \text{ N/mm}^2, \text{ Alt sınır değer } 12,60-0,87= 11,73 \text{ N/mm}^2,$$

$$\text{Değerlendirme: } f_{y,g} = \frac{f_{proje}}{\gamma_m} = \frac{22.5}{1.5} = 15,0 \text{ N/mm}^2, \gamma_m = 1.5 \text{ malzeme katsayısı, } \bar{f}_{y, küp, alt} = 11,73 \text{ N/mm}^2 < f_{y,g} = 15,0 \text{ N/mm}^2$$

Ek-2.14. Bina 5-28 mm karot beton basınç deneyi sonuçları

Örnek no	Örnek yeri	Perde no/Kolon no	Perde/Kolon	Boy (mm)	Çap (mm)	Narinlik sayısı $\lambda$	Kırılma kuvveti (N) $P_K$	Karot dayanımı $f_c$ , (N/mm <sup>2</sup> )	Yerinde dayanım $f_y$ , küp, (N/mm <sup>2</sup> )	Proje beton basınç dayanımı $f_{proje, küp}$ (N/mm <sup>2</sup> )
1	Zemin kat	1	Perde	56	25,6	2,19	7308	11,88	15,17	22,5
2		1	Perde	28	26	1,08	1560	2,53	2,61	
3		1	Perde	27,5	25,9	1,06	3012	4,89	5,01	
4		1	Kolon	56	25,8	2,17	6592	10,71	13,66	
5		1	Kolon	28,1	25,8	1,09	5180	8,42	8,70	
6		1	Kolon	28,7	25,9	1,11	3796	6,17	6,42	
7		1	Kolon	28,2	25,7	1,10	5925	9,63	9,99	
8		2	Kolon	55	25,6	2,15	4434	7,20	9,17	
9		2	Kolon	28,3	25,5	1,11	1236	2,01	2,09	
10		2	Kolon	28,5	26	1,10	3826	6,22	6,45	
11		2	Perde	56	25,8	2,17	5101	8,29	10,57	
12		2	Perde	28,8	25,7	1,12	4748	7,71	8,06	
13		2	Perde	28,1	25,7	1,09	8800	14,30	14,79	
14		2	Perde	28,4	25,8	1,10	6739	10,95	11,36	
15		3	Kolon	55,8	25,7	2,17	6700	10,89	13,88	
16		3	Kolon	28,3	25,8	1,10	8015	13,02	13,51	
17		3	Kolon	28,5	25,6	1,11	3581	5,82	6,06	
18		3	Kolon	28,2	25,7	1,10	4719	7,67	7,96	
19		3	Kolon	28,4	25,5	1,11	9938	16,15	16,81	
20		4	Kolon	56	25,5	2,20	4542	7,38	9,44	
21		4	Kolon	28,5	25,5	1,12	3120	5,07	5,30	
22		4	Kolon	27,2	25,7	1,06	2766	4,50	4,60	

**Ek-2.14.** (devamı)

$$f_{\lambda} = \frac{P}{A} \text{ N/mm}^2, \text{ Karot kesit alanı } A = 0,785d^2 = 615 \text{ mm}^2, f_{y, \text{küp}} = \frac{2.5 f_{\lambda}}{1.5 + \frac{1}{\lambda}}, \text{ Ortalama yerinde dayanımı } \bar{f}_{y, \text{küp}} = 9,16 \text{ N/mm}^2 \text{ (150 mm küp dayanımı)}$$

$$\text{Standart sapma } s = \sqrt{\frac{\sum (f_i - \bar{f}_y)^2}{n-1}} = 4,19 \text{ N/mm}^2, \text{ Değişkenlik katsayısı } V = \frac{s}{\bar{f}_{y, \text{küp}}} \times 100 = \% 45,72 \text{ N/mm}^2, \text{ Ortalamanın \% 95 güven derecesi için alt ve üst}$$

sınır değerler

$$\bar{f}_{y, \text{küp}} \pm \frac{0.12}{\sqrt{n}} * \bar{f}_{y, \text{küp}} = 9,16 \pm \frac{0.12}{22} * 9,16, \text{ Üst sınır değer } 9,16 + 0,23 = 9,39 \text{ N/mm}^2, \text{ Alt sınır değer } 9,16 - 0,23 = 8,93 \text{ N/mm}^2,$$

$$\text{Değerlendirme: } f_{y, g} = \frac{f_{\text{proje}}}{\gamma_m} = \frac{22.5}{1.5} = 15,0 \text{ N/mm}^2, \gamma_m = 1.5 \text{ malzeme katsayısı, } \bar{f}_{y, \text{küp, alt}} = 8,93 \text{ N/mm}^2 < f_{y, g} = 15,0 \text{ N/mm}^2$$

Ek-2.15. Bina 6-94 mm karot beton basınç deneyi sonuçları

Örnek no	Örnek yeri	Perde no/Kolon no	Perde/Kolon	Boy (mm)	Çap (mm)	Narinlik sayısı $\lambda$	Kırılma kuvveti (N) $P_K$	Karot dayanımı $f_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	Yerinde dayanım $f_{y, küp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Proje beton basınç dayanımı $f_{proje, küp}$ (N/mm <sup>2</sup> )
1	Zemin Kat	1	Kolon	196	94	2,09	49246	7,10	8,97	22,5
2		1	Perde	196	94	2,09	58860	8,49	10,69	
3		2	Kolon	196	94	2,06	45420	6,55	8,25	

$f_c = \frac{P}{A}$  N/mm<sup>2</sup>, Karot kesit alanı  $A=0,785d^2=6936 \text{ mm}^2$ ,  $f_{y, küp} = \frac{2.5 f_c}{1.5 + \frac{1}{\lambda}}$ , Ortalama yerinde dayanımı  $f_{y, küp}^- = 9,30 \text{ N/mm}^2$  (150 mm küp dayanımı)

Standart sapma  $s = \sqrt{\frac{\sum (f_i - \bar{f}_y)^2}{n-1}} = 1,25 \text{ N/mm}^2$ , Değişkenlik katsayısı  $V = \frac{s}{\bar{f}_{y, küp}} \times 100 = \% 13,47 \text{ N/mm}^2$ , Ortalamanın % 95 güven derecesi için alt ve üst

sınır değerler

$f_{y, küp}^- \pm \frac{0.12}{\sqrt{n}} * f_{y, küp}^- = 9,30 \pm \frac{0.12}{\sqrt{3}} * 9,30$ , Üst sınır değer  $9,30+0,64=9,94 \text{ N/mm}^2$ , Alt sınır değer  $9,30-0,64=8,66 \text{ N/mm}^2$ ,

**Değerlendirme:**  $f_{y, g} = \frac{f_{proje}}{\gamma_m} = \frac{22.5}{1.5} = 15,0 \text{ N/mm}^2$ ,  $\gamma_m = 1.5$  malzeme katsayısı,  $f_{y, küp, alt}^- = 8,66 \text{ N/mm}^2 < f_{y, g} = 15,0 \text{ N/mm}^2$

Ek-2.16. Bina 6-28 mm karot beton basınç deneyi sonuçları

Örnek no	Örnek yeri	Perde no/Kolon no	Perde/Kolon	Boy (mm)	Çap (mm)	Narinlik sayısı $\lambda$	Kırılma kuvveti (N) $P_K$	Karot dayanımı $f_k$ , (N/mm <sup>2</sup> )	Yerinde dayanım $f_{y, küp}$ , (N/mm <sup>2</sup> )	Proje beton basınç dayanımı $f_{proje, küp}$ (N/mm <sup>2</sup> )
1	Zemin	1	Kolon	28,5	25,7	1,11	3581	5,82	6,06	22,5
2	kat	1	Kolon	28,5	25,5	1,12	2443	3,97	4,15	

$$f_k = \frac{P}{A} \text{ N/mm}^2, \text{ Karot kesit alanı } A=0,785d^2=615 \text{ mm}^2, f_{y, küp} = \frac{2.5f_\lambda}{1.5 + \frac{1}{\lambda}}, \text{ Ortalama yerinde dayanımı } \bar{f}_{y, küp} = 5,10 \text{ N/mm}^2 \text{ (150 mm küp dayanımı)}$$

$$\text{Standart sapma } s = \sqrt{\frac{\sum (f_i - \bar{f}_y)^2}{n-1}} = 1,35 \text{ N/mm}^2, \text{ Değişkenlik katsayısı } V = \frac{s}{\bar{f}_{y, küp}} \times 100 = \% 26,49 \text{ N/mm}^2, \text{ Ortalamanın \% 95 güven derecesi için alt ve üst}$$

sınır değerler

$$\bar{f}_{y, küp} \pm \frac{0.12}{\sqrt{n}} * \bar{f}_{y, küp} = 5,10 \pm \frac{0.12}{\sqrt{2}} * 5,10, \text{ Üst sınır değer } 5,10+0,43=5,53 \text{ N/mm}^2, \text{ Alt sınır değer } 5,10-0,43=4,67 \text{ N/mm}^2,$$

$$\text{Değerlendirme: } f_{y,g} = \frac{f_{proje}}{\gamma_m} = \frac{22.5}{1.5} = 15,0 \text{ N/mm}^2, \gamma_m = 1.5 \text{ malzeme katsayısı, } \bar{f}_{y, küp, alt} = 4,67 \text{ N/mm}^2 < f_{y,g} = 15,0 \text{ N/mm}^2$$

Ek-2.17. Bina 7-94 mm karot beton basınç deneyi sonuçları

Örnek no	Örnek yeri	Perde no/Kolon no	Perde/Kolon	Boy (mm)	Çap (mm)	Narinlik sayısı $\lambda$	Kırılma kuvveti (N) $P_K$	Karot dayanımı $f_{i,s}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Yerinde dayanım $f_{y,küp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Proje beton basınç dayanımı $f_{proje,küp}$ (N/mm <sup>2</sup> )
1	Zemin Kat	1	Perde	196	94	2,09	145875	21,03	26,48	22,5
2		1	Kolon	194	94	2,06	149701	21,58	25,84	
3		2	Perde	160	94	1,70	80540	11,61	13,90	

$f_{\lambda} = \frac{P}{A}$  N/mm<sup>2</sup>, Karot kesit alanı  $A=0,785d^2=6936$  mm<sup>2</sup>,  $f_{y,küp} = \frac{2.5f_{\lambda}}{1.5 + \frac{1}{\lambda}}$ , Ortalama yerinde dayanımı  $f_{y,küp}^- = 22,07$  N/mm<sup>2</sup> (150 mm küp dayanımı)

Standart sapma  $s = \sqrt{\frac{\sum (f_i - \bar{f}_y)^2}{n-1}} = 7,08$  N/mm<sup>2</sup>, Değişkenlik katsayısı  $V = \frac{s}{\bar{f}_{y,küp}} \times 100 = \% 32,10$  N/mm<sup>2</sup>, Ortalamanın % 95 güven derecesi için alt ve üst

sınır değerler

$f_{y,küp}^- \pm \frac{0.12}{\sqrt{n}} * f_{y,küp}^- = 22,07 \pm \frac{0.12}{\sqrt{3}} * 22,07$ , Üst sınır değer  $22,07+1,53=23,60$  N/mm<sup>2</sup>, Alt sınır değer  $22,07-1,53=20,54$  N/mm<sup>2</sup>,

**Değerlendirme:**  $f_{y,g} = \frac{f_{proje}}{\gamma_m} = \frac{22.5}{1.5} = 15,0$  N/mm<sup>2</sup>,  $\gamma_m = 1.5$  malzeme katsayısı,  $f_{y,küp,alt}^- = 20,54$  N/mm<sup>2</sup> >  $f_{y,g} = 15,0$  N/mm<sup>2</sup>

**Ek-2.18.** Bina 7-64 mm karot beton basınç deneyi sonuçları

Örnek no	Örnek yeri	Perde no/Kolon no	Perde/Kolon	Boy (mm)	Çap (mm)	Narinlik sayısı $\lambda$	Kırılma kuvveti (N) $P_K$	Karot dayanımı $f_{i,s}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Yerinde dayanım $f_{y, küp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Proje beton basınç dayanımı $f_{proje, küp}$ (N/mm <sup>2</sup> )
4	Zemin Kat	2	Kolon	132	64	2,06	21974	6,83	8,61	22,5
5		3	Kolon	64	64	1,00	37670	11,72	11,72	
6		4	Kolon	134	64	2,09	38455	11,96	15,11	
7		3	Perde	104	64	1,63	29921	9,31	11,01	

$f_{\lambda} = \frac{P}{A}$  N/mm<sup>2</sup>, Karot kesit alanı  $A=0,785d^2= 3215 \text{ mm}^2$ ,  $f_{y, küp} = \frac{2.5f_{\lambda}}{1.5 + \frac{1}{\lambda}}$ , Ortalama yerinde dayanımı  $f_{y, küp}^- = 11,61 \text{ N/mm}^2$  (150 mm küp dayanımı)

Standart sapma  $s = \sqrt{\frac{\sum (f_i - \bar{f}_y)^2}{n-1}} = 2,69 \text{ N/mm}^2$ , Değişkenlik katsayısı  $V = \frac{s}{\bar{f}_{y, küp}} \times 100 = \% 23,15 \text{ N/mm}^2$ , Ortalamanın % 95 güven derecesi için alt ve üst

sınır değerler

$f_{y, küp}^- \pm \frac{0.12}{\sqrt{n}} * f_{y, küp}^- = 11,61 \pm \frac{0.12}{\sqrt{4}} * 11.61$ , Üst sınır değer  $11,61+0,70= 12,31 \text{ N/mm}^2$ , Alt sınır değer  $11,61-0,70= 10,91 \text{ N/mm}^2$ ,

**Değerlendirme:**  $f_{y,g} = \frac{f_{proje}}{\gamma_m} = \frac{22.5}{1.5} = 15,0 \text{ N/mm}^2$ ,  $\gamma_m = 1.5$  malzeme katsayısı,  $f_{y, küp, alt}^- = 10,91 \text{ N/mm}^2 < f_{y,g} = 15,0 \text{ N/mm}^2$

**Ek-2.19.** Bina 7-28 mm karot beton basınç deneyi sonuçları

Örnek no	Örnek yeri	Perde no/Kolon no	Perde/Kolon	Boy (mm)	Çap (mm)	Narinlik sayısı $\lambda$	Kırılma kuvveti (N) $P_K$	Karot dayanımı $f_c$ , (N/mm <sup>2</sup> )	Yerinde dayanım $f_{y, k\ddot{u}p}$ , (N/mm <sup>2</sup> )	Proje beton basınç dayanımı $f_{proje, k\ddot{u}p}$ (N/mm <sup>2</sup> )
1	Zemin kat	1	Perde	56	25,7	2,18	7201	11,70	14,93	22,5
2		1	Perde	28,8	25,9	1,11	12625	20,51	21,36	
3		1	Perde	27,9	25,7	1,09	5140	8,35	8,64	
4		1	Perde	28,9	25,8	1,12	10860	17,65	18,44	
5		1	Perde	28,3	25,8	1,10	9153	14,87	15,43	
6		2	Perde	55,9	25,9	2,16	2796	4,54	5,79	
7		2	Perde	28,5	25,5	1,12	6955	11,30	11,81	
8		2	Perde	28,5	26	1,10	5180	8,42	8,73	
9		2	Perde	28,9	25,5	1,13	7838	12,74	13,35	
10		1	Kolon	56	25,5	2,20	6131	9,96	12,74	
11		1	Kolon	28,5	26	1,10	9290	15,10	15,66	
12		1	Kolon	28,5	25,8	1,10	8731	14,19	14,72	
13		1	Kolon	28,8	25,5	1,13	3335	5,42	5,68	
14		3	Perde	56	25,7	2,18	5925	9,63	12,29	
15		3	Perde	28,3	25,6	1,11	1942	3,16	3,29	
16		3	Perde	28,5	25,8	1,10	5709	9,28	9,63	
17		3	Perde	28,3	25,5	1,11	3512	5,71	5,94	
18		4	Perde	56	25,6	2,19	3296	5,36	6,84	
19		4	Perde	28,9	25,5	1,13	5101	8,29	8,69	
20		4	Perde	28,5	25,5	1,12	3188	5,18	5,41	
21		4	Perde	28,7	25,7	1,12	5572	9,05	9,46	
22		4	Perde	28,5	25,5	1,12	7838	12,74	13,31	
23		2	Kolon	56	25,8	2,17	4719	7,67	9,78	
24		2	Kolon	28,5	25,8	1,10	3335	5,42	5,62	
25		2	Kolon	28,5	25,5	1,12	5670	9,21	9,63	
26		2	Kolon	28,9	25,8	1,12	3365	5,47	5,71	

**Ek-2.19.** (devamı)

$$f_x = \frac{P}{A} \text{ N/mm}^2, \text{ Karot kesit alanı } A=0,785d^2=615 \text{ mm}^2, f_{y, \text{küp}} = \frac{2.5f_\lambda}{1.5 + \frac{1}{\lambda}}, \text{ Ortalama yerinde dayanımı } \bar{f}_{y, \text{küp}} = 10,50 \text{ N/mm}^2 \text{ (150 mm küp dayanımı)}$$

$$\text{Standart sapma } s = \sqrt{\frac{\sum (f_1 - \bar{f}_y)^2}{n-1}} = 4,53 \text{ N/mm}^2, \text{ Değişkenlik katsayısı } V = \frac{s}{\bar{f}_{y, \text{küp}}} \times 100 = \% 43,14 \text{ N/mm}^2, \text{ Ortalamanın \% 95 güven derecesi için alt ve üst}$$

sınır değerler

$$\bar{f}_{y, \text{küp}} \pm \frac{0.12}{\sqrt{n}} * \bar{f}_{y, \text{küp}} = 10,50 \pm \frac{0.12}{\sqrt{26}} * 10,50, \text{ Üst sınır değer } 10,50+0,25= 10,75 \text{ N/mm}^2, \text{ Alt sınır değer } 10,50-0,25= 10,25 \text{ N/mm}^2,$$

$$\text{Değerlendirme: } f_{y, g} = \frac{f_{\text{proje}}}{\gamma_m} = \frac{22.5}{1.5} = 15,0 \text{ N/mm}^2, \gamma_m = 1.5 \text{ malzeme katsayısı, } \bar{f}_{y, \text{küp, alt}} = 10,25 \text{ N/mm}^2 < f_{y, g} = 15,0 \text{ N/mm}^2$$

**Ek-2.20.** Bina 8-64 mm karot beton basınç deneyi sonuçları

Örnek no	Örnek yeri	Perde no/Kolon no	Perde/Kolon	Boy (mm)	Çap (mm)	Narinlik sayısı $\lambda$	Kırılma kuvveti (N) $P_K$	Karot dayanımı $f_{\lambda}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Yerinde dayanım $f_{y, küp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Proje beton basınç dayanımı $f_{proje, küp}$ (N/mm <sup>2</sup> )
1	Zemin Kat	1	Kolon	111	64	1,73	26193	8,15	9,80	22,5
2		1	Perde	134	64	2,09	32765	10,19	12,88	
3		1	Perde	65	64	1,02	29920	9,31	9,38	
4		2	Kolon	132	64	2,06	22072	6,86	8,64	

$f_{\lambda} = \frac{P}{A}$  N/mm<sup>2</sup>, Karot kesit alanı  $A=0,785d^2= 3215 \text{ mm}^2$ ,  $f_{y, küp} = \frac{2.5f_{\lambda}}{1.5 + \frac{1}{\lambda}}$ , Ortalama yerinde dayanımı  $f_{y, küp}^- = 10,17 \text{ N/mm}^2$  (150 mm küp dayanımı)

Standart sapma  $s = \sqrt{\frac{\sum (f_i - \bar{f}_y)^2}{n-1}} = 1,86 \text{ N/mm}^2$ , Değişkenlik katsayısı  $V = \frac{s}{\bar{f}_{y, küp}} \times 100 = \% 18,31 \text{ N/mm}^2$ , Ortalamanın % 95 güven derecesi için alt ve üst

sınır değerler

$f_{y, küp}^- \pm \frac{0.12}{\sqrt{n}} * f_{y, küp}^- = 10,17 \pm \frac{0.12}{\sqrt{4}} * 10,17$ , Üst sınır değer  $10,17+0,61= 10,78 \text{ N/mm}^2$ , Alt sınır değer  $10,17-0,61= 9,56 \text{ N/mm}^2$ ,

**Değerlendirme:**  $f_{y, g} = \frac{f_{proje}}{\gamma_m} = \frac{22.5}{1.5} = 15,0 \text{ N/mm}^2$ ,  $\gamma_m = 1.5$  malzeme katsayısı,  $f_{y, küp, alt}^- = 9,56 \text{ N/mm}^2 < f_{y, g} = 15,0 \text{ N/mm}^2$

**Ek-2.21.** Bina 8-28 mm karot beton basınç deneyi sonuçları

Örnek no	Örnek yeri	Perde no/Kolon no	Perde/Kolon	Boy (mm)	Çap (mm)	Narinlik sayısı $\lambda$	Kırılma kuvveti (N) $P_K$	Karot dayanımı $f_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	Yerinde dayanım $f_{y, küp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Proje beton basınç dayanımı $f_{proje, küp}$ (N/mm <sup>2</sup> )
1	Zemin kat	1	Kolon	28,8	25,9	1,11	2590	4,21	4,38	22,5
2		1	Kolon	28,5	25,9	1,10	2158	3,51	3,64	
3		1	Perde	55,9	25,4	2,20	5209	8,46	10,83	
4		1	Perde	28,7	25,5	1,13	1736	2,82	2,96	
5		2	Kolon	28,5	25,7	1,11	1844	3,00	3,12	
6		2	Kolon	28	25,5	1,10	4258	6,92	7,18	

$f_c = \frac{P}{A}$  N/mm<sup>2</sup>, Karot kesit alanı  $A=0,785d^2= 615 \text{ mm}^2$ ,  $f_{y, küp} = \frac{2.5f_\lambda}{1.5 + \frac{1}{\lambda}}$ , Ortalama yerinde dayanımı  $f_{y, küp}^- = 5,35 \text{ N/mm}^2$  (150 mm küp dayanımı)

Standart sapma  $s = \sqrt{\frac{\sum (f_1 - \bar{f}_y)^2}{n-1}} = 3,09 \text{ N/mm}^2$ , Değişkenlik katsayısı  $V = \frac{s}{\bar{f}_{y, küp}} \times 100 = \% 57,84 \text{ N/mm}^2$ , Ortalamanın % 95 güven derecesi için alt ve üst sınır değerler

$f_{y, küp}^- \pm \frac{0.12}{\sqrt{n}} * f_{y, küp}^- = 5,35 \pm \frac{0.12}{\sqrt{6}} * 5.35$ , Üst sınır değer  $5,35+0,26= 5,61 \text{ N/mm}^2$ , Alt sınır değer  $5,35-0,26= 5,09 \text{ N/mm}^2$ ,

**Değerlendirme:**  $f_{y, g} = \frac{f_{proje}}{\gamma_m} = \frac{22.5}{1.5} = 15,0 \text{ N/mm}^2$ ,  $\gamma_m = 1.5$  malzeme katsayısı,  $f_{y, küp, alt}^- = 5,09 \text{ N/mm}^2 < f_{y, g} = 15,0 \text{ N/mm}^2$

Ek-2.22. Bina 9-94 mm karot beton basınç deneyi sonuçları

Örnek no	Örnek yeri	Perde no/Kolon no	Perde/Kolon	Boy (mm)	Çap (mm)	Narinlik sayısı $\lambda$	Kırılma kuvveti (N) $P_K$	Karot dayanımı $f_{k,}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Yerinde dayanım $f_{y, küp,}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Proje beton basınç dayanımı $f_{proje, küp}$ (N/mm <sup>2</sup> )
1	Zemin Kat	1	Kolon	94	94	1,00	86132	12,42	12,42	22,5
2		1	Perde	196	94	2,09	39927	5,76	7,27	
3		2	Kolon	196	94	2,09	63961	9,22	11,65	

$f_k = \frac{P}{A}$  N/mm<sup>2</sup>, Karot kesit alanı  $A=0,785d^2= 6936 \text{ mm}^2$ ,  $f_{y, küp} = \frac{2.5f_{\lambda}}{1.5 + \frac{1}{\lambda}}$ , Ortalama yerinde dayanımı  $f_{y, küp}^- = 10,45 \text{ N/mm}^2$  (150 mm küp dayanımı)

Standart sapma  $s = \sqrt{\frac{\sum (f_i - \bar{f}_y)^2}{n-1}} = 2,78 \text{ N/mm}^2$ , Değişkenlik katsayısı  $V = \frac{s}{\bar{f}_{y, küp}} \times 100 = \% 26,56 \text{ N/mm}^2$ , Ortalamanın % 95 güven derecesi için alt ve üst

sınır değerler

$f_{y, küp}^- \pm \frac{0.12}{\sqrt{n}} * f_{y, küp}^- = 10,45 \pm \frac{0.12}{\sqrt{3}} * 10,45$ , Üst sınır değer  $10,45+0,72= 11,17 \text{ N/mm}^2$ , Alt sınır değer  $10,45-0,72= 9,73 \text{ N/mm}^2$ ,

**Değerlendirme:**  $f_{y, g} = \frac{f_{proje}}{\gamma_m} = \frac{22.5}{1.5} = 15,0 \text{ N/mm}^2$ ,  $\gamma_m = 1.5$  malzeme katsayısı,  $f_{y, küp, alt}^- = 9,73 \text{ N/mm}^2 < f_{y, g} = 15,0 \text{ N/mm}^2$

**Ek-2.23.** Bina 9-64 mm karot beton basınç deneyi sonuçları

Örnek no	Örnek yeri	Perde no/Kolon no	Perde/Kolon	Boy (mm)	Çap (mm)	Narinlik sayısı $\lambda$	Kırılma kuvveti (N) $P_K$	Karot dayanımı $f_{\lambda}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Yerinde dayanım $f_{y, küp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Proje beton basınç dayanımı $f_{proje, küp}$ (N/mm <sup>2</sup> )
4	Zemin Kat	3	Kolon	134	64	2,09	24133	7,51	9,48	22,5
5		2	Perde	132	64	2,06	21680	6,74	8,49	
6		4	Kolon	134	64	2,09	44832	13,94	17,62	

$$f_{\lambda} = \frac{P}{A} \text{ N/mm}^2, \text{ Karot kesit alanı } A=0,785d^2= 3215 \text{ mm}^2, f_{y, küp} = \frac{2.5f_{\lambda}}{1.5 + \frac{1}{\lambda}}, \text{ Ortalama yerinde dayanımı } f_{y, küp}^- = 11,86 \text{ N/mm}^2 \text{ (150 mm küp dayanımı)}$$

$$\text{Standart sapma } s = \sqrt{\frac{\sum (f_i - \bar{f}_y)^2}{n-1}} = 5,01 \text{ N/mm}^2, \text{ Değişkenlik katsayısı } V = \frac{s}{\bar{f}_{y, küp}} \times 100 = \% 42,21 \text{ N/mm}^2, \text{ Ortalamanın \% 95 güven derecesi için alt ve üst}$$

sınır değerler

$$f_{y, küp}^- \pm \frac{0.12}{\sqrt{n}} * f_{y, küp}^- = 11,86 \pm \frac{0.12}{\sqrt{3}} * 11.86, \text{ Üst sınır değer } 11,86+0,82= 12,68 \text{ N/mm}^2, \text{ Alt sınır değer } 11,86-0,82= 11,04 \text{ N/mm}^2,$$

$$\text{Değerlendirme: } f_{y, g} = \frac{f_{proje}}{\gamma_m} = \frac{22.5}{1.5} = 15,0 \text{ N/mm}^2, \gamma_m = 1.5 \text{ malzeme katsayısı, } f_{y, küp, alt}^- = 11,04 \text{ N/mm}^2 < f_{y, g} = 15,0 \text{ N/mm}^2$$

Ek-2.24. Bina 9-28 mm karot beton basınç deneyi sonuçları

Örnek no	Örnek yeri	Perde no/Kolon no	Perde/Kolon	Boy (mm)	Çap (mm)	Narinlik sayısı $\lambda$	Kırılma kuvveti (N) $P_K$	Karot dayanımı $f_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	Yerinde dayanım $f_{y, küp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Proje beton basınç dayanımı $f_{proje, küp}$ (N/mm <sup>2</sup> )
1	Zemin kat	1	Kolon	56	25,9	2,16	4258	6,92	8,81	22,5
2		1	Kolon	28,5	25,7	1,11	5101	8,29	8,63	
3		2	Kolon	56,1	25,7	2,18	6063	9,85	12,57	
4		2	Kolon	28,3	25,7	1,10	5749	9,34	9,69	
5		2	Kolon	28,5	25,8	1,10	6740	10,95	11,36	
6		2	Kolon	28,2	25,7	1,10	2227	3,62	3,75	
7		1	Perde	56	25,5	2,20	5140	8,35	10,68	
8		1	Perde	28,2	25,5	1,11	1736	2,82	2,94	
9		1	Perde	28,8	25,5	1,13	3335	5,42	5,68	
10		1	Perde	28,5	25,5	1,12	2482	4,03	4,21	

$$f_c = \frac{P}{A} \text{ N/mm}^2, \text{ Karot kesit alanı } A = 0,785d^2 = 615 \text{ mm}^2, f_{y, küp} = \frac{2.5 f_{\lambda}}{1.5 + \frac{1}{\lambda}}, \text{ Ortalama yerinde dayanımı } \bar{f}_{y, küp} = 7,83 \text{ N/mm}^2 \text{ (150 mm küp dayanımı)}$$

$$\text{Standart sapma } s = \sqrt{\frac{\sum (f_i - \bar{f}_y)^2}{n - 1}} = 3,44 \text{ N/mm}^2, \text{ Değişkenlik katsayısı } V = \frac{s}{\bar{f}_{y, küp}} \times 100 = \% 43,90 \text{ N/mm}^2, \text{ Ortalamanın \% 95 güven derecesi için alt ve üst}$$

sınır değerler

$$\bar{f}_{y, küp} \pm \frac{0.12}{\sqrt{n}} * \bar{f}_{y, küp} = 7,83 \pm \frac{0.12}{\sqrt{10}} * 7,83, \text{ Üst sınır değer } 7,83 + 0,30 = 8,13 \text{ N/mm}^2, \text{ Alt sınır değer } 7,83 - 0,30 = 7,53 \text{ N/mm}^2,$$

$$\text{Değerlendirme: } f_{y, g} = \frac{f_{proje}}{\gamma_m} = \frac{22.5}{1.5} = 15,0 \text{ N/mm}^2, \gamma_m = 1.5 \text{ malzeme katsayısı, } \bar{f}_{y, küp, alt} = 7,53 \text{ N/mm}^2 < f_{y, g} = 15,0 \text{ N/mm}^2$$

Ek-2.25. Bina 10-94 mm karot beton basınç deneyi sonuçları

Örnek no	Örnek yeri	Perde no/Kolon no	Perde/Kolon	Boy (mm)	Çap (mm)	Narinlik sayısı $\lambda$	Kırılma kuvveti (N) $P_K$	Karot dayanımı $f_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	Yerinde dayanım $f_{y, küp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Proje beton basınç dayanımı $f_{proje, küp}$ (N/mm <sup>2</sup> )
1	Zemin Kat	1	Kolon	171	94	1,82	86622	12,49	15,23	22,5
2		1	Perde	165	94	1,76	79265	11,43	13,81	
3		2	Kolon	170	94	1,81	83189	11,99	14,61	

$f_c = \frac{P}{A}$  N/mm<sup>2</sup>, Karot kesit alanı  $A=0,785d^2=6936 \text{ mm}^2$ ,  $f_{y, küp} = \frac{2.5f_\lambda}{1.5 + \frac{1}{\lambda}}$ , Ortalama yerinde dayanımı  $f_{y, küp}^- = 14,55 \text{ N/mm}^2$  (150 mm küp dayanımı)

Standart sapma  $s = \sqrt{\frac{\sum (f_i - \bar{f}_y)^2}{n-1}} = 0,71 \text{ N/mm}^2$ , Değişkenlik katsayısı  $V = \frac{s}{\bar{f}_{y, küp}} \times 100 = \% 4,89 \text{ N/mm}^2$ , Ortalamanın % 95 güven derecesi için alt ve üst

sınır değerler

$f_{y, küp}^- \pm \frac{0.12}{\sqrt{n}} * f_{y, küp}^- = 14,55 \pm \frac{0.12}{\sqrt{3}} * 14,55$ , Üst sınır değer  $14,55+1,01=15,56 \text{ N/mm}^2$ , Alt sınır değer  $14,55-1,01=13,54 \text{ N/mm}^2$ ,

**Değerlendirme:**  $f_{y, g} = \frac{f_{proje}}{\gamma_m} = \frac{22.5}{1.5} = 15,0 \text{ N/mm}^2$ ,  $\gamma_m = 1.5$  malzeme katsayısı,  $f_{y, küp, alt}^- = 13,54 \text{ N/mm}^2 < f_{y, g} = 15,0 \text{ N/mm}^2$

Ek-2.26. Bina 10-64 mm karot beton basınç deneyi sonuçları

Örnek no	Örnek yeri	Perde no/Kolon no	Perde/Kolon	Boy (mm)	Çap (mm)	Narinlik sayısı $\lambda$	Kırılma kuvveti (N) $P_K$	Karot dayanımı $f_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	Yerinde dayanım $f_{y, küp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Proje beton basınç dayanımı $f_{proje, küp}$ (N/mm <sup>2</sup> )
4	Zemin Kat	3	Kolon	134	64	2,09	38848	12,08	15,27	22,5
5		3	Kolon	64	64	1,00	44636	13,88	13,88	
6		2	Perde	94	64	1,47	32864	10,22	11,72	
7		4	Kolon	132	64	2,06	35600	11,07	13,94	
8		4	Kolon	71	64	1,11	49344	15,35	15,98	

$f_c = \frac{P}{A}$  N/mm<sup>2</sup>, Karot kesit alanı  $A=0,785d^2= 3215 \text{ mm}^2$ ,  $f_{y, küp} = \frac{2.5f_\lambda}{1.5 + \frac{1}{\lambda}}$ , Ortalama yerinde dayanımı  $f_{y, küp}^- = 14,16 \text{ N/mm}^2$  (150 mm küp dayanımı)

Standart sapma  $s = \sqrt{\frac{\sum (f_i - \bar{f}_y)^2}{n-1}} = 1,63 \text{ N/mm}^2$ , Değişkenlik katsayısı  $V = \frac{s}{\bar{f}_{y, küp}} \times 100 = \% 11,51 \text{ N/mm}^2$ , Ortalamanın % 95 güven derecesi için alt ve üst

sınır değerler

$f_{y, küp}^- \pm \frac{0.12}{\sqrt{n}} * f_{y, küp}^- = 14,16 \pm \frac{0.12}{\sqrt{5}} * 14,16$ , Üst sınır değer  $14,16+0,76= 14,92 \text{ N/mm}^2$ , Alt sınır değer  $14,16-0,76= 13,40 \text{ N/mm}^2$ ,

**Değerlendirme:**  $f_{y, g} = \frac{f_{proje}}{\gamma_m} = \frac{22.5}{1.5} = 15,0 \text{ N/mm}^2$ ,  $\gamma_m = 1.5$  malzeme katsayısı,  $f_{y, küp, alt}^- = 13,40 \text{ N/mm}^2 < f_{y, g} = 15,0 \text{ N/mm}^2$

Ek-2.27. Bina 10-28 mm karot beton basınç deneyi sonuçları

Örnek no	Örnek yeri	Perde no/Kolon no	Perde/Kolon	Boy (mm)	Çap (mm)	Narinlik sayısı $\lambda$	Kırılma kuvveti (N) $P_K$	Karot dayanımı $f_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	Yerinde dayanım $f_{y, k\ddot{u}p}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Proje beton basınç dayanımı $f_{proje, k\ddot{u}p}$ (N/mm <sup>2</sup> )
1	Zemin kat	1	Kolon	56	25,5	2,20	8907	14,47	18,51	22,5
2		1	Kolon	28,9	25,5	1,13	1766	2,87	3,01	
3		1	Kolon	28,5	25,7	1,11	8692	14,12	14,71	
4		1	Kolon	28,5	25,5	1,12	2266	3,68	3,85	
5		1	Perde	28,5	25,5	1,12	3080	5,01	5,23	
6		1	Perde	28,5	25,5	1,12	2659	4,32	4,51	
7		1	Perde	28,5	25,5	1,12	6740	10,95	11,44	
8		2	Kolon	56,2	25,8	2,18	3649	5,93	7,57	
9		2	Kolon	28,5	25,5	1,12	2659	4,32	4,51	
10		2	Kolon	28,5	25,5	1,12	4110	6,68	6,98	
11		2	Kolon	29	25,6	1,13	6985	11,35	11,90	
12		3	Kolon	56	25,6	2,19	4856	7,89	10,08	
13		3	Kolon	27,5	25,5	1,08	9045	14,70	15,15	
14		3	Kolon	28,5	25,7	1,11	3257	5,29	5,51	
15		3	Kolon	28,5	25,6	1,11	9329	15,16	15,78	
16		4	Kolon	28,6	25,5	1,12	4640	7,54	7,88	
17		2	Perde	56	25,5	2,20	4022	6,54	8,36	
18		2	Perde	26,2	25,5	1,03	6592	10,71	10,84	
19		2	Perde	28,5	25,5	1,12	7662	12,45	13,01	
20		2	Perde	28,5	25,3	1,13	3257	5,29	5,55	

**Ek-2.27.** (devamı)

$$f_x = \frac{P}{A} \text{ N/mm}^2, \text{ Karot kesit alanı } A = 0,785d^2 = 615 \text{ mm}^2, f_{y, \text{küp}} = \frac{2.5 f_\lambda}{1.5 + \frac{1}{\lambda}}, \text{ Ortalama yerinde dayanımı } f_{y, \text{küp}}^- = 9,22 \text{ N/mm}^2 \text{ (150 mm küp dayanımı)}$$

$$\text{Standart sapma } s = \sqrt{\frac{\sum (f_i - \bar{f}_y)^2}{n-1}} = 4,53 \text{ N/mm}^2, \text{ Değişkenlik katsayısı } V = \frac{s}{\bar{f}_{y, \text{küp}}} \times 100 = \% 49,13 \text{ N/mm}^2, \text{ Ortalamanın \% 95 güven derecesi için alt ve üst}$$

sınır değerler

$$f_{y, \text{küp}}^- \pm \frac{0.12}{\sqrt{n}} * f_{y, \text{küp}}^- = 9,22 \pm \frac{0.12}{\sqrt{20}} * 9,22, \text{ Üst sınır değer } 9,22 + 0,25 = 9,47 \text{ N/mm}^2, \text{ Alt sınır değer } 9,22 - 0,25 = 8,97 \text{ N/mm}^2,$$

$$\text{Değerlendirme: } f_{y, g} = \frac{f_{\text{proje}}}{\gamma_m} = \frac{22.5}{1.5} = 15,0 \text{ N/mm}^2, \gamma_m = 1.5 \text{ malzeme katsayısı, } f_{y, \text{küp, alt}}^- = 8,97 \text{ N/mm}^2 < f_{y, g} = 15,0 \text{ N/mm}^2$$

Ek-2.28. Bina 11-94 mm karot beton basınç deneyi sonuçları

Örnek no	Örnek yeri	Perde no/Kolon no	Perde/Kolon	Boy (mm)	Çap (mm)	Narinlik sayısı $\lambda$	Kırılma kuvveti (N) $P_K$	Karot dayanımı $f_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	Yerinde dayanım $f_{y, küp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Proje beton basınç dayanımı $f_{proje, küp}$ (N/mm <sup>2</sup> )
1	Zemin Kat	1	Kolon	159	94	1,69	127432	18,37	21,96	22,5
2		1	Perde	196	94	2,09	139596	20,13	25,43	
3		2	Kolon	195	94	2,07	106929	15,42	19,43	

$f_c = \frac{P}{A}$  N/mm<sup>2</sup>, Karot kesit alanı  $A=0,785d^2=6936 \text{ mm}^2$ ,  $f_{y, küp} = \frac{2.5f_\lambda}{1.5 + \frac{1}{\lambda}}$ , Ortalama yerinde dayanımı  $f_{y, küp}^- = 22,27 \text{ N/mm}^2$  (150 mm küp dayanımı)

Standart sapma  $s = \sqrt{\frac{\sum (f_i - \bar{f}_y)^2}{n-1}} = 3,01 \text{ N/mm}^2$ , Değişkenlik katsayısı  $V = \frac{s}{\bar{f}_{y, küp}} \times 100 = \% 13,52 \text{ N/mm}^2$ , Ortalamanın % 95 güven derecesi için alt ve üst

sınır değerler

$f_{y, küp}^- \pm \frac{0.12}{\sqrt{n}} * f_{y, küp}^- = 22,27 \pm \frac{0.12}{\sqrt{3}} * 22,27$ , Üst sınır değer  $22,27+1,54= 23,81 \text{ N/mm}^2$ , Alt sınır değer  $22,27-1,54= 20,73 \text{ N/mm}^2$ ,

**Değerlendirme:**  $f_{y, g} = \frac{f_{proje}}{\gamma_m} = \frac{22.5}{1.5} = 15,0 \text{ N/mm}^2$ ,  $\gamma_m = 1.5$  malzeme katsayısı,  $f_{y, küp, alt}^- = 20,73 \text{ N/mm}^2 > f_{y, g} = 15,0 \text{ N/mm}^2$

**Ek-2.29.** Bina 11-64 mm karot beton basınç deneyi sonuçları

Örnek no	Örnek yeri	Perde no/Kolon no	Perde/Kolon	Boy (mm)	Çap (mm)	Narinlik sayısı $\lambda$	Kırılma kuvveti (N) $P_K$	Karot dayanımı $f_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	Yerinde dayanım $f_{y, küp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Proje beton basınç dayanımı $f_{proje, küp}$ (N/mm <sup>2</sup> )
4	Zemin Kat	3	Kolon	132	64	2,06	51306	15,96	20,09	22,5
5		2	Perde	134	64	2,09	49246	15,32	19,35	
6		4	Kolon	132	64	2,06	73771	22,94	28,89	

$f_c = \frac{P}{A}$  N/mm<sup>2</sup>, Karot kesit alanı  $A=0,785d^2= 3215 \text{ mm}^2$ ,  $f_{y, küp} = \frac{2.5f_\lambda}{1.5 + \frac{1}{\lambda}}$ , Ortalama yerinde dayanımı  $f_{y, küp}^- = 22,78 \text{ N/mm}^2$  (150 mm küp dayanımı)

Standart sapma  $s = \sqrt{\frac{\sum (f_i - \bar{f}_y)^2}{n-1}} = 5,31 \text{ N/mm}^2$ , Değişkenlik katsayısı  $V = \frac{s}{\bar{f}_{y, küp}} \times 100 = \% 23,29 \text{ N/mm}^2$ , Ortalamanın % 95 güven derecesi için alt ve üst

sınır değerler

$f_{y, küp}^- \pm \frac{0.12}{\sqrt{n}} * f_{y, küp}^- = 22,78 \pm \frac{0.12}{\sqrt{3}} * 22,78$ , Üst sınır değer  $22,78+1,58= 24,36 \text{ N/mm}^2$ , Alt sınır değer  $22,78-1,58= 21,20 \text{ N/mm}^2$ ,

**Değerlendirme:**  $f_{y, g} = \frac{f_{proje}}{\gamma_m} = \frac{22.5}{1.5} = 15,0 \text{ N/mm}^2$ ,  $\gamma_m = 1.5$  malzeme katsayısı,  $f_{y, küp, alt}^- = 21,20 \text{ N/mm}^2 > f_{y, g} = 15,0 \text{ N/mm}^2$

**Ek-2.30.** Bina 11-28 mm karot beton basınç deneyi sonuçları

Örnek no	Örnek yeri	Perde no/Kolon no	Perde/Kolon	Boy (mm)	Çap (mm)	Narinlik sayısı $\lambda$	Kırılma kuvveti (N) $P_K$	Karot dayanımı $f_c$ , (N/mm <sup>2</sup> )	Yerinde dayanım $f_y$ , küp, (N/mm <sup>2</sup> )	Proje beton basınç dayanımı $f_{proje, küp}$ (N/mm <sup>2</sup> )
1	Zemin kat	1	Kolon	56	25,7	2,18	7799	12,67	16,17	22,5
2		1	Kolon	28	25,5	1,10	12527	20,36	21,12	
3		1	Kolon	28,5	25,5	1,12	7622	12,39	12,94	
4		1	Perde	56	25,6	2,19	10536	17,12	21,87	
5		1	Perde	28	25,5	1,10	8800	14,30	14,84	
6		1	Perde	28,9	25,6	1,13	6210	10,09	10,58	
7		1	Perde	28,8	26	1,11	5248	8,53	8,88	
8		2	Kolon	55,9	25,5	2,19	5003	8,13	10,39	
9		2	Kolon	28,5	25,5	1,12	9967	16,19	16,92	
10		2	Kolon	28,9	25,8	1,12	5248	8,53	8,91	
11		2	Kolon	28,8	25,5	1,13	10497	17,06	17,88	
12		3	Kolon	56	25,3	2,21	9830	15,97	20,45	
13		3	Kolon	28,1	25,4	1,11	13754	22,35	23,27	
14		3	Kolon	28,8	25,5	1,13	11144	18,11	18,98	
15		3	Kolon	28,5	25,3	1,13	4571	7,43	7,79	
16		2	Perde	56	25,3	2,21	8731	14,19	18,16	
17		2	Perde	28,5	25,4	1,12	10291	16,72	17,47	
18		2	Perde	28,8	25,3	1,14	10036	16,31	17,15	
19		2	Perde	28,5	25,5	1,12	11782	19,14	20,00	
20		2	Perde	28,2	25,5	1,11	9192	14,94	15,55	
21		4	Kolon	56	25,5	2,20	9751	15,84	20,27	
22		4	Kolon	28	25,5	1,10	9938	16,15	16,76	
23		4	Kolon	28,5	25,7	1,11	7985	12,98	13,51	
24		4	Kolon	28,5	25,5	1,12	13450	21,85	22,83	

**Ek-2.30.** (devamı)

$$f_x = \frac{P}{A} \text{ N/mm}^2, \text{ Karot kesit alanı } A=0,785d^2=615 \text{ mm}^2, f_{y, \text{ küp}} = \frac{2.5 f_\lambda}{1.5 + \frac{1}{\lambda}}, \text{ Ortalama yerinde dayanımı } f_{y, \text{ küp}}^- = 16,36 \text{ N/mm}^2 \text{ (150 mm küp dayanımı)}$$

$$\text{Standart sapma } s = \sqrt{\frac{\sum (f_i - \bar{f}_y)^2}{n-1}} = 4,57 \text{ N/mm}^2, \text{ Değişkenlik katsayısı } V = \frac{s}{\bar{f}_{y, \text{ küp}}} \times 100 = \% 27,91 \text{ N/mm}^2, \text{ Ortalamanın \% 95 güven derecesi için alt ve üst}$$

sınır değerler

$$f_{y, \text{ küp}}^- \pm \frac{0.12}{\sqrt{n}} * f_{y, \text{ küp}}^- = 16,36 \pm \frac{0.12}{\sqrt{24}} * 16,36, \text{ Üst sınır değer } 16,36+0,40= 16,76 \text{ N/mm}^2, \text{ Alt sınır değer } 16,36-0,40= 15,96 \text{ N/mm}^2,$$

$$\text{Değerlendirme: } f_{y, g} = \frac{f_{\text{proje}}}{\gamma_m} = \frac{22.5}{1.5} = 15,0 \text{ N/mm}^2, \gamma_m = 1.5 \text{ malzeme katsayısı, } f_{y, \text{ küp, alt}}^- = 15,96 \text{ N/mm}^2 > f_{y, g} = 15,0 \text{ N/mm}^2$$

**Ek-2.31.** Bina 12-94 mm karot beton basınç deneyi sonuçları

Örnek no	Örnek yeri	Perde no/Kolon no	Perde/Kolon	Boy (mm)	Çap (mm)	Narinlik sayısı $\lambda$	Kırılma kuvveti (N) $P_K$	Karot dayanımı $f_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	Yerinde dayanım $f_{y, küp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Proje beton basınç dayanımı $f_{proje, küp}$ (N/mm <sup>2</sup> )
1	Zemin Kat	1	Kolon	195	94	2,07	74458	10,73	13,53	22,5
2		1	Perde	193	94	2,05	113306	16,34	20,54	
3		2	Kolon	196	94	2,09	122233	17,62	22,27	

$f_c = \frac{P}{A}$  N/mm<sup>2</sup>, Karot kesit alanı  $A=0,785d^2= 6936 \text{ mm}^2$ ,  $f_{y, küp} = \frac{2.5f_\lambda}{1.5 + \frac{1}{\lambda}}$ , Ortalama yerinde dayanımı  $f_{y, küp}^- = 18,78 \text{ N/mm}^2$  (150 mm küp dayanımı)

Standart sapma  $s = \sqrt{\frac{\sum (f_i - \bar{f}_y)^2}{n-1}} = 4,63 \text{ N/mm}^2$ , Değişkenlik katsayısı  $V = \frac{s}{\bar{f}_{y, küp}} \times 100 = \% 24,63 \text{ N/mm}^2$ , Ortalamanın % 95 güven derecesi için alt ve üst

sınır değerler

$f_{y, küp}^- \pm \frac{0.12}{\sqrt{n}} * f_{y, küp}^- = 18,78 \pm \frac{0.12}{\sqrt{3}} * 18,78$ , Üst sınır değer  $18,78+1,30= 20,08 \text{ N/mm}^2$ , Alt sınır değer  $18,78-1,30= 17,48 \text{ N/mm}^2$ ,

**Değerlendirme:**  $f_{y, g} = \frac{f_{proje}}{\gamma_m} = \frac{22.5}{1.5} = 15,0 \text{ N/mm}^2$ ,  $\gamma_m = 1.5$  malzeme katsayısı,  $f_{y, küp, alt}^- = 17,48 \text{ N/mm}^2 > f_{y, g} = 15,0 \text{ N/mm}^2$

Ek-2.32. Bina 12-64 mm karot beton basınç deneyi sonuçları

Örnek no	Örnek yeri	Perde no/Kolon no	Perde/Kolon	Boy (mm)	Çap (mm)	Narinlik sayısı $\lambda$	Kırılma kuvveti (N) $P_K$	Karot dayanımı $f_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	Yerinde dayanım $f_{y, küp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Proje beton basınç dayanımı $f_{proje, küp}$ (N/mm <sup>2</sup> )
4	Zemin Kat	3	Kolon	132	64	2,06	38455	11,96	15,06	22,5
5		2	Perde	134	64	2,09	32864	10,22	12,92	
6		4	Kolon	134	64	2,09	32667	10,16	12,84	

$f_c = \frac{P}{A}$  N/mm<sup>2</sup>, Karot kesit alanı  $A=0,785d^2= 3215 \text{ mm}^2$ ,  $f_{y, küp} = \frac{2.5f_c}{1.5 + \frac{1}{\lambda}}$ , Ortalama yerinde dayanımı  $f_{y, küp}^- = 13,60 \text{ N/mm}^2$  (150 mm küp dayanımı)

Standart sapma  $s = \sqrt{\frac{\sum (f_i - \bar{f}_y)^2}{n-1}} = 1,26 \text{ N/mm}^2$ , Değişkenlik katsayısı  $V = \frac{s}{\bar{f}_{y, küp}} \times 100 = \% 9,27 \text{ N/mm}^2$ , Ortalamının % 95 güven derecesi için alt ve üst

sınır değerler

$f_{y, küp}^- \pm \frac{0.12}{\sqrt{n}} * f_{y, küp}^- = 13,60 \pm \frac{0.12}{\sqrt{3}} * 13,60$ , Üst sınır değer  $13,60+0,94= 14,54 \text{ N/mm}^2$ , Alt sınır değer  $13,60-0,94= 12,66 \text{ N/mm}^2$ ,

**Değerlendirme:**  $f_{y, g} = \frac{f_{proje}}{\gamma_m} = \frac{22.5}{1.5} = 15,0 \text{ N/mm}^2$ ,  $\gamma_m = 1.5$  malzeme katsayısı,  $f_{y, küp, alt}^- = 12,66 \text{ N/mm}^2 < f_{y, g} = 15,0 \text{ N/mm}^2$

Ek-2.33. Bina 12-28 mm karot beton basınç deneyi sonuçları

Örnek no	Örnek yeri	Perde no/Kolon no	Perde/Kolon	Boy (mm)	Çap (mm)	Narinlik sayısı $\lambda$	Kırılma kuvveti (N) $P_K$	Karot dayanımı $f_c$ , (N/mm <sup>2</sup> )	Yerinde dayanım $f_{y, k\ddot{u}p}$ , (N/mm <sup>2</sup> )	Proje beton basınç dayanımı $f_{proje, k\ddot{u}p}$ (N/mm <sup>2</sup> )
1	Zemin kat	1	Kolon	56	25,3	2,21	6308	10,25	13,12	22,5
2		1	Kolon	28,2	25,2	1,12	11066	17,98	18,79	
3		1	Kolon	27,9	25,8	1,08	14440	23,46	24,18	
4		1	Kolon	28	25,7	1,09	5641	9,17	9,48	
5		2	Kolon	56	25,7	2,18	7269	11,81	15,08	
6		2	Kolon	28,5	25,6	1,11	5003	8,13	8,46	
7		2	Kolon	28,7	25,6	1,12	6033	9,80	10,24	
8		2	Kolon	28,4	25,6	1,11	7554	12,27	12,78	
9		2	Kolon	28,6	25,7	1,11	7308	11,88	12,37	
10		3	Kolon	55,9	25,5	2,19	8760	14,23	18,19	
11		3	Kolon	28,8	25,9	1,11	4002	6,50	6,77	
12		3	Kolon	28,8	25,5	1,13	3120	5,07	5,31	
13		1	Perde	56	25,5	2,20	7730	12,56	16,07	
14		1	Perde	28,1	25,3	1,11	4042	6,57	6,84	
15		1	Perde	28,5	25,4	1,12	9751	15,84	16,55	
16		1	Perde	28	25,2	1,11	5248	8,53	8,88	
17		2	Perde	56	25,5	2,20	5994	9,74	12,46	
18		2	Perde	28,5	25,5	1,12	7622	12,39	12,94	
19		2	Perde	28,5	25,5	1,12	3541	5,75	6,01	
20		2	Perde	28	25,5	1,10	5464	8,88	9,21	
21		2	Perde	28,8	25,5	1,13	7377	11,99	12,56	
22		4	Kolon	56	25,6	2,19	6592	10,71	13,69	
23		4	Kolon	28,5	25,5	1,12	4611	7,49	7,83	
24		4	Kolon	28,3	25,7	1,10	6592	10,71	11,12	
25		4	Kolon	28,4	25,6	1,11	8123	13,20	13,74	

**Ek-2.33.** (devamı)

$$f_x = \frac{P}{A} \text{ N/mm}^2, \text{ Karot kesit alanı } A=0,785d^2=615 \text{ mm}^2, f_{y, \text{ küp}} = \frac{2.5f_\lambda}{1.5 + \frac{1}{\lambda}}, \text{ Ortalama yerinde dayanımı } \bar{f}_{y, \text{ küp}} = 12,11 \text{ N/mm}^2 \text{ (150 mm küp dayanımı)}$$

$$\text{Standart sapma } s = \sqrt{\frac{\sum (f_i - \bar{f}_y)^2}{n-1}} = 4,47 \text{ N/mm}^2, \text{ Değişkenlik katsayısı } V = \frac{s}{\bar{f}_{y, \text{ küp}}} \times 100 = \% 36,96 \text{ N/mm}^2, \text{ Ortalamanın \% 95 güven derecesi için alt ve üst}$$

sınır değerler

$$\bar{f}_{y, \text{ küp}} \pm \frac{0.12}{\sqrt{n}} * \bar{f}_{y, \text{ küp}} = 12,11 \pm \frac{0.12}{\sqrt{25}} * 12,11, \text{ Üst sınır değer } 12,11+0,29=12,40 \text{ N/mm}^2, \text{ Alt sınır değer } 12,11-0,29=11,82 \text{ N/mm}^2,$$

$$\text{Değerlendirme: } f_{y, g} = \frac{f_{\text{proje}}}{\gamma_m} = \frac{22.5}{1.5} = 15,0 \text{ N/mm}^2, \gamma_m = 1.5 \text{ malzeme katsayısı, } \bar{f}_{y, \text{ küp, alt}} = 11,82 \text{ N/mm}^2 < f_{y, g} = 15,0 \text{ N/mm}^2$$

Ek-2.34. Bina 13-94 mm karot beton basınç deneyi sonuçları

Örnek no	Örnek yeri	Perde no/Kolon no	Perde/Kolon	Boy (mm)	Çap (mm)	Narinlik sayısı $\lambda$	Kırılma kuvveti (N) $P_K$	Karot dayanımı $f_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	Yerinde dayanım $f_{y, küp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Proje beton basınç dayanımı $f_{proje, küp}$ (N/mm <sup>2</sup> )
1	Zemin Kat	1	Kolon	98	94	1,04	106733	15,39	15,63	22,5
2		1	Kolon	94	94	1,00	117818	16,99	16,99	
3		2	Kolon	193	94	2,05	87603	12,63	15,88	
4		3	Kolon	196	94	2,09	101828	14,68	18,55	

$f_c = \frac{P}{A}$  N/mm<sup>2</sup>, Karot kesit alanı  $A=0,785d^2=6936 \text{ mm}^2$ ,  $f_{y, küp} = \frac{2.5f_\lambda}{1.5 + \frac{1}{\lambda}}$ , Ortalama yerinde dayanımı  $f_{y, küp}^- = 16,76 \text{ N/mm}^2$  (150 mm küp dayanımı)

Standart sapma  $s = \sqrt{\frac{\sum (f_i - \bar{f}_y)^2}{n-1}} = 1,33 \text{ N/mm}^2$ , Değişkenlik katsayısı  $V = \frac{s}{\bar{f}_{y, küp}} \times 100 = \% 7,93 \text{ N/mm}^2$ , Ortalamannın % 95 güven derecesi için alt ve üst

sınır değerler

$f_{y, küp}^- \pm \frac{0.12}{\sqrt{n}} * f_{y, küp}^- = 16,76 \pm \frac{0.12}{\sqrt{4}} * 16,76$ , Üst sınır değer  $16,76+1,01=17,77 \text{ N/mm}^2$ , Alt sınır değer  $16,76-1,01=15,75 \text{ N/mm}^2$ ,

**Değerlendirme:**  $f_{y, g} = \frac{f_{proje}}{\gamma_m} = \frac{22.5}{1.5} = 15,0 \text{ N/mm}^2$ ,  $\gamma_m = 1.5$  malzeme katsayısı,  $f_{y, küp, alt}^- = 15,75 \text{ N/mm}^2 > f_{y, g} = 15,0 \text{ N/mm}^2$

Ek-2.35. Bina 13-64 mm karot beton basınç deneyi sonuçları

Örnek no	Örnek yeri	Perde no/Kolon no	Perde/Kolon	Boy (mm)	Çap (mm)	Narinlik sayısı $\lambda$	Kırılma kuvveti (N) $P_K$	Karot dayanımı $f_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	Yerinde dayanım $f_{y, küp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Proje beton basınç dayanımı $f_{proje, küp}$ (N/mm <sup>2</sup> )
5	Zemin Kat	4	Kolon	132	64	2,06	36493	11,35	14,29	22,5
6		4	Kolon	79	64	1,23	44930	13,97	15,10	
7		1	Perde	134	64	2,09	54053	16,81	21,24	
8		1	Perde	66	64	1,03	45322	14,10	14,26	
9		5	Kolon	100	64	1,56	45617	14,19	16,57	

$f_c = \frac{P}{A}$  N/mm<sup>2</sup>, Karot kesit alanı  $A=0,785d^2= 3215 \text{ mm}^2$ ,  $f_{y, küp} = \frac{2.5f_c}{1.5 + \frac{1}{\lambda}}$ , Ortalama yerinde dayanımı  $f_{y, küp}^- = 16,29 \text{ N/mm}^2$  (150 mm küp dayanımı)

Standart sapma  $s = \sqrt{\frac{\sum (f_i - \bar{f}_y)^2}{n-1}} = 2,92 \text{ N/mm}^2$ , Değişkenlik katsayısı  $V = \frac{s}{\bar{f}_{y, küp}} \times 100 = \% 17,93 \text{ N/mm}^2$ , Ortalamanın % 95 güven derecesi için alt ve üst

sınır değerler

$f_{y, küp}^- \pm \frac{0.12}{\sqrt{n}} * f_{y, küp}^- = 16,29 \pm \frac{0.12}{\sqrt{5}} * 16,29$ , Üst sınır değer  $16,29+0,87= 17,16 \text{ N/mm}^2$ , Alt sınır değer  $16,29-0,87= 15,42 \text{ N/mm}^2$ ,

**Değerlendirme:**  $f_{y, g} = \frac{f_{proje}}{\gamma_m} = \frac{22.5}{1.5} = 15,0 \text{ N/mm}^2$ ,  $\gamma_m = 1.5$  malzeme katsayısı,  $f_{y, küp, alt}^- = 15,42 \text{ N/mm}^2 > f_{y, g} = 15,0 \text{ N/mm}^2$

**Ek-2.36.** Bina 13-28 mm karot beton basınç deneyi sonuçları

Örnek no	Örnek yeri	Perde no/Kolon no	Perde/Kolon	Boy (mm)	Çap (mm)	Narinlik sayısı $\lambda$	Kırılma kuvveti (N) $P_K$	Karot dayanımı $f_c$ , (N/mm <sup>2</sup> )	Yerinde dayanım $f_{y, k\ddot{u}p}$ , (N/mm <sup>2</sup> )	Proje beton basınç dayanımı $f_{proje, k\ddot{u}p}$ (N/mm <sup>2</sup> )
1	Zemin kat	1	Kolon	56	25,5	2,20	7132	11,59	14,82	22,5
2		1	Kolon	28,3	25,5	1,11	5101	8,29	8,63	
3		1	Kolon	28,2	25,2	1,12	2443	3,97	4,15	
4		2	Kolon	56	25,5	2,20	6131	9,96	12,74	
5		2	Kolon	28,2	25,5	1,11	5749	9,34	9,73	
6		2	Kolon	28,5	25,5	1,12	2904	4,72	4,93	
7		2	Kolon	28,5	25,8	1,10	3051	4,96	5,14	
8		3	Kolon	56	25,5	2,20	5209	8,46	10,83	
9		3	Kolon	28,2	25,5	1,11	7554	12,27	12,78	
10		3	Kolon	28,2	25,5	1,11	9682	15,73	16,38	
11		3	Kolon	28,3	25,5	1,11	6622	10,76	11,20	
12		4	Kolon	28,3	25,5	1,11	4464	7,25	7,55	
13		1	Perde	56	25,5	2,20	6847	11,13	14,23	
14		1	Perde	29	25,9	1,12	7848	12,75	13,32	
15		1	Perde	28,5	25,5	1,12	7701	12,51	13,07	
16		1	Perde	28,5	25,8	1,10	4110	6,68	6,93	
17		5	Kolon	55,9	25,8	2,17	4464	7,25	9,25	
18		5	Kolon	28	25,5	1,10	4464	7,25	7,53	
19		5	Kolon	28,2	25,5	1,11	8368	13,60	14,16	

**Ek-2.36.** (devamı)

$$f_x = \frac{P}{A} \text{ N/mm}^2, \text{ Karot kesit alanı } A=0,785d^2=615 \text{ mm}^2, f_{y, \text{küp}} = \frac{2.5f_\lambda}{1.5 + \frac{1}{\lambda}}, \text{ Ortalama yerinde dayanımı } \bar{f}_{y, \text{küp}} = 10,39 \text{ N/mm}^2 \text{ (150 mm küp dayanımı)}$$

$$\text{Standart sapma } s = \sqrt{\frac{\sum (f_i - \bar{f}_y)^2}{n-1}} = 3,66 \text{ N/mm}^2, \text{ Değişkenlik katsayısı } V = \frac{s}{\bar{f}_{y, \text{küp}}} \times 100 = \% 35,28 \text{ N/mm}^2, \text{ Ortalamanın \% 95 güven derecesi için}$$

alt ve üst sınır değerler

$$\bar{f}_{y, \text{küp}} \pm \frac{0.12}{\sqrt{n}} * \bar{f}_{y, \text{küp}} = 10,39 \pm \frac{0.12}{\sqrt{19}} * 10,39, \text{ Üst sınır değer } 10,39+0,29=10,68 \text{ N/mm}^2, \text{ Alt sınır değer } 10,39-0,29=10,10 \text{ N/mm}^2,$$

$$\text{Değerlendirme: } f_{y, g} = \frac{f_{\text{proje}}}{\gamma_m} = \frac{22.5}{1.5} = 15,0 \text{ N/mm}^2, \gamma_m = 1.5 \text{ malzeme katsayısı, } \bar{f}_{y, \text{küp, alt}} = 10,10 \text{ N/mm}^2 < f_{y, g} = 15,0 \text{ N/mm}^2$$

Ek-2.37. Bina 14-64 mm karot beton basınç deneyi sonuçları

Örnek no	Örnek yeri	Perde no/Kolon no	Perde/Kolon	Boy (mm)	Çap (mm)	Narinlik sayısı $\lambda$	Kırılma kuvveti (N) $P_K$	Karot dayanımı $f_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	Yerinde dayanım $f_{y, küp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Proje beton basınç dayanımı $f_{proje, küp}$ (N/mm <sup>2</sup> )
1	Zemin Kat	1	Kolon	132	64	2,06	28940	9,00	11,33	22,5
2		1	Kolon	71	64	1,11	23446	7,29	7,59	
3		1	Perde	134	64	2,09	28351	8,82	11,14	
4		2	Kolon	134	64	2,09	27664	8,60	10,87	
5		2	Kolon	64	64	1,00	36395	11,32	11,32	

$f_c = \frac{P}{A}$  N/mm<sup>2</sup>, Karot kesit alanı  $A=0,785d^2= 3215 \text{ mm}^2$ ,  $f_{y, küp} = \frac{2.5f_\lambda}{1.5 + \frac{1}{\lambda}}$ , Ortalama yerinde dayanımı  $f_{y, küp}^- = 10,45 \text{ N/mm}^2$  (150 mm küp dayanımı)

Standart sapma  $s = \sqrt{\frac{\sum (f_i - \bar{f}_y)^2}{n-1}} = 1,61 \text{ N/mm}^2$ , Değişkenlik katsayısı  $V = \frac{s}{\bar{f}_{y, küp}} \times 100 = \% 15,39 \text{ N/mm}^2$ , Ortalamanın % 95 güven derecesi için alt ve üst

sınır değerler

$f_{y, küp}^- \pm \frac{0.12}{\sqrt{n}} * f_{y, küp}^- = 10,45 \pm \frac{0.12}{\sqrt{5}} * 10,45$ , Üst sınır değer  $10,45+0,56= 11,01 \text{ N/mm}^2$ , Alt sınır değer  $10,45-0,56= 9,89 \text{ N/mm}^2$ ,

**Değerlendirme:**  $f_{y, g} = \frac{f_{proje}}{\gamma_m} = \frac{22.5}{1.5} = 15,0 \text{ N/mm}^2$ ,  $\gamma_m = 1.5$  malzeme katsayısı,  $f_{y, küp, alt}^- = 9,89 \text{ N/mm}^2 < f_{y, g} = 15,0 \text{ N/mm}^2$

Ek-2.38. Bina 14-28 mm karot beton basınç deneyi sonuçları

Örnek no	Örnek yeri	Perde no/Kolon no	Perde/Kolon	Boy (mm)	Çap (mm)	Narinlik sayısı $\lambda$	Kırılma kuvveti (N) $P_K$	Karot dayanımı $f_{\lambda}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Yerinde dayanım $f_{y, küp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Proje beton basınç dayanımı $f_{proje, küp}$ (N/mm <sup>2</sup> )
1	Zemin kat	1	Kolon	55,8	25,4	2,20	4150	6,74	8,62	22,5
2		1	Kolon	28,1	25,3	1,11	2766	4,50	4,68	
3		1	Kolon	28,6	25,5	1,12	3541	5,75	6,01	
4		1	Kolon	28,7	25,9	1,11	3512	5,71	5,94	
5		1	Perde	56	25,5	2,20	5288	8,59	10,99	
6		1	Perde	28	25,5	1,10	3620	5,88	6,10	
7		1	Perde	29	25,5	1,14	2766	4,50	4,73	
8		1	Perde	28,3	25,5	1,11	2659	4,32	4,50	
9		1	Perde	28,9	25,5	1,13	3581	5,82	6,10	
10		2	Kolon	55,5	25,7	2,16	6985	11,35	14,45	
11		2	Kolon	27,8	25,7	1,08	2766	4,50	4,63	

$$f_{\lambda} = \frac{P}{A} \text{ N/mm}^2, \text{ Karot kesit alanı } A=0,785d^2= 615 \text{ mm}^2, f_{y, küp} = \frac{2.5 f_{\lambda}}{1.5 + \frac{1}{\lambda}}, \text{ Ortalama yerinde dayanımı } \bar{f}_{y, küp} = 6,98 \text{ N/mm}^2 \text{ (150 mm küp dayanımı)}$$

$$\text{Standart sapma } s = \sqrt{\frac{\sum (f_i - \bar{f}_y)^2}{n-1}} = 3,17 \text{ N/mm}^2, \text{ Değişkenlik katsayısı } V = \frac{s}{\bar{f}_{y, küp}} \times 100 = \% 45,37 \text{ N/mm}^2, \text{ Ortalamanın \% 95 güven derecesi için alt ve üst}$$

sınır değerler

$$\bar{f}_{y, küp} \pm \frac{0.12}{\sqrt{n}} * \bar{f}_{y, küp} = 6,98 \pm \frac{0.12}{\sqrt{11}} * 6,98, \text{ Üst sınır değer } 6,98+0,25= 7,23 \text{ N/mm}^2, \text{ Alt sınır değer } 6,98-0,25= 6,73 \text{ N/mm}^2,$$

$$\text{Değerlendirme: } f_{y, g} = \frac{f_{proje}}{\gamma_m} = \frac{22.5}{1.5} = 15,0 \text{ N/mm}^2, \gamma_m = 1.5 \text{ malzeme katsayısı, } \bar{f}_{y, küp, alt} = 6,73 \text{ N/mm}^2 < f_{y, g} = 15,0 \text{ N/mm}^2$$

Ek-2.39. Bina 15-94 mm karot beton basınç deneyi sonuçları

Örnek no	Örnek yeri	Perde no/Kolon no	Perde/Kolon	Boy (mm)	Çap (mm)	Narinlik sayısı $\lambda$	Kırılma kuvveti (N) $P_K$	Karot dayanımı $f_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	Yerinde dayanım $f_{y, küp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Proje beton basınç dayanımı $f_{proje, küp}$ (N/mm <sup>2</sup> )
1	Zemin Kat	1	Kolon	194	94	2,06	151565	21,85	27,51	22,5
2		1	Perde	192	94	2,04	157352	22,69	28,50	
3		2	Kolon	194	94	2,06	149799	21,60	27,19	

$f_c = \frac{P}{A}$  N/mm<sup>2</sup>, Karot kesit alanı  $A=0,785d^2=6936 \text{ mm}^2$ ,  $f_{y, küp} = \frac{2.5f_\lambda}{1.5 + \frac{1}{\lambda}}$ , Ortalama yerinde dayanımı  $f_{y, küp}^- = 27,73 \text{ N/mm}^2$  (150 mm küp dayanımı)

Standart sapma  $s = \sqrt{\frac{\sum (f_i - \bar{f}_y)^2}{n-1}} = 0,68 \text{ N/mm}^2$ , Değişkenlik katsayısı  $V = \frac{s}{\bar{f}_{y, küp}} \times 100 = \% 2,45 \text{ N/mm}^2$ , Ortalamannın % 95 güven derecesi için alt ve üst

sınır değerler

$f_{y, küp}^- \pm \frac{0.12}{\sqrt{n}} * f_{y, küp}^- = 27,73 \pm \frac{0.12}{\sqrt{3}} * 27,73$ , Üst sınır değer  $27,73+1,92=29,65 \text{ N/mm}^2$ , Alt sınır değer  $27,73-1,92=25,81 \text{ N/mm}^2$ ,

**Değerlendirme:**  $f_{y, g} = \frac{f_{proje}}{\gamma_m} = \frac{22.5}{1.5} = 15,0 \text{ N/mm}^2$ ,  $\gamma_m = 1.5$  malzeme katsayısı,  $f_{y, küp, alt}^- = 25,81 \text{ N/mm}^2 > f_{y, g} = 15,0 \text{ N/mm}^2$

Ek-2.40. Bina 15-64 mm karot beton basınç deneyi sonuçları

Örnek no	Örnek yeri	Perde no/Kolon no	Perde/Kolon	Boy (mm)	Çap (mm)	Narinlik sayısı $\lambda$	Kırılma kuvveti (N) $P_K$	Karot dayanımı $f_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	Yerinde dayanım $f_{y, küp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Proje beton basınç dayanımı $f_{proje, küp}$ (N/mm <sup>2</sup> )
4	Zemin Kat	3	Kolon	132	64	2,06	46401	14,43	18,17	22,5
5		3	Kolon	68	64	1,06	81521	25,35	25,94	
6		2	Perde	134	64	2,09	63373	19,71	24,90	
7		4	Kolon	132	64	2,06	62588	19,47	24,51	
8		4	Kolon	64	64	1,00	58468	18,18	18,18	

$f_c = \frac{P}{A}$  N/mm<sup>2</sup>, Karot kesit alanı  $A=0,785d^2= 3215 \text{ mm}^2$ ,  $f_{y, küp} = \frac{2.5f_\lambda}{1.5 + \frac{1}{\lambda}}$ , Ortalama yerinde dayanımı  $f_{y, küp}^- = 22,34 \text{ N/mm}^2$  (150 mm küp dayanımı)

Standart sapma  $s = \sqrt{\frac{\sum (f_i - \bar{f}_y)^2}{n-1}} = 3,84 \text{ N/mm}^2$ , Değişkenlik katsayısı  $V = \frac{s}{\bar{f}_{y, küp}} \times 100 = \% 17,18 \text{ N/mm}^2$ , Ortalamanın % 95 güven derecesi için alt ve üst

sınır değerler

$f_{y, küp}^- \pm \frac{0.12}{\sqrt{n}} * f_{y, küp}^- = 22,34 \pm \frac{0.12}{\sqrt{5}} * 22,34$ , Üst sınır değer  $22,34+1,20= 23,54 \text{ N/mm}^2$ , Alt sınır değer  $22,34-1,20= 21,14 \text{ N/mm}^2$ ,

**Değerlendirme:**  $f_{y, g} = \frac{f_{proje}}{\gamma_m} = \frac{22.5}{1.5} = 15,0 \text{ N/mm}^2$ ,  $\gamma_m = 1.5$  malzeme katsayısı,  $f_{y, küp, alt}^- = 21,14 \text{ N/mm}^2 > f_{y, g} = 15,0 \text{ N/mm}^2$

**Ek-2.41.** Bina 15-28 mm karot beton basınç deneyi sonuçları

Örnek no	Örnek yeri	Perde no/Kolon no	Perde/Kolon	Boy (mm)	Çap (mm)	Narinlik sayısı $\lambda$	Kırılma kuvveti (N) $P_K$	Karot dayanımı $f_c$ , (N/mm <sup>2</sup> )	Yerinde dayanım $f_{y, k\ddot{u}p}$ , (N/mm <sup>2</sup> )	Proje beton basınç dayanımı $f_{proje, k\ddot{u}p}$ (N/mm <sup>2</sup> )
1	Zemin kat	1	Kolon	56	25,6	2,19	10399	16,90	21,59	22,5
2		1	Kolon	28,5	25,8	1,10	10183	16,55	17,17	
3		1	Kolon	28,5	25,5	1,12	5602	9,10	9,51	
4		1	Kolon	28,5	25,7	1,11	10006	16,26	16,93	
5		1	Kolon	28,4	25,7	1,11	9967	16,19	16,86	
6		2	Kolon	55,9	25,5	2,19	12351	20,07	25,64	
7		2	Kolon	28,3	25,5	1,11	12910	20,98	21,84	
8		2	Kolon	28,6	25,5	1,12	8015	13,02	13,61	
9		2	Kolon	28,2	25,5	1,11	7053	11,46	11,93	
10		3	Kolon	56	25,7	2,18	9506	15,45	19,71	
11		3	Kolon	28,2	25,8	1,09	5749	9,34	9,66	
12		3	Kolon	28,2	25,5	1,11	8368	13,60	14,16	
13		3	Kolon	28,5	25,7	1,11	7338	11,92	12,42	
14		4	Kolon	56	25,5	2,20	9398	15,27	19,53	
15		4	Kolon	28,5	25,5	1,12	11605	18,86	19,70	
16		4	Kolon	28,5	25,5	1,12	12380	20,12	21,02	
17		4	Kolon	28,5	25,7	1,11	3973	6,46	6,72	
18		4	Kolon	28,5	25,5	1,12	7838	12,74	13,31	
19		1	Perde	56	25,6	2,19	9261	15,05	19,23	
20		1	Perde	28,5	25,7	1,11	9751	15,84	16,50	
21		1	Perde	28,5	26	1,10	12527	20,36	21,12	
22		1	Perde	28,9	25,9	1,12	8692	14,12	14,76	
23		1	Perde	56	25,5	2,20	10359	16,83	21,53	
24		1	Perde	28	25,5	1,10	5003	8,13	8,44	
25		1	Perde	28,5	25,6	1,11	5356	8,70	9,06	
26		1	Perde	28,5	25,5	1,12	9722	15,80	16,50	
27		1	Perde	28,1	25,5	1,10	5994	9,74	10,11	

**Ek-2.41.** (devamı)

$$f_x = \frac{P}{A} \text{ N/mm}^2, \text{ Karot kesit alanı } A=0,785d^2=615 \text{ mm}^2, f_{y, \text{ küp}} = \frac{2.5f_\lambda}{1.5 + \frac{1}{\lambda}}, \text{ Ortalama yerinde dayanımı } \bar{f}_{y, \text{ küp}} = 15,87 \text{ N/mm}^2 \text{ (150 mm küp dayanımı)}$$

$$\text{Standart sapma } s = \sqrt{\frac{\sum (f_i - \bar{f}_y)^2}{n-1}} = 5,00 \text{ N/mm}^2, \text{ Değişkenlik katsayısı } V = \frac{s}{\bar{f}_{y, \text{ küp}}} \times 100 = \% 31,49 \text{ N/mm}^2, \text{ Ortalamanın \% 95 güven derecesi için alt ve üst}$$

sınır değerler

$$\bar{f}_{y, \text{ küp}} \pm \frac{0.12}{\sqrt{n}} * \bar{f}_{y, \text{ küp}} = 15,87 \pm \frac{0.12}{\sqrt{27}} * 15,87, \text{ Üst sınır değer } 15,87+0,37= 16,24 \text{ N/mm}^2, \text{ Alt sınır değer } 15,87-0,37= 15,50 \text{ N/mm}^2,$$

$$\text{Değerlendirme: } f_{y, g} = \frac{f_{\text{proje}}}{\gamma_m} = \frac{22.5}{1.5} = 15,0 \text{ N/mm}^2, \gamma_m = 1.5 \text{ malzeme katsayısı, } \bar{f}_{y, \text{ küp, alt}} = 15,50 \text{ N/mm}^2 > f_{y, g} = 15,0 \text{ N/mm}^2$$

**Ek-2.42.** Bina 16-94 mm karot beton basınç deneyi sonuçları

Örnek no	Örnek yeri	Perde no/Kolon no	Perde/Kolon	Boy (mm)	Çap (mm)	Narinlik sayısı $\lambda$	Kırılma kuvveti (N) $P_K$	Karot dayanımı $f_{i,s}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Yerinde dayanım $f_{y, küp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Proje beton basınç dayanımı $f_{proje, küp}$ (N/mm <sup>2</sup> )
1	Zemin Kat	1	Kolon	145	94	1,54	91625	13,21	15,36	22,5
2		1	Perde	196	94	2,09	93097	13,42	16,96	
3		2	Kolon	196	94	2,09	63078	9,09	11,49	

$f_{i,s} = \frac{P}{A}$  N/mm<sup>2</sup>, Karot kesit alanı  $A=0,785d^2= 6936 \text{ mm}^2$ ,  $f_{y, küp} = \frac{2.5f_{i,s}}{1.5 + \frac{1}{\lambda}}$ , Ortalama yerinde dayanımı  $f_{y, küp}^- = 14,61 \text{ N/mm}^2$  (150 mm küp dayanımı)

Standart sapma  $s = \sqrt{\frac{\sum (f_i - \bar{f}_y)^2}{n-1}} = 2,81 \text{ N/mm}^2$ , Değişkenlik katsayısı  $V = \frac{s}{\bar{f}_{y, küp}} \times 100 = \% 19,26 \text{ N/mm}^2$ , Ortalamanın % 95 güven derecesi için alt ve üst

sınır değerler

$f_{y, küp}^- \pm \frac{0.12}{\sqrt{n}} * f_{y, küp}^- = 14,61 \pm \frac{0.12}{\sqrt{3}} * 14,61$ , Üst sınır değer  $14,61+1,01= 15,62 \text{ N/mm}^2$ , Alt sınır değer  $14,61-1,01= 13,60 \text{ N/mm}^2$ ,

**Değerlendirme:**  $f_{y,g} = \frac{f_{proje}}{\gamma_m} = \frac{22.5}{1.5} = 15,0 \text{ N/mm}^2$ ,  $\gamma_m = 1.5$  malzeme katsayısı,  $f_{y, küp, alt}^- = 13,60 \text{ N/mm}^2 < f_{y,g} = 15,0 \text{ N/mm}^2$

Ek-2.43. Bina 16-64 mm karot beton basınç deneyi sonuçları

Örnek no	Örnek yeri	Perde no/Kolon no	Perde/Kolon	Boy (mm)	Çap (mm)	Narinlik sayısı $\lambda$	Kırılma kuvveti (N) $P_K$	Karot dayanımı $f_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	Yerinde dayanım $f_{y, küp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Proje beton basınç dayanımı $f_{proje, küp}$ (N/mm <sup>2</sup> )
4	Zemin Kat	3	Kolon	110	64	1,72	43360	13,49	16,20	22,5
5		2	Perde	134	64	2,09	33452	10,40	13,15	
6		4	Kolon	134	64	2,09	46990	14,61	18,47	

$f_c = \frac{P}{A}$  N/mm<sup>2</sup>, Karot kesit alanı  $A=0,785d^2= 3215 \text{ mm}^2$ ,  $f_{y, küp} = \frac{2.5f_\lambda}{1.5 + \frac{1}{\lambda}}$ , Ortalama yerinde dayanımı  $f_{y, küp}^- = 15,94 \text{ N/mm}^2$  (150 mm küp dayanımı)

Standart sapma  $s = \sqrt{\frac{\sum (f_i - \bar{f}_y)^2}{n-1}} = 2,67 \text{ N/mm}^2$ , Değişkenlik katsayısı  $V = \frac{s}{\bar{f}_{y, küp}} \times 100 = \% 16,75 \text{ N/mm}^2$ , Ortalamanın % 95 güven derecesi için alt ve üst

sınır değerler

$f_{y, küp}^- \pm \frac{0.12}{\sqrt{n}} * f_{y, küp}^- = 15,94 \pm \frac{0.12}{\sqrt{3}} * 15,94$ , Üst sınır değer  $15,94+1,10= 17,04 \text{ N/mm}^2$ , Alt sınır değer  $15,94-1,10= 14,84 \text{ N/mm}^2$ ,

**Değerlendirme:**  $f_{y, g} = \frac{f_{proje}}{\gamma_m} = \frac{22.5}{1.5} = 15,0 \text{ N/mm}^2$ ,  $\gamma_m = 1.5$  malzeme katsayısı,  $f_{y, küp, alt}^- = 14,84 \text{ N/mm}^2 < f_{y, g} = 15,0 \text{ N/mm}^2$

Ek-2.44. Bina 16-28 mm karot beton basınç deneyi sonuçları

Örnek no	Örnek yeri	Perde no/Kolon no	Perde/Kolon	Boy (mm)	Çap (mm)	Narinlik sayısı $\lambda$	Kırılma kuvveti (N) $P_K$	Karot dayanımı $f_c$ , (N/mm <sup>2</sup> )	Yerinde dayanım $f_{y, k\ddot{u}p}$ , (N/mm <sup>2</sup> )	Proje beton basınç dayanımı $f_{proje, k\ddot{u}p}$ (N/mm <sup>2</sup> )
1	Zemin kat	1	Perde	29	25,9	1,12	5602	9,10	9,51	22,5
2		1	Perde	28,9	26	1,11	3796	6,17	6,42	
3		1	Perde	28,5	25,5	1,12	7377	11,99	12,52	
4		1	Kolon	56	25,7	2,18	5817	9,45	12,06	
5		1	Kolon	28,5	25,7	1,11	7593	12,34	12,85	
6		1	Kolon	28,5	25,8	1,10	2796	4,54	4,71	
7		1	Kolon	28,5	25,9	1,10	8800	14,30	14,84	
8		2	Kolon	56	25,8	2,17	4002	6,50	8,29	
9		2	Kolon	27,9	25,5	1,09	7093	11,52	11,92	
10		2	Kolon	28,7	25,5	1,13	8339	13,55	14,20	
11		2	Perde	56	25,6	2,19	7269	11,81	15,09	
12		2	Perde	27	25,7	1,05	4719	7,67	7,82	
13		3	Kolon	56	25,6	2,19	7132	11,59	14,81	
14		3	Kolon	28,2	25,6	1,10	9006	14,63	15,18	
15		3	Kolon	28,5	25,7	1,11	8407	13,66	14,22	
16		3	Kolon	28,2	25,5	1,11	4542	7,38	7,68	
17		3	Kolon	28,7	25,8	1,11	5925	9,63	10,03	
18		4	Kolon	56	25,4	2,20	9506	15,45	19,76	
19		4	Kolon	28,5	25,5	1,12	3541	5,75	6,01	
20		4	Kolon	28,5	25,7	1,11	8083	13,13	13,68	
21		4	Kolon	27,5	25,9	1,06	9859	16,02	16,39	

**Ek-2.44.** (devamı)

$$f_{\lambda} = \frac{P}{A} \text{ N/mm}^2, \text{ Karot kesit alanı } A=0,785d^2= 615 \text{ mm}^2, f_{y, \text{küp}} = \frac{2.5 f_{\lambda}}{1.5 + \frac{1}{\lambda}}, \text{ Ortalama yerinde dayanımı } \bar{f}_{y, \text{küp}} = 11,81 \text{ N/mm}^2 \text{ (150 mm küp dayanımı)}$$

$$\text{Standart sapma } s = \sqrt{\frac{\sum (f_1 - \bar{f}_y)^2}{n-1}} = 3,92 \text{ N/mm}^2, \text{ Değişkenlik katsayısı } V = \frac{s}{\bar{f}_{y, \text{küp}}} \times 100 = \% 33,23 \text{ N/mm}^2, \text{ Ortalamanın \% 95 güven derecesi için alt ve üst}$$

sınır değerler

$$\bar{f}_{y, \text{küp}} \pm \frac{0.12}{\sqrt{n}} * \bar{f}_{y, \text{küp}} = 11,81 \pm \frac{0.12}{\sqrt{21}} * 11,81, \text{ Üst sınır değer } 11,81+0,31= 12,12 \text{ N/mm}^2, \text{ Alt sınır değer } 11,81-0,31= 11,50 \text{ N/mm}^2,$$

$$\text{Değerlendirme: } f_{y, g} = \frac{f_{\text{proje}}}{\gamma_m} = \frac{22.5}{1.5} = 15,0 \text{ N/mm}^2, \gamma_m = 1.5 \text{ malzeme katsayısı, } \bar{f}_{y, \text{küp, alt}} = 11,50 \text{ N/mm}^2 < f_{y, g} = 15,0 \text{ N/mm}^2$$

Ek-2.45. Bina 17-94 mm karot beton basınç deneyi sonuçları

Örnek no	Örnek yeri	Perde no/Kolon no	Perde/Kolon	Boy (mm)	Çap (mm)	Narinlik sayısı $\lambda$	Kırılma kuvveti (N) $P_K$	Karot dayanımı $f_{\lambda}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Yerinde dayanım $f_{y, küp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Proje beton basınç dayanımı $f_{proje, küp}$ (N/mm <sup>2</sup> )
1	Zemin Kat	1	Kolon	195	94	2,07	150093	21,64	27,28	22,5
2		1	Perde	189	94	2,01	120074	17,31	21,67	
3		2	Kolon	196	94	2,09	144403	20,82	26,31	

$f_{\lambda} = \frac{P}{A}$  N/mm<sup>2</sup>, Karot kesit alanı  $A=0,785d^2=6936 \text{ mm}^2$ ,  $f_{y, küp} = \frac{2.5f_{\lambda}}{1.5 + \frac{1}{\lambda}}$ , Ortalama yerinde dayanımı  $f_{y, küp}^- = 25,08 \text{ N/mm}^2$  (150 mm küp dayanımı)

Standart sapma  $s = \sqrt{\frac{\sum (f_i - \bar{f}_y)^2}{n-1}} = 3,00 \text{ N/mm}^2$ , Değişkenlik katsayısı  $V = \frac{s}{\bar{f}_{y, küp}} \times 100 = \% 11,96 \text{ N/mm}^2$ , Ortalamanın % 95 güven derecesi için alt ve üst

sınır değerler

$f_{y, küp}^- \pm \frac{0.12}{\sqrt{n}} * f_{y, küp}^- = 25,08 \pm \frac{0.12}{\sqrt{3}} * 25,08$ , Üst sınır değer  $25,08+1,74= 26,82 \text{ N/mm}^2$ , Alt sınır değer  $25,08-1,74= 23,34 \text{ N/mm}^2$ ,

**Değerlendirme:**  $f_{y, g} = \frac{f_{proje}}{\gamma_m} = \frac{22.5}{1.5} = 15,0 \text{ N/mm}^2$ ,  $\gamma_m = 1.5$  malzeme katsayısı,  $f_{y, küp, alt}^- = 23,34 \text{ N/mm}^2 > f_{y, g} = 15,0 \text{ N/mm}^2$

Ek-2.46. Bina 17-64 mm karot beton basınç deneyi sonuçları

Örnek no	Örnek yeri	Perde no/Kolon no	Perde/Kolon	Boy (mm)	Çap (mm)	Narinlik sayısı $\lambda$	Kırılma kuvveti (N) $P_K$	Karot dayanımı $f_{\lambda}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Yerinde dayanım $f_{y, küp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Proje beton basınç dayanımı $f_{proje, küp}$ (N/mm <sup>2</sup> )
4	Zemin Kat	3	Kolon	134	64	2,09	44439	13,82	17,46	22,5
5		3	Kolon	68	64	1,06	62980	19,59	20,04	
6		2	Perde	132	64	2,06	56408	17,54	22,09	
7		2	Perde	65	64	1,02	75243	23,40	23,59	
8		4	Kolon	134	64	2,09	47382	14,74	18,62	
9		4	Kolon	68	64	1,06	87211	27,12	27,75	

$f_{\lambda} = \frac{P}{A}$  N/mm<sup>2</sup>, Karot kesit alanı  $A=0,785d^2= 3215 \text{ mm}^2$ ,  $f_{y, küp} = \frac{2.5f_{\lambda}}{1.5 + \frac{1}{\lambda}}$ , Ortalama yerinde dayanımı  $f_{y, küp} = 21,59 \text{ N/mm}^2$  (150 mm küp dayanımı)

Standart sapma  $s = \sqrt{\frac{\sum (f_i - \bar{f}_y)^2}{n-1}} = 3,75 \text{ N/mm}^2$ , Değişkenlik katsayısı  $V = \frac{s}{\bar{f}_{y, küp}} \times 100 = \% 17,38 \text{ N/mm}^2$ , Ortalamanın % 95 güven derecesi için alt ve üst

sınır değerler

$f_{y, küp} \pm \frac{0.12}{\sqrt{n}} * f_{y, küp} = 21,59 \pm \frac{0.12}{6} * 21.59$ , Üst sınır değer  $21,59+1,06= 22,65 \text{ N/mm}^2$ , Alt sınır değer  $21,59-1,06= 20,53 \text{ N/mm}^2$ ,

**Değerlendirme:**  $f_{y, g} = \frac{f_{proje}}{\gamma_m} = \frac{22.5}{1.5} = 15,0 \text{ N/mm}^2$ ,  $\gamma_m = 1.5$  malzeme katsayısı,  $f_{y, küp, alt} = 20,53 \text{ N/mm}^2 > f_{y, g} = 15,0 \text{ N/mm}^2$

Ek-2.47. Bina 17-28 mm karot beton basınç deneyi sonuçları

Örnek no	Örnek yeri	Perde no/Kolon no	Perde/Kolon	Boy (mm)	Çap (mm)	Narinlik sayısı $\lambda$	Kırılma kuvveti (N) $P_K$	Karot dayanımı $f_c$ , (N/mm <sup>2</sup> )	Yerinde dayanım $f_y$ , küp, (N/mm <sup>2</sup> )	Proje beton basınç dayanımı $f_{proje, k\ddot{u}p}$ (N/mm <sup>2</sup> )
1	Zemin kat	1	Kolon	56	25,8	2,17	5994	9,74	12,42	22,5
2		1	Kolon	28,6	25,5	1,12	8907	14,47	15,12	
3		1	Kolon	28,3	25,5	1,11	8476	13,77	14,34	
4		1	Kolon	28,2	25,7	1,10	5003	8,13	8,44	
5		2	Kolon	56	25,5	2,20	10556	17,15	21,94	
6		2	Kolon	28,5	25,5	1,12	3257	5,29	5,53	
7		2	Kolon	28	25,5	1,10	11458	18,62	19,32	
8		2	Kolon	28,5	25,5	1,12	5003	8,13	8,49	
9		2	Kolon	28,5	25,7	1,11	10467	17,01	17,71	
10		3	Kolon	56	25,5	2,20	7240	11,76	15,05	
11		3	Kolon	28,9	25,5	1,13	8800	14,30	14,99	
12		3	Kolon	28,5	25,9	1,10	5386	8,75	9,08	
13		3	Kolon	28,3	25,6	1,11	3404	5,53	5,76	
14		3	Kolon	28,5	25,5	1,12	8623	14,01	14,64	
15		1	Perde	56	25,5	2,20	7093	11,52	14,74	
16		1	Perde	28,8	25,5	1,13	5209	8,46	8,87	
17		1	Perde	28,6	25,5	1,12	3512	5,71	5,96	
18		2	Perde	55,9	25,5	2,19	11674	18,97	24,24	
19		2	Perde	28,2	25,5	1,11	8476	13,77	14,34	
20		2	Perde	28,2	25,5	1,11	8191	13,31	13,86	
21		2	Perde	28,8	25,9	1,11	8692	14,12	14,71	
22		4	Kolon	56	25,5	2,20	7554	12,27	15,70	
23		4	Kolon	28,5	25,5	1,12	9045	14,70	15,35	
24		4	Kolon	28,3	25,5	1,11	8191	13,31	13,86	
25		4	Kolon	28,5	25,5	1,12	6563	10,66	11,14	
26		4	Kolon	28,5	25,5	1,12	8692	14,12	14,76	

Ek-2.47. (devamı)

$$f_x = \frac{P}{A} \text{ N/mm}^2, \text{ Karot kesit alanı } A=0,785d^2=615 \text{ mm}^2, f_{y, \text{ küp}} = \frac{2.5f_\lambda}{1.5 + \frac{1}{\lambda}}, \text{ Ortalama yerinde dayanımı } \bar{f}_{y, \text{ küp}} = 13,47 \text{ N/mm}^2 \text{ (150 mm küp dayanımı)}$$

$$\text{Standart sapma } s = \sqrt{\frac{\sum (f_1 - \bar{f}_y)^2}{n-1}} = 4,65 \text{ N/mm}^2, \text{ Değişkenlik katsayısı } V = \frac{s}{\bar{f}_{y, \text{ küp}}} \times 100 = \% 34,48 \text{ N/mm}^2, \text{ Ortalamanın \% 95 güven derecesi için alt ve üst}$$

sınır değerler

$$\bar{f}_{y, \text{ küp}} \pm \frac{0.12}{\sqrt{n}} * \bar{f}_{y, \text{ küp}} = 13,47 \pm \frac{0.12}{\sqrt{26}} * 13,47, \text{ Üst sınır değer } 13,47+0,32= 13,79 \text{ N/mm}^2, \text{ Alt sınır değer } 13,47-0,32= 13,15 \text{ N/mm}^2,$$

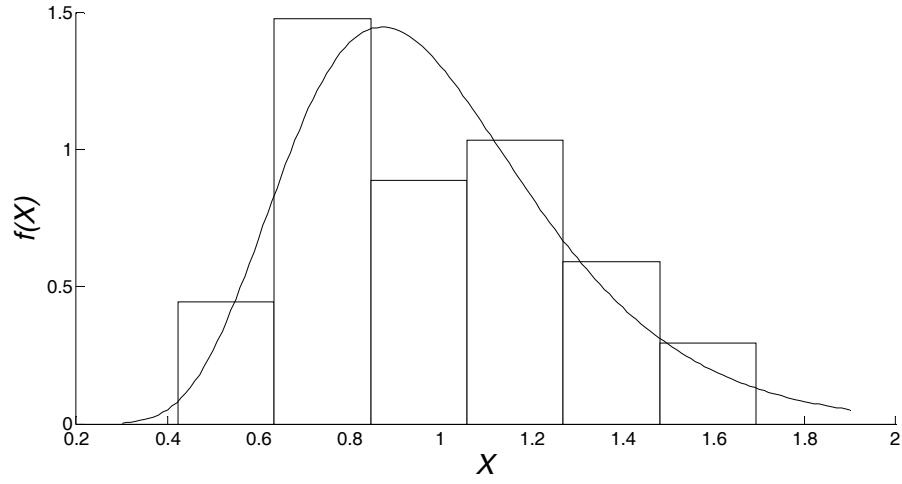
$$\text{Değerlendirme: } f_{y, g} = \frac{f_{\text{proje}}}{\gamma_m} = \frac{22.5}{1.5} = 15,0 \text{ N/mm}^2, \gamma_m = 1.5 \text{ malzeme katsayısı, } \bar{f}_{y, \text{ küp, alt}} = 13,15 \text{ N/mm}^2 < f_{y, g} = 15,0 \text{ N/mm}^2$$

**Ek-2.48.** 17 farklı binada yerinde beton basınç dayanımı değerleri ile proje beton basınç dayanımı değerlerinin karşılaştırılması

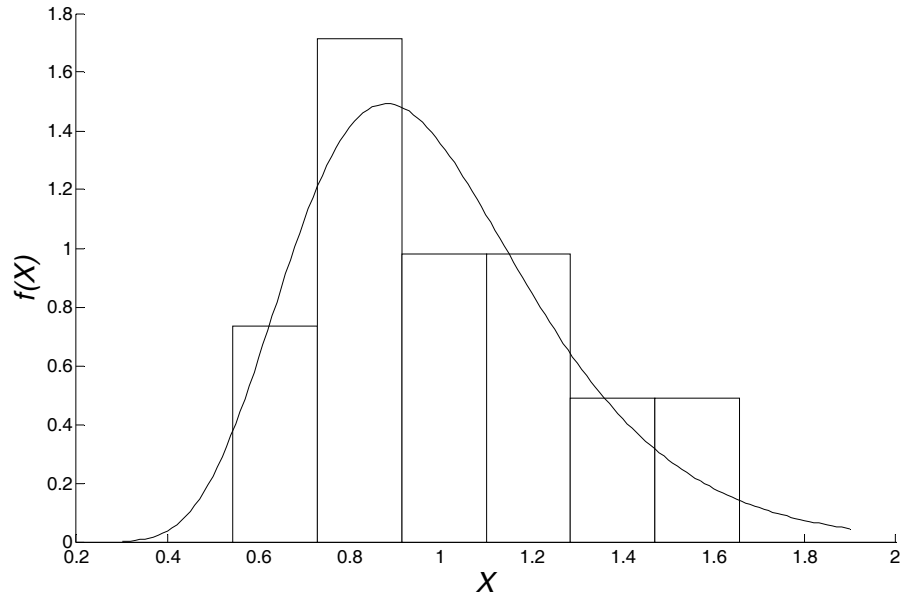
Bina no	Karot çapı (mm)	Ortalama yerinde dayanım $\bar{f}_{y,küp}$	Standart sapma s	Değişkenlik katsayısı V (%)	$\bar{f}_{y,küp,alt}$	$f_{y,g}$
Bina 1	94	37,76	3,34	8,85	35,14	16,7
	64	33,75	5,99	17,74	31,94	16,7
	28	18,79	6,32	33,67	18,39	16,7
Bina 2	64	30,69	6,04	19,69	28,85	16,7
	28	21,40	6,00	28,07	20,69	16,7
Bina 3	94	20,88	2,24	10,72	19,43	15,0
	64	22,20	1,09	4,91	20,66	15,0
	28	14,98	3,76	25,08	14,56	15,0
Bina 4	94	20,84	6,17	29,59	19,40	15,0
	64	21,87	2,35	10,75	20,56	15,0
	28	17,56	5,45	31,01	17,11	15,0
Bina 5	94	16,47	2,20	13,38	15,33	15,0
	64	12,60	3,40	26,98	11,73	15,0
	28	9,16	4,19	45,72	8,93	15,0
Bina 6	94	9,30	1,25	13,47	8,66	15,0
	28	5,10	1,35	26,49	4,67	15,0
Bina 7	94	22,07	7,08	32,10	20,54	15,0
	64	11,61	2,69	23,15	10,91	15,0
	28	10,50	4,53	43,14	10,25	15,0
Bina 8	64	10,17	1,86	18,31	9,56	15,0
	28	5,35	3,09	57,84	5,09	15,0
Bina 9	94	10,45	2,78	26,56	9,73	15,0
	64	11,86	5,01	42,21	11,04	15,0
	28	7,83	3,44	43,90	7,53	15,0
Bina 10	94	14,55	0,71	4,89	13,54	15,0
	64	14,16	1,63	11,51	13,40	15,0
	28	9,22	4,53	49,13	8,97	15,0
Bina 11	94	22,27	3,01	13,52	20,73	15,0
	64	22,78	5,31	23,29	21,20	15,0
	28	16,36	4,57	27,91	15,96	15,0
Bina 12	94	18,78	4,63	24,63	17,48	15,0
	64	13,60	1,26	9,27	12,66	15,0
	28	12,11	4,47	36,96	11,82	15,0
Bina 13	94	16,76	1,33	7,93	15,75	15,0
	64	16,29	2,92	17,93	15,42	15,0
	28	10,39	3,66	35,28	10,10	15,0
Bina 14	64	10,45	1,61	15,39	9,89	15,0
	28	6,98	3,17	45,37	6,73	15,0
Bina 15	94	27,73	0,68	2,45	25,81	15,0
	64	22,34	3,84	17,18	21,14	15,0
	28	15,87	5,00	31,49	15,50	15,0
Bina 16	94	14,61	2,81	19,26	13,60	15,0
	64	15,94	2,67	16,75	14,84	15,0
	28	11,81	3,92	33,23	11,50	15,0
Bina 17	94	25,08	3,00	11,96	23,34	15,0
	64	21,59	3,75	17,38	20,53	15,0
	28	13,47	4,65	34,48	13,15	15,0

### EK-3 Log-Normal Dağılım Gösteren Olasılık Yoğunluk Fonksiyonları

Ek-3.1. Bina 1’de normalize edilmiş dayanımlar için elde edilen olasılık yoğunluk fonksiyonu

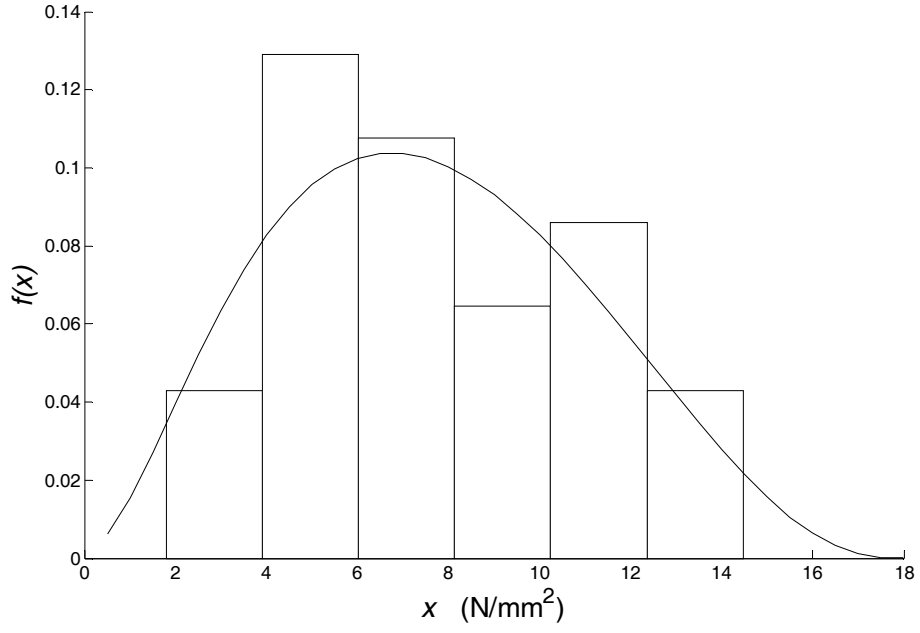


Ek-3.2. Bina 4’de normalize edilmiş dayanımlar için elde edilen olasılık yoğunluk fonksiyonu

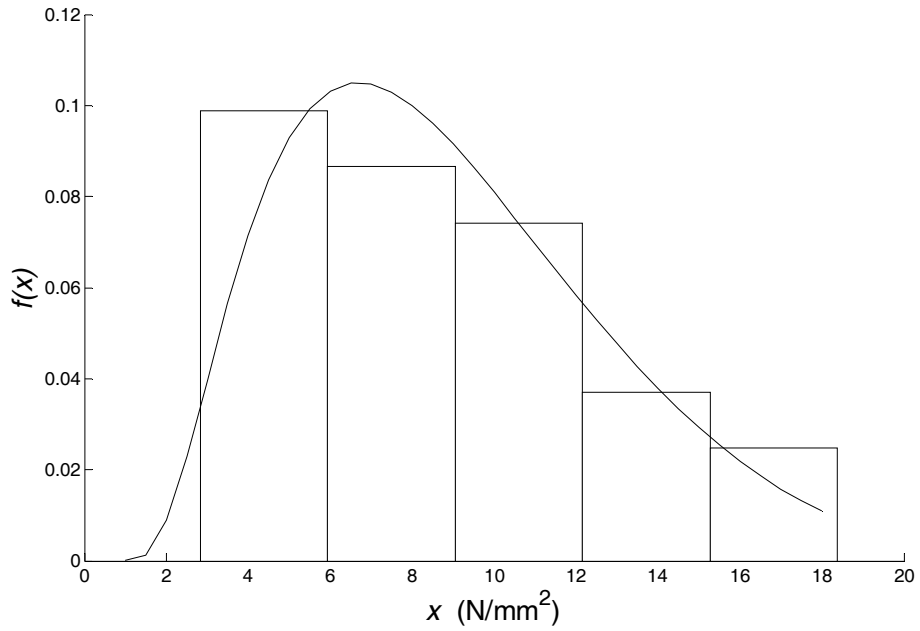


#### EK-4 Johnson $S_B$ Dağılımı Gösteren Olasılık Yoğunluk Fonksiyonları

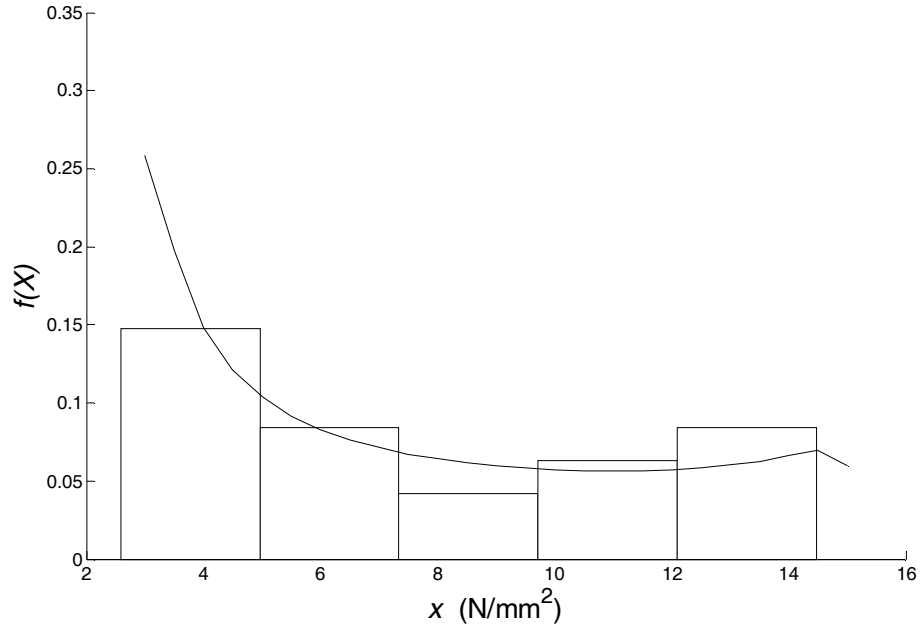
Ek-4.1. Bina 5’de normalize edilmiş dayanımlar için elde edilen olasılık yoğunluk fonksiyonu



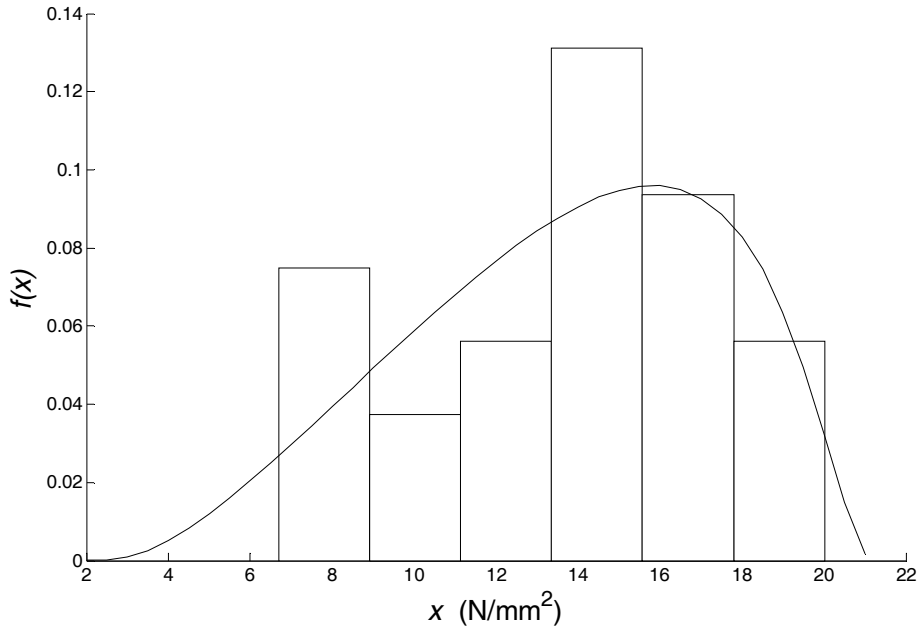
Ek-4.2. Bina 7’de normalize edilmiş dayanımlar için elde edilen olasılık yoğunluk fonksiyonu



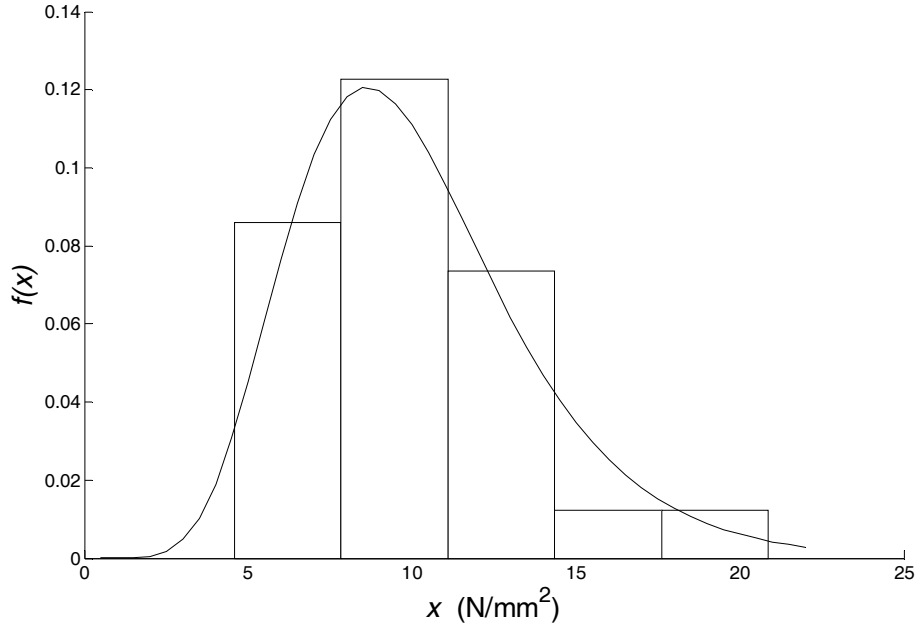
**Ek-4.3.** Bina 10'da normalize edilmiş dayanımlar için elde edilen olasılık yoğunluk fonksiyonu



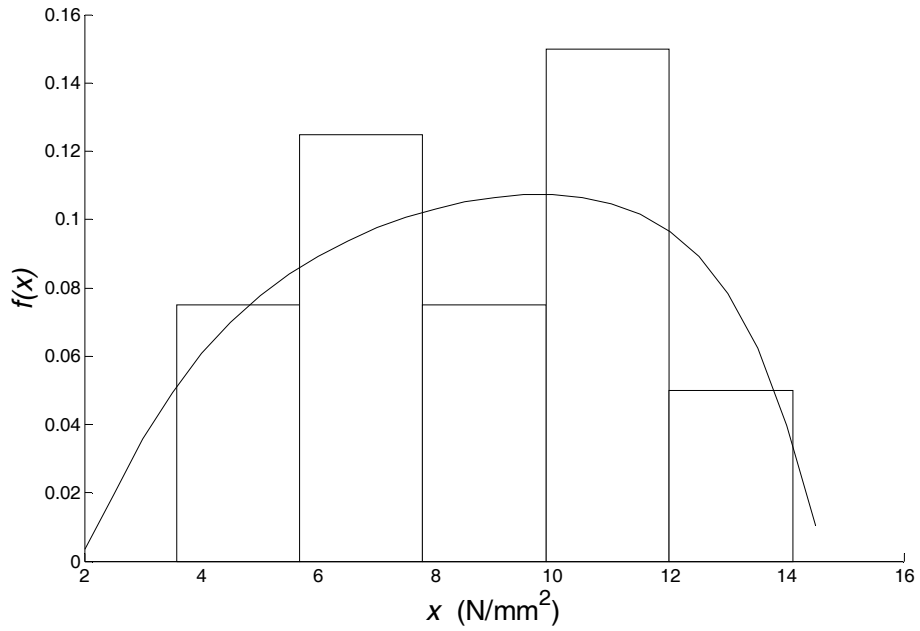
**Ek-4.4.** Bina 11'de normalize edilmiş dayanımlar için elde edilen olasılık yoğunluk fonksiyonu



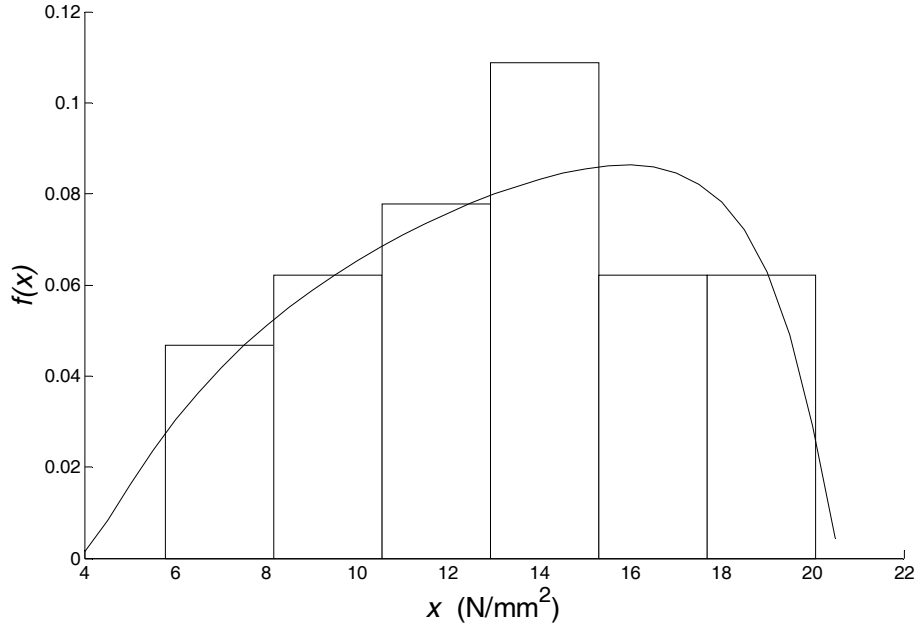
**Ek-4.5.** Bina 12’de normalize edilmiş dayanımlar için elde edilen olasılık yoğunluk fonksiyonu



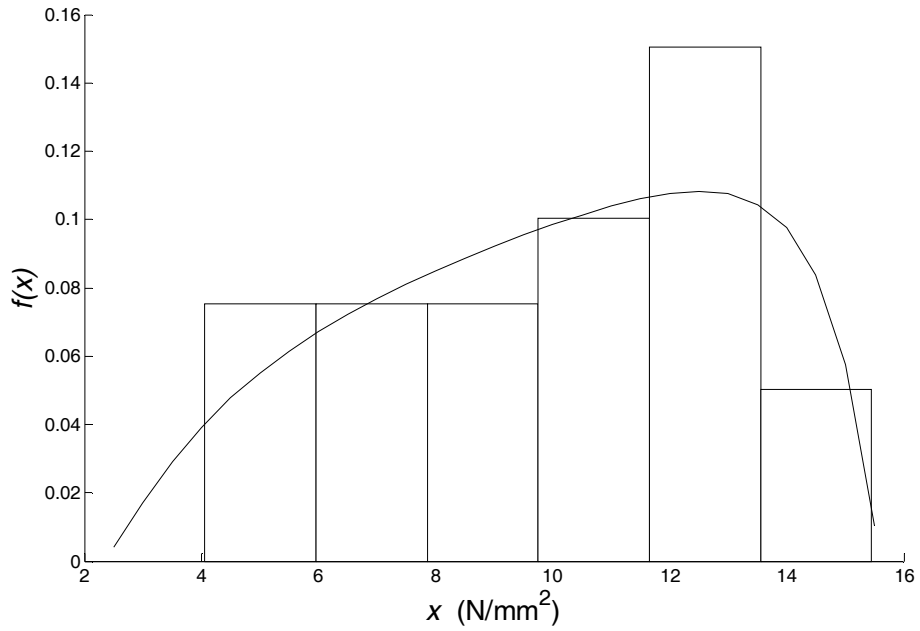
**Ek-4.6.** Bina 13’de normalize edilmiş dayanımlar için elde edilen olasılık yoğunluk fonksiyonu



**Ek-4.7.** Bina 15’de normalize edilmiş dayanımlar için elde edilen olasılık yoğunluk fonksiyonu



**Ek-4.8.** Bina 16’da normalize edilmiş dayanımlar için elde edilen olasılık yoğunluk fonksiyonu



**Ek-4.9.** Bina 17’de normalize edilmiş dayanımlar için elde edilen olasılık yoğunluk fonksiyonu

