

T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BETON KAROT DAYANIMLARI İLE
STANDART SİLİNDİR DAYANIMLARI ARASINDAKİ
İLİŞKİNİN KAROT ÇAPINA BAĞLI OLARAK
BELİRLENMESİ

Tezi Hazırlayan
Hamdi SERT

Tezi Yöneten
Prof. Dr. Tefaruk HAKTANIR

Yüksek Lisans Tezi

Temmuz 2011
KAYSERİ

**T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**BETON KAROT DAYANIMLARI İLE
STANDART SİLİNDİR DAYANIMLARI ARASINDAKİ
İLİŞKİNİN KAROT ÇAPINA BAĞLI OLARAK
BELİRLENMESİ**

**Tezi Hazırlayan
Hamdi SERT**

**Tezi Yöneten
Prof. Dr. Tefaruk HAKTANIR**

Yüksek Lisans Tezi

**Temmuz 2011
KAYSERİ**

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim. Aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi belirtirim.

Hamdi SERT

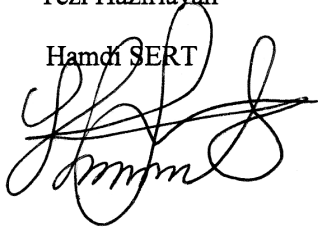


YÖNERGEYE UYGUNLUK SAYFASI

KAROT BASINÇ MUKAVEMETİNE KAROT ÇAPI ETKİSİNİN DENEYSEL İNCELENMESİ adlı Yüksek Lisans tezi, Erciyes Üniversitesi Lisansüstü Tez Önerisi ve Tez Yazma Yönergesi'ne uygun olarak hazırlanmıştır.

Tezi Hazırlayan

Hamdi SERT



Danışman

Prof. Dr. Tefaruk HAKTANIR

**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

Prof. Dr. Tefaruk HAKTANIR



Prof. Dr. Tefaruk HAKTANIR danışmanlığında **Hamdi SERT** tarafından hazırlanan **“Beton Karot Dayanımları İle Standart Silindir Dayanımları Arasındaki İlişkinin Karot Çapına Bağlı Olarak Belirlenmesi.”** adlı bu çalışma, jürimiz tarafından Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında **Yüksek Lisans** tezi olarak kabul edilmiştir.

18 Temmuz 2011

JÜRİ:

Başkan : Prof. Dr. Tefaruk Haktanır

Üye : Prof. Dr. Cemal Eyyubov

Üye : Doç. Dr. Fatih Altun

ONAY :

Bu tezin kabulü Enstitü Yönetim Kurulunun 19.07/2011 tarih ve 2011/24-24 sayılı kararı ile onaylanmıştır.

Prof.Dr. Necmettin MARAŞLI

Müdür

(Signature)

19.07/2011

TEŞEKKÜR

Tez konumun seçiminde, çalışmalarım sırasında bana her türlü yardımda bulunan ve verdiği değerli bilgilerle beni aydınlatan Sayın Hocam Prof. Dr. Tefaruk Haktanır'a teşekkürlerimi içtenlikle sunmayı bir borç bilirim.

Deney düzeneğinin donatısını belirlemede bilgi ve deneyimlerini benden esirgemeyen hocam Sayın Doç. Dr. Fatih ALTUN' a ayrıca çok teşekkür ederim.

Öğrenimim boyunca bana emeği geçen tüm hocalarımı saygıyla anar, kendilerine minnettar olduğumu belirtmek isterim.

Azimle ve gayretle hiç zorsunmadan çalışmama sahip çıkarak emek veren kardeşlerim Malzeme Laboratuvarında çalışanları Mevlana A. TUNCAY ve Hasan DİLBAŞ' a çok teşekkür ederim.

Tez çalışması boyunca bana verdiği manevi destek, göstermiş olduğu sabır ve anlayıştan dolayı değerli aileme teşekkürü bir borç bilirim.

BETON KAROT DAYANIMLARI İLE STANDART SİLİNDİR DAYANIMLARI ARASINDAKİ İLİŞKİNİN KAROT ÇAPINA BAĞLI OLARAK BELİRLENMESİ

Hamdi SERT

Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü

Yüksek Lisans Tezi, Temmuz 2011

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Tefaruk HAKTANIR

ÖZET

Başta depreme karşı onarım ve güçlendirme çalışmaları olmak üzere, inşasından bir müddet sonra bazı betonarme binaların beton mukavemetinin tespit edilmesi gerekmektedir. Bunun için, yarı tahribatlı ve tahribatsız yöntemlere göre daha güvenilir sonuçlar verdiği bilinen tahribatlı yöntemde yapının taşıyıcı elemanlarından özel makine yardımıyla kesilerek çıkarılan ve karot adı verilen silindirik numunelerin, laboratuarda tekrar kesilip başlıklandıktan sonra, beton presinde kırılarak basınç mukavemetleri belirlenir. TS-10465, TS-EN-12504-1, ve diğer ülkelerin ilgili standartlarında 150 mm ve 100 mm çapında karotların alınması belirtilirken, 50 mm çapındaki karot numunelere de müsaade edilmekte, fakat değerlendirmelerde uyumsuzluk veya tereddüt yaratabilecek durumlar gözlenmektedir. Kesitleri küçük olan kolonlardan, kolonu ve yapıyı tehlikeye atmamak için, ayrıca içinde sık donatı bulunan elemanlarda da betonla beraber donatıyı da kesmemek için 50 mm'lik karot almak gerekebilir. Bu çalışmada, 100 mm ve 150 mm'lik karotlar ile 50 mm'lik karotların mukavemetleri arasında bir ilişki belirlemek amacıyla kapsamlı deneyler yapılmıştır. Bu amaçla, önce C20 betonu ve BÇ-III nervürlü donatı kullanılıp, döşeme kısmı 3×2 m, duvar kısmı 2×2 m boyutlarında, L biçiminde bir betonarme ünite üretilmiş, 28 gün ve sonrasında bu elemandan çok sayıda 50, 100, ve 150 mm çaplarında karotlar alınarak standartlara uygun deneyler sonucu elde edilen basınç mukavemetleri arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Schmidt beton çekici ve Pundit ultrasonik ses deneyleri de yapılarak bulguları karot mukavemetleri ile karşılaştırmıştır. Taze betondan baştan standart silindir ve küp numuneler de alınarak 28 günlük basınç dayanımları ile karotların basınç dayanımları arasındaki ilişki de incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Sertleşmiş Beton, Tahribatlı Yöntem, Karot Mukavemeti

**DETERMINATION OF THE RELATIONSHIP BETWEEN CONCRETE CORE
STRENGTHS AND STANDARD CYLINDER STRENGTHS DEPENDING ON
THE CORE DIAMETER**

Hamdi SERT

Erciyes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences

M.Sc. Thesis, July 2011

Thesis Supervisor: Prof.Dr. Tefaruk Haktanır

ABSTRACT

For some reinforced-concrete buildings, especially for those to be retrofitted against earthquakes, it may be necessary to determine the in-situ compressive strength of concrete. For this purpose, by the destructive method, which is the most reliable one as compared to the non-destructive and indirect methods, first, cylindrical specimens, which are called cores, are extracted out of load-carrying elements by a special machine. Next, cylindrical samples are obtained from cores after end preparations by rock-cutting saw and capping both ends, and their compressive strengths are measured by directly crushing them in a compression machine. The relevant Turkish Standards, TS-10465 and TS-EN-12504-1 and those of other countries recommend extracting cores of either 150 or 100 mm's, and although they allow cores of 50 mm diameter also, there are some inconsistencies in converting strengths of latter to the former. Cores of 50 mm dimension may necessarily be taken from too slender columns in order not to cause structural damage to the column and to the building and from members in which there is a dense mesh of reinforcement in order not to cut a steel bar together with the concrete part. Herein, a comprehensive experimental study is performed with the aim of establishing a relationship among strengths of samples of 100, 150, and 50 mm diameters. With this purpose, first a reinforced-concrete L-shaped unit comprising a floor element of 3×2 m dimensions and a wall element of 2×2 m dimensions is constructed using C20 class of concrete and St-III type of indented reinforcing steel. Next, after having extracted many cores of 50, 100, and 150 mm diameters out of this unit, the compressive strengths of many samples are measured in a compression machine all in compliance with the pertinent standards, and finally the relationships

among average strengths of different-diameter samples are investigated. Schmidt hammer and Pundit ultrasonic readings are also taken at the spots prior to extracting cores and their average values are compared with the average measured strengths. Cylindrical and cubic samples are taken out of fresh concrete prior to casting it in the L-shaped unit, their 28-day strengths are measured by crushing and are compared with those of the core samples, also.

Keywords: Hardened Concrete, Destructive Method, Core Strength

İÇİNDEKİLER

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK	ii
YÖNERGEYE UYGUNLUK SAYFASI	iii
TEŞEKKÜR	v
ÖZET	vi
ABSTRACT	viii
KISALTMALAR VE SİMGELER	xiv
TABLolar LİSTESİ	xv
ŞEKİLLER LİSTESİ	xviii
Giriş	1

1. BÖLÜM

BETONUN BASINÇ DAYANIMI

1.1. BASINÇ DAYANIMI	6
1.1.1. Çekme Dayanımı	7
1.1.2. Basıncıta çatlama ve kırılma	8
1.1.3. Mikro çatlaklar	10
1.2. BETON YAŞININ ETKİSİ	12
1.3. BASINÇ DAYANIMININ BELİRLENMESİ	12

2. BÖLÜM

BETON BASINÇ DAYANIMINI ETKİLEYEN FAKTÖRLER

2.1. KARIŞIM ORANLARININ ETKİSİ	14
2.1.1. Su/çimento oranının etkisi	15
2.1.2. Agrega/Çimento oranının dayanıma etkisi	17

2.1.3. Çimento hamurundaki jel/boşluk oranlarının etkisi	18
2.2. MALZEME ÖZELLİKLERİNİN ETKİSİ	19
2.2.1.Çimento özelliklerinin beton dayanıma etkisi	19
2.2.2. Agregada özelliklerinin beton dayanıma etkisi	19
2.2.3. Karma suyunun kalitesinin beton dayanıma etkisi.....	19
2.3. BETON KÜR ORTAMININ BETON DAYANIMINA ETKİSİ.....	20
2.3.1. Kür süresince ısı ve nemin beton dayanıma etkisi	20
2.3.2. Zararlı çevre koşullarının ve kür ortamının beton dayanıma etkisi	23
2.4. Betona Uygulanan Sıkıştırma İşleminin Beton Dayanımına Etkisi.....	24

3. BÖLÜM

YAPIDA SERTLEŞMİŞ BETON DAYANIMININ BELİRLENMESİNDE KULLANILAN YÖNTEMLER

3.1. Tahribatsız Yöntemler.....	26
3.1.1. Tahribatsız Statik Yöntemler	26
3.1.1.1. Standart Numune Deneyleri.....	26
3.1.1.2. Sertlik Deneyleri	26
3.1.1.2.1. İz Ölçme Tekniği	27
3.1.1.2.2. Sıçrama Tekniği	27
3.1.2. Tahribatsız Dinamik Yöntemler.....	28
3.1.2.1. Rezonans Frekans Yöntemi	29
3.1.2.2. Mekanik Dalga Hızı Yöntemi	29
3.1.2.3. Ultrases Dalga Hızı Yöntemi	29
3.1.3. Radyoaktif Yöntem	31
3.1.4. Olgunluk Yöntemi.....	32
3.1.5. Ses Yayılımı Ölçme Yöntemi	33
3.1.6. Yükleme Deneyi.....	33

3.2. Yarı Tahribatlı Yöntemler	33
3.2.1. İç Kırılma Yöntemi	34
3.2.2. Çekip Çıkarma Yöntemi	34
3.2.3. Çekip Koparma Yöntemi	34
3.2.4. Eğip Koparma Yöntemi	34
3.2.5. Batırma Yöntemi	35
3.3. İkili Yöntemler	35
3.4. Tahribatlı Yöntemler	35
3.4.1. Gömülü Numune Kullanma Yöntemi	36
3.4.2. Karot Numune Alma Yöntemi	36

4. BÖLÜM

KAROT NUMUNE DAYANIMINA ETKİ EDEN PARAMETRELER

4.1. Karot Çapı	38
4.2. Karot Narinliği	40
4.3. Karot Alma Doğrultusu	44
4.4. Karot Alınan Yer	44
4.5. Karot Nem Durumu	45
4.6. Karot İçinde Kalan Donatı	45
4.7. Karot Almada Kesme Etkisi	46
4.8. Karot Yaşı	46
4.9. Karot Kürü.	47

5. BÖLÜM

DENEYSEL ÇALIŞMA

5.1. Beton Yapımında Kullanılan Malzemeler Ve Karışım Oranları	49
5.2. Deney Numunelerinin Hazırlanması Ve Taze Beton Deneyleri	49
5.3. Özel Olarak Üretilen Betonarme Ünite Kalıbının Sökülmesi Ve Kür Şartları	54

5.4. Sertleşmiş Beton Deneyleri.....	56
--------------------------------------	----

6. BÖLÜM

DENEYSEL BULGULAR

6.1. Standart Testlerin Sonuçları.....	67
6.2. Karot Deneylerinin Bulguları.....	78
6.2.1. Karot boy/çap oranının karot dayanımı üzerine etkisi	90
6.2.2. Karot çapının karot dayanımı üzerine etkisi	93
6.2.3. Karot deneyleri sonuçlarının değerlendirilmesi	94
6.2.4. Beton dayanım seviyesinin karot dayanımına etkisi.....	99
6.3. Beton Çekici Testlerinin Sonuçları	104
6.4. Ses Üstü Atım Testlerinin Sonuçlar.....	106
6.5. Dış Ortam Çevre Şartlarının Deney Numunelerine Etkisi.....	108

7. BÖLÜM

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

EKLER.....	116
KAYNAKLAR	125
ÖZGEÇMİŞ	

KISALTMALAR VE SİMGELER

<i>ck f</i>	: Numunelerin ortalama karakteristik dayanımı
<i>cm f</i>	: Numunelerin ortalama basınç dayanımı
<i>gküp f</i>	: Küp dayanımı cinsinden tanımlanan gerçek dayanım
<i>gs f</i>	: Standart silindir dayanımı cinsinden tanımlanan gerçek dayanım
<i>k f</i>	: Karot dayanımı
<i>küp f</i>	: Küp dayanımı
<i>s f</i>	: Standart silindir dayanımı
<i>sd f</i>	: Dış ortamdaki standart silindir dayanımı
<i>sk f</i>	: Kür ortamındaki standart silindir dayanımı
<i>sok f</i>	: Kür ortamındaki standart silindir ortalama dayanımı
<i>sod f</i>	: Dış ortamdaki standart silindir ortalama dayanımı
<i>sot f</i>	: Standart silindir ortalama dayanımı (toplam numune)
<i>st f</i>	: Standart silindir dayanımı (toplam numune)
<i>krk f5</i>	: Kür ortamındaki 50 mm çaplı karot dayanımı
<i>krt f5</i>	: 50 mm çaplı karot dayanımı (toplam numune)
<i>krk f10</i>	: Kür ortamındaki 100 mm çaplı karot dayanımı
<i>krt f10</i>	: 100 mm çaplı karot dayanımı (toplam numune)
<i>krk f15</i>	: Kür ortamındaki 150 mm çaplı karot dayanımı
<i>krt f15</i>	: 150 mm çaplı karot dayanımı (toplam numune)
φ	: Karot çapı
<i>i T</i>	: Ortam sıcaklığı olarak alınabilen beton sıcaklığı
λ	: Karot narinliği

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo2.1. Optimum değerlere göre su miktarlarının azalmasının dayanım üzerindeki etkisi	15
Tablo 2.2. 28 günlük basınç dayanımına göre su/çimento oranları	16
Tablo 2.3. Beton için önerilen minimum kür süreleri (gün)	23
Tablo 3.1. Beton kalitesi-Ultrases dalga hızı arasındaki ilişki.....	30
Tablo 3.2. Karot çapı, en büyük agrega tane çapı ve beton sınıfına göre sertleşmiş betondan alınması gereken karot sayısı (n).....	37
Tablo 4.1. Bazı standart ve araştırmalarda narinliği 1,00 ve 1,50 olan karot dayanımlarının 2 narinlikli karot dayanımına oranı.....	43
Tablo 5.1. Beton üretiminde kullanılan bileşim hesabı 1 m ³ beton için (kg /m ³).....	49
Tablo 6.1. 110 günlük iki adet özel üretilen numune ile dış ortamda bırakılan standart silindirin basınç mukavemet değerleri.....	67
Tablo 6.2. 110 günlük üç adet laboratuarda kürde bekletilen standart silindirin basınç mukavemet değerleri.....	68
Tablo 6.3. 28 günlük iki adet özel üretilen numune ile dış ortamda bırakılan standart silindirin basınç mukavemet değerleri.....	69
Tablo 6.4. 110 günlük üç adet laboratuarda kürde bekletilen standart silindirin basınç mukavemet değerleri.....	69
Tablo 6.5. Perde elamanı için boy/çap oranı 1 olan 15cm çaplı karot numunesi basınç mukavemet değerleri.....	78
Tablo 6.6. Perde elamanı için boy/çap oranı 1,50 olan 15cm çaplı karot numunesi basınç mukavemet değerleri.....	79
Tablo 6.7. Perde elamanı için boy/çap oranı 2 olan 15cm çaplı karot numunesi basınç mukavemet değerleri.....	79
Tablo 6.8. Döşeme elamanı için boy/çap oranı 1 olan 15cm çaplı karot numunesi basınç mukavemet değerleri.....	80

Tablo 6.9. Döşeme elamanı için boy/çap oranı 1,5 olan 15cm çaplı karot numunesi basınç mukavemet değerleri.....	80
Tablo 6.10. Perde elamanı için boy/çap oranı 1 olan 10cm çaplı karot numunesi basınç mukavemet değerleri.....	81
Tablo 6.11. Perde elamanı için boy/çap oranı 1,5 olan 10 cm çaplı karot numunesi basınç mukavemet değerleri.....	81
Tablo 6.12. Perde elamanı için boy/çap oranı 2 olan 10 cm çaplı karot numunesi basınç mukavemet değerleri.....	82
Tablo 6.13. Döşeme elamanı için boy/çap oranı 1 olan 10 cm çaplı karot numunesi basınç mukavemet değerleri.....	82
Tablo 6.14. Döşeme elamanı için boy/çap oranı 1,5 olan 10 cm çaplı karot numunesi basınç mukavemet değerleri.....	83
Tablo 6.15. Döşeme elamanı için boy/çap oranı 2 olan 10 cm çaplı karot numunesi basınç mukavemet değerleri.....	83
Tablo 6.16. Perde elamanı için boy/çap oranı 1 olan 5 cm çaplı karot numunesi basınç mukavemet değerleri.....	84
Tablo 6.17. Perde elamanı için boy/çap oranı 1,5 olan 5 cm çaplı karot numunesi basınç mukavemet değerleri.....	85
Tablo 6.18. Perde elamanı için boy/çap oranı 2 olan 5 cm çaplı karot numunesi basınç mukavemet değerleri.....	85
Tablo 6.19. Döşeme elamanı için boy/çap oranı 1 olan 5 cm çaplı karot numunesi basınç mukavemet değerleri.....	87
Tablo 6.20. Döşeme elamanı için boy/çap oranı 1,5 olan 5 cm çaplı karot numunesi basınç mukavemet değerleri.....	88
Tablo 6.21. Döşeme elamanı için boy/çap oranı 2 olan 5 cm çaplı karot numunesi basınç mukavemet değerleri.....	88
Tablo 6.22. Perde elemanından elde edilen farklı boy/çap oranında karot numuneler için düzeltme faktörleri.(Ortalama küp basınç dayanımı ile karşılaştırmak için).....	100

Tablo 6.23. Döşeme elemanından elde edilen farklı boy/çap oranında karotlar için düzeltme faktörleri. (Ortalama küp basınç dayanımı ile karşılaştırmak için).....	101
Tablo 6.24. Perde elemanından elde edilen farklı boy/çap oranında karotlar için düzeltme faktörleri (Ortalama silindir basınç dayanımı ile karşılaştırmak için).	102
Tablo 6.25. Döşeme elemanından elde edilen farklı boy/çap oranında karotlar için düzeltme faktörleri (Ortalama silindir basınç dayanımı ile karşılaştırmak için).	103
Tablo 6.26. Perde elamanı kuzey yön için Schmidt okuma değerleri.....	104
Tablo 6.27 Perde elamanı güney yönü için Schmidt okuma değerleri	105
Tablo 6.28. Karot almadan önce perde elemanında için ses üstü atım (Pundit) okuma değerleri ve ölçülen ultrasonik dalga hızları	106
Tablo 6.29. Perde elamanından alınan karot numuneleri çıkarıldıktan sonra ses üstü atım (Pundit) okuma değerleri ve ölçülen ultrasonik dalga hızları	107

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Tane sınırlarından veya taneleri keserek oluş şekline göre kırılmanın sınıflandırılması	10
Şekil 1.2. Gözlenen çatlak uzunluğu ile gerilme/dayanım oranı arasındaki ilişki	11
Şekil 1.3. Standart deney yönteminin uygulanması	13
Şekil 2.1. Çimento harcının jel/boşluk oranı ile basınç dayanımı arasındaki ilişki	18
Şekil 2.2. Farklı ortamlarda kür edilen beton numunelerin basınç dayanım gelişmeleri [22,1]	21
Şekil 2.3 Kür sıcaklığının basınç dayanımı üzerindeki etkisi[22,1]	21
Şekil 2.4 Kür sıcaklığının beton basınç dayanımı gelişmesine etkisi [22,1]	22
Şekil 2.5. Farklı sıcaklıklara yerleştirilen ancak 21 C sıcaklıkta kür edilen basınç betonların dayanımı gelişmeleri [22,1]	22
Şekil 2.6. Vibrasyonun betonun hava içeriği üzerindeki etkisi[22]	25
Şekil 3.1. Prof. Dr. Tefaruk Haktanır ile ultrases dalga hızı ölçümü yaparken	30
Şekil 5.1. Düşeyde Perdeyi Yatayda da döşemeyi temsil eden betorme kalıbı ara ile perde ve döşeme elamanına Q16 donatı döşenmiş hali.....	50
Şekil 5.2. Döşeme betonu kalıba yerleştirilmesi	50
Şekil 5.3. Döşeme ve perde betonu kalıba yerleştirildi ve silindir numuneler alınması	51
Şekil 5.4. Perde betonu kalıba yerleştirilmesi ve sıkıştırma işlemi yapılırken	51
Şekil 5.5. Perde betonu kalıba yerleştirilmesi sırasında döşeme yönünde beton akışı ...	52
Şekil 5.6. Perde betonu kalıba yerleştirilmesi sırasında döşeme yönünde beton akışı ...	52
Şekil 5.7. Çökme deneyine başlarken yapılan temizlik	53
Şekil 5.8. Taze betonda çökme miktarının ölçülmesi	53
Şekil 5.9. Huni düzgün bir şekilde yukarıya kaldırılarak betonun aşağıya akması	54
Şekil 5.10. Kalıptan sökölme aşaması	55

Şekil 5.11. Kalıptan söküldükten sonra özel üretilen beton , iki adet silindir ve iki adet küp numuneleri çevre koşullarına maruz bırakıldı.....	55
Şekil 5.12. Üç adet silindir numunesi üniversitenin kür havuzunda bekletilmiş ve iki adet dış çevre koşullarına bırakılan numune başlık yapılmadan önce.....	56
Şekil 5.13. Döşeme elemanından karot alınırken	57
Şekil 5.14. Döşeme elemanından karot alırken yakından görünüm	57
Şekil 5.15. Karot alınmazdan evvel ferroskan (paşometre) cihazıyla enine ve boyuna donatıların yerlerinin tespiti	58
Şekil 5.16. Perde elemanı dört parçaya ayrılarak karşılıklı iki parçadan 5cm, 10cm ve 15cm çaplı karotlar alındı.....	59
Şekil 5.17. Perde elemanında kuzey yöndeki alınan karotların dışında kesim esnasında dairesel parçalanmalar gözüksü	59
Şekil 5.18. Perde ve döşeme elemanından karot alındıktan sonra genel görünüş.....	60
Şekil 5.19. Taş kesme makinesinde bir karotun yüzeylerinin traşlanması	60
Şekil 5.20. Taş kesme makinesinde kesilip uçları düzenlenen 5cm çaplı karot numunenin kükürt+grafit tozu eriyiğı ile başlık yapılması.....	61
Şekil 5.21. Taş kesme makinesinde kesilip uçları düzenlenen bir karot numunenin kükürt+grafit tozu eriyiğı ile başlıklanmış hali.....	61
Şekil 5.22. 5cm, 10cm ve 15cm çaplı farklı boy çap oranındaki karotların genel görünüş	62
Şekil 5.23. 15cm çaplı boy /çap oranındaki 1, 1.5 ve 2olan perde karotların genel görünüş	62
Şekil 5.24. Perde ve döşeme elemanından alınan karotlardan hazırlanan numunelerden birinin TSE-Soyuz-Test sertifikalı Klas-1 beton presinde kırılma deneyi.....	63
Şekil 5.25. Perde ve döşeme elemanından alınan karotlardan hazırlanan numunelerden birinin TSE-Soyuz-Test sertifikalı Klas-1 beton presinde kırılma deneyi.....	63
Şekil 5.26. Perde ve döşeme elemanından alınan karotlardan hazırlanan numunelerden birinin TSE-Soyuz-Test sertifikalı Klas-1 beton presinde kırılma deneyi.....	64

Şekil 5.27. 15cm çaplı farklı boy/çap oranındaki karotların kırımdan sonra genel görünüşü	65
Şekil 5.28. Perde betonunda ultrasonik hız okunması için yerlerinin belirlenmesi	66
Şekil 5.29 Pundit cihazı ile perde betonu içinden ultrasonik hız okunması.....	66
Şekil 6.1. TSE-Soyuz-Test sertifikalı Klas-1 beton presinde Basınç dayanımı deneyi esnasında numune üzerine monte edilen kompresometre deney cihazı.....	72
Şekil 6.2. Numune üzerine kompresometre deney cihazının monte edilmesi.....	72
Şekil 6.3. Standart kür ortamında bekletilen 150×300 mm’lik 1 nolu silindir numunesinin (Basınç gerilmesi)–(birim kısalma) diyagramı.....	73
Şekil 6.4. Standart kür ortamında bekletilen 150×300 mm’lik 2 nolu silindir umunesinin (Basınc gerilmesi) – (birim kısalma) diyagramı	73
Şekil 6.5. Standart kür ortamında bekletilen 150×300 mm’lik 3 nolu silindir numunesinin (Basınc gerilmesi) – (birim kısalma) diyagramı.....	74
Şekil 6.6. Özel üretilen deney numunesi ile aynı ortamında bekletilen 150×300 mm’lik 1 nolu silindir numunesinin (Basınç gerilmesi) – (birim kısalma) diyagramı	74
Şekil 6.7. Özel üretilen deney numunesi ile aynı ortamında bekletilen 150×300 mm’lik 2 nolu silindir numunesinin (Basınç gerilmesi) – (birim kısalma) diyagramı	75
Şekil 6.8. Özel üretilen deney numunesi perde elamanından alınan 150×300 mm’lik 7 nolu karot numunesinin (Basınç gerilmesi) – (birim kısalma) diyagramı	75
Şekil 6.9. Özel üretilen deney numunesi perde elamanından alınan 150×300 mm’lik 22 nolu karot numunesinin (Basınç gerilmesi) – (birim kısalma) diyagramı	76
Şekil 6.10. Özel üretilen deney numunesinin perde elamanından alınan 150×300 mm’lik 51 nolu karot numunesinin (Basınç gerilmesi) – (birim kısalma) diyagramı	76
Şekil 6.11. Özel üretilen deney numunesinin perde elamanından alınan 150×300 mm’lik 58 nolu karot numunesinin (Basınç gerilmesi) – (birim kısalma) diyagramı	77
Şekil 6.12. Özel üretilen deney numunesinin perde elamanından alınan 150×300 mm’lik karot numunelerin (Basınç gerilmesi) – (birim kısalma) diyagramları.....	77

Şekil 6.13. Standart kür ortamında bekletilen 150×300 mm’lik silindir numuneleri (Basınç gerilmesi) – (birim kısalma) diyagramları.	76
Şekil 6.14. Özel üretilen deney numunesi ile aynı ortamında bekletilen 150×300 mm’lik silindir numuneleri (Basınç gerilmesi) – (birim kısalma) diyagramları.	77
Şekil 6.15. Standart kür ortamında bekletilen 150×300 mm’lik silindir numuneleri, Özel üretilen deney numunesi ile aynı ortamında bekletilen 150×300 mm’lik silindir numuneleri ve Özel üretilen deney numunesinin perde elamanından alınan 150×300 mm’lik karot numuneleri (Basınç gerilmesi) – (birim kısalma) diyagramları.	77
Şekil 6.16. Perde elamanında boy/çap oranı 2 olan 5 cm çaplı karot numunelerin basınç mukavemet değerleri.	86
Şekil 6.17. Döşeme elamanından alınan boy/çap oranı 2 olan 5 cm çaplı karot numunelerinin basınç mukavemet değerleri.	89
Şekil 6.18. Perde kısmından alınan 15 cm çaplı karot numuneler için boy/çap oranı ile ortalama basınç dayanımı arasındaki ilişki.	90
Şekil 6.19. Döşeme kısmından alınan 15 cm çaplı karot numuneler için boy/çap oranı ile ortalama basınç dayanımı arasındaki ilişki.	91
Şekil 6.20. Perde kısmından alınan 10 cm çaplı karot numuneler için boy/çap oranı ile ortalama basınç dayanımı arasındaki ilişki.	91
Şekil 6.21. Döşeme kısmından alınan 10 cm çaplı karot numuneler için boy/çap oranı ile ortalama basınç dayanımı arasındaki ilişki.	92
Şekil 6.22. Perde kısmından alınan 5 cm çaplı karot numuneler için boy/çap oranı ile ortalama basınç dayanımı arasındaki ilişki.	92
Şekil 6.23. Döşeme kısmından alınan 5 cm çaplı karot numuneler için boy/çap oranı ile ortalama basınç dayanımı arasındaki ilişki.	93
Şekil 6.24. Döşeme ve perde elamanlarından alınan 5 cm, 10 cm ve 15 cm çaplı karotlar ile ortalama basınç dayanım ilişkisi eğrileri.	94
Şekil 6.25. Döşeme elamanı için karot basınç dayanımının 28 günlük silindir numunesi basınç dayanımına oranları dağılımı (Malzeme laboratuvarı kür koşulu).	95

Şekil 6.26. Perde elamanı için karot basınç dayanımının 28 günlük silindir numunesi basınç dayanımına oranları dağılımı (Malzeme laboratuvarı kür koşulu).	95
Şekil 6.27. Döşeme elamanı için karot basınç dayanımının 28 günlük küp numunesi basınç dayanımına oranları dağılımı (Malzeme laboratuvarı kür koşulu).	96
Şekil 6.28. Perde elamanı için karot basınç dayanımının 28 günlük küp numunesi basınç dayanımına oranları dağılımı (Malzeme laboratuvarı kür koşulu).	96
Şekil 6.29. Döşeme elamanı için karot basınç dayanımının 28 günlük silindir numunesi basınç dayanımına oranları dağılımı (Şantiye kürü)	97
Şekil 6.30. Perde elamanı için karot basınç dayanımının 28 günlük silindir numunesi basınç dayanımına oranları dağılımı (Şantiye kürü).	97
Şekil 6.31. Döşeme elamanı için karot basınç dayanımının 28 günlük küp numunesi basınç dayanımına oranları dağılımı (Şantiye kürü).	98
Şekil 6.32. Perde elamanı için karot basınç dayanımının 28 günlük küp numunesi basınç dayanımına oranları dağılımı (Şantiye kürü).	98
Şekil 6.33. Döşeme ve perde elamanlarından alınan 5 cm, 10 cm ve 15 cm çaplı boy/çap oranı 1, 1.5 ve 2 olan karotlar ile ortalama basınç dayanım ilişkisi eğrileri.	99
Şekil 6.34. Perde elemanından elde edilen farklı boy/çap oranında karotlar için düzeltme faktörleri.	100
Şekil 6.35. Döşeme elemanından elde edilen farklı boy/çap oranında karotlar için düzeltme faktörleri.	101
Şekil 6.36. Perde elemanından elde edilen farklı boy/çap oranında karotlar için düzeltme faktörleri (silindir numune için).	102
Şekil 6.37. Döşeme elemanından elde edilen farklı boy/çap oranında karotlar için düzeltme faktörleri (silindir numune için)	103
Şekil 6.38 Perde elamanından alınan 5 cm çaplı boy/çap oranı 1 olan karotların basınç dayanımları dağılımı	108
Şekil 6.39 Perde elamanından alınan 5 cm çaplı boy/çap oranı 1 olan karotların basınç dayanımları dağılımı	109

Şekil 6.40. Perde elamanından alınan 5 cm çaplı boy/çap oranı 1 olan karotların basınç dayanımları dağılımı	109
Şekil 6.41 Perde elamanından alınan 5 cm çaplı boy/çap oranı 1 olan karotların basınç dayanımları dağılımı	110
Şekil 6.42. Perde elamanından alınan 5 cm çaplı boy/çap oranı 1 olan karotların basınç dayanımları dağılımı	110
Şekil 6.43 Perde elamanından alınan 5 cm çaplı boy/çap oranı 2 olan karotların basınç dayanımları dağılımı	111
Şekil 6.44 Perde elamanından alınan 10 cm çaplı boy/çap oranı 1 olan karotların basınç dayanımları dağılımı	111
Şekil 6.45 Perde elamanından alınan 10 cm çaplı boy/çap oranı 1 olan karotların basınç dayanımları dağılımı	112
Şekil 6.46. Perde elamanından alınan 15 cm çaplı boy/çap oranı 1 olan karotların basınç dayanımları dağılımı	112

GİRİŞ

Beton, değişik boyutlardaki agrega adı verilen kum, çakıl, mıcır gibi taneli mineral malzemenin, onları yapıştıran imento ve su ile karışırılması sonucu zamanla sertleşip dayanım kazanmasıyla elde edilen kompozit bir yapı malzemesidir. Taze beton, henüz tamamen katılaşmamış, şekil verilebilir durumdaki beton dur; bir başka değişle, betonun plastikliğini koruduğu (şekil değiştirme özelliğini kaybettiği ana kadarki) halidir. Sertleşmiş beton ise betonun katılaşma anından sonraki durumu olup yapay bir kayadır[1]. Malzemelerin karılmasıyla şekil verilebilir durumda olan taze betonun karıldığı andan katılaşmaya başladığı ana kadar geçen süre “prizlenme süresi” olarak tanımlanmaktadır.

Sertleşmiş durumdaki betondan, baştan tasarlanan dayanımın, dayanıklılığın ve hacim sabitliğinin elde edilmesi için, beton üretiminde bir araya getirilen malzemeler betonun içerisinde üniform bir dağılım gösterecek biçimde olmalıdır. Kompozite, sertleşmiş betonda katı madde kısmının net mutlak hacminin betonun görünen toplam hacmine (katı madde + boşluklar hacmine) oranı olarak tanımlanmaktadır. Bilindiği gibi, kompozitesi yüksek bir betonun dayanımı ve dayanıklılığı da yüksek olur. Taze beton üniformitesi bozulmadan “kolayca taşınabilir”, kalıplardaki yerine yerleştirilirken kalıp içerisindeki her noktaya ulaşılabilecek tarzda “kolayca yerleştirilebilir” ve “kolayca sıkıştırılabilir” olmalıdır. Yerine yerleştirilip sıkıştırılan taze betonun içerisinde bulunan su, hidrasyonun devam edebilmesi için, mümkün olduğu kadar betonun içinde kalmalı, yüzeye çıkararak kaybolmamalıdır. Suyun beton yüzüne çıkma eğilimi “terleme” olarak tanımlanmaktadır. Kalıba yerleştirilen ve sıkıştırma işlemi yapılan taze betonun “yüzeyi kolayca düzeltilebilir” olmalı, ve taze betonun priz süresi betonun kullanılacağı ortama uygun uzunlukta olmalıdır [1].

Belirli tasarım özelliklerini sağlayacak reçetede hazırlanmış taze beton karıştırıldıktan sonra kalıba kadar taşınır. Kalıbın içine dökülen beton, kompozitesi düşük olmaması,

homojenliğini kaybetmemesi, ve hedeflenen dayanımı sağlaması amacıyla vibratör ve benzeri aletler kullanılarak sıkıştırılır. Genelde, taze betonun kalıplara kolaylıkla yayılarak en az boşluk bırakacak şekilde doldurması istenir. Betonun bu özelliği işlenebilirlik olarak tanımlanmaktadır, ve taze betonun en önemli özelliğidir. Yeterli işlenebilirliğe sahip olmayan taze beton, sertleştğinde, yeterli dayanımı ve dayanıklılığı gösteremez [1]. İşlenebilirlik, betonun yapısından kaynaklanan şu özellikler ile ilgilidir: taze beton kütleğinde akma başlatacak kuvvete karşı betonun göstereceği direnç (kayma dayanımı), akma başladıktan sonraki hareketlilik (akıcılık), betonu oluşturan malzemelerin birbirlerine ne ölçüde bağlanmış oldukları ve böylece segregasyona (ayrışmaya) karşı göstereceği direnç (kohezyon), yerleştirilmeyi ve yüzeyinin düzeltilmesini etkileyen yapışkanlık [1].

Taze betonda bulunması istenilen yeterli işlenebilirlik, betonun kullanılacağı yapının tipi, betonun taşımada ve yerleştirmede uygulanacağı yöntem, ve beton elemanın boyutları ile doğrudan ilgili olan bir husustur. Örneğin, içerisindeki su miktarı az olan taze bir beton, kütle betonu olarak büyük bir hacim içerisinde kullanıldığında yeterli işlenebilirliği gösterebilmekte iken, dar bir kalıp içerisinde kullanıldığı takdirde yeterince işlenebilir olmayabilir. Hava alanı veya beton yol kaplamaları için yeterli işlenebilirliğe sahip bir beton, sık donatılı ve dar bir kalıp içinde kullanıldığında yeterli işlenebilirliği gösteremez [1].

Kıvam, betonun kendi ağırlığı altındaki hareket yeteneğidir. Ağırlığa karşı gösterilen malzemenin direncidir. Betonun akıcılığını ifade eder ve taze betonun işlenebilirliğini belirleyen en önemli göstergedir. Karma suyunun miktarı kıvamı belirleyen en önemli etkidir. Kıvamı çok yüksek olan bir taze beton, düşük kıvamdaki bir betona göre daha rahat karılabilmekte ve çoğu kez daha rahat yerleştirilebilmektedir; fakat, aşırı sulu bir beton karışımının kalıba yerleştirilmesi ve sıkıştırılması işlemlerinde betondaki su-çimento-(ince taneler) harcı iri agregalardan ayrışma gösterebilmektedir [1].

İşlenebilir bir betonun niteliklerinin başında kohezyon gelir. Kohezyonu iyi olan taze betonun içinde iri agrega taneleri; karıştırma, taşıma ve yerleştirme işlemleri sırasında kütleden ayrılmazlar. İri agregaların bu işlemler sırasında beton kütlelerinden ayrılması olayına betonun çözülmesi veya ayrışması (segregasyon) denir. Segregasyon yapan betonun bünyesi homojen olmaz; iri agregalar bir yanda, harç bir yanda birikir. Betonun dayanımı olumsuz yönde etkilenir [1].

Beton üretiminde kullanılacak suyun içerisinde bulunabilecek klor ve sülfat iyonu gibi yabancı maddelerin miktarları, betonun priz süresine, dayanımına, dayanıklılığına, ve betonarme taşıyıcı elemanlardaki donatı çeliğinin korozyonuna olumsuz etki yapabilecek kadar fazla olmamalıdır [1].

Beton yapımına uygun malzemelerin uygun oranlarda bir araya getirilerek karılmaları işlemindeki süre gerekenden çok kısa veya çok uzun olmamalı, üretilen ve kalıbına yerleştirilen taze betonda segregasyon vuku bulmamalı, ve üniform bir beton elde edilmelidir [1].

Betonun basınç dayanımı, "eksenel basınç yükü etkisi altındaki betonun kırılmadan evvel direnebileceği maksimum basınç gerilmesi" olarak tanımlanmaktadır. Basınç dayanımını deneysel olarak belirlemek için var olan farklı yöntemler şöylece sıralanabilir: (1) taze betondan alınan standart boyutlu numunelerin ilgili standartlarında belirtilen süre ve koşullarda kür edildikten sonra kırılmaya tabi tutuldukları "standart deney yöntemi", (2) taze betondan alınan numunelerin bir ~ iki gün gibi kısa süreyle yüksek sıcaklık ve nem içeren ortamda kür edildikten sonra kırıldıkları "hızlandırılmış kür'e tabi tutulan numunelere uygulanan basınç dayanımı yöntemi", (3) sertleşmiş betondan kesilerek çıkartılan karot numunelerin kırılmaya tabi tutuldukları "karot numunelere uygulanan basınç dayanımı yöntemi", (4) Schmidt beton test çekici denilen bir alet yardımıyla sertleşmiş betonun yüzey sertliğini hasarsız olarak ölçerek betonun basınç dayanımı hakkında yaklaşık bir bilgi elde edildiği "beton test çekici uygulayarak basınç dayanımının tahmin edildiği deney yöntemi", (5) Pundit olarak bilinen ultrasonik test cihazı kullanılarak bulunan basınç dayanımının tahmin edildiği deney yöntemi [1].

Ülkemizde standart deney yönteminin uygulanmasında ulusal güncel standart olan TS-EN-12390-1'da belirtilen boyutlara sahip standart silindir veya küp numuneler kullanılmaktadır. Bu numuneler beton taze iken silindir veya küp şekilli kalıplara TS-EN-12390-2'de belirtildiği tarzda yerleştirilmekte, bir gün sonra kalıplarından çıkartılmakta, ve çıkarılan numuneler deney tarihine kadar (genellikle betonun yaşı 28. güne gelinceye kadar) TS-EN-12390-3'de belirtilen kür ortamında saklandıktan sonra deney presi vasıtasıyla üniform basınç yükü altında kırılmaya tabi tutulmaktadır [1,2].

Aynı kalitedeki bir betondan değişik şekil ve boyutlara sahip numuneler alınıp, değişik koşullar altında kırılma deneyine tabi tutulacak olur ise, bu numunelerin aynı

büyükliklerdeki yükler altında kırılmadıkları görülmektedir. Silindir numunelerin sahip olduğu farklı boy/çap oranı, beton numunesinin silindir veya küp şekilli olması, aynı boy/genişlik oranlarında fakat farklı boyutlara sahip numunelerin kullanılması, deney esnasında uygulanan kırılma yükünün hızı, numune kalıplarına yerleştirilen betondaki en büyük agrega tane boyutu, deney anında numunenin sahip olduğu nemlilik durumu, ve deney anında numunenin sahip olduğu sıcaklığı, basınç dayanımını etkileyen faktörler olarak sıralanabilir [1,2].

Sağlamlığı hakkında tereddüt bulunan betonarme yapıların depreme karşı güçlendirme çalışmaları ve gerçek bir depreme maruz kaldıktan sonra hasar görmüş betonarme yapıların onarım çalışmalarında söz konusu binanın mevcut beton basınç mukavemetinin tespit edilmesi gerekmektedir. Sertleşmiş betonarme betonunun yerinde mukavemetinin tahmini tahribatlı ve tahribatsız birçok yöntemle yapılabilmektedir. En yaygın tahribatlı yöntem olan karot alma yönteminde, yapının uygun elemanlarının belirli yerlerinden, betondaki maksimum agrega dane boyutuna uygun çapta ve belirli sayıda silindirik numuneler özel bir cihazla kesilerek çıkarılmaktadır. Laboratuara nakledilen karotlardan, taş kesme makinesi ve başlıklama aparatı yardımıyla, çoğu kez boyu çapına eşit, yüzeyleri düzlenip başlıklanmış olarak elde edilen numuneler beton presinde basınç deneyine tabi tutularak alınan sonuçlar istatistiksel olarak değerlendirilip yapıda kullanılan beton sınıfı tahmin edilmektedir. Bununla beraber tahminlerin isabetli olabilmesi için karot dayanımına etki eden ve birçok araştırmaya konu olan bütün parametrelerin bilinmesi gerekmektedir.

Geniş kolonlar veya perdeler gibi uygun elemanlardan çıkarılacak karotlardan 150×300 mm'lik numuneler elde edilebilirse, böyle bir numuneye kompressometre takılarak yine beton presinde yapılan uygun basınç deneyi sonucu, betonun kuvvet deplasman eğrisi ve elastisite modülü de elde edilebilir.

Mukavemeti tespit edilecek bazı kolonların kesit boyutları çok küçük olduğu vakit ilgili standartlarda tavsiye edilen 100 mm veya 150 mm'lik karotlar bu narin kolonlardan alınamaz. Bu duruma bir örnek olarak, 1934 yılında işletmeye alınmış olan Kayseri'deki Sümer Bez Fabrikası'nın 2008 yılının Temmuz ayında bazı betonarme binalarının beton mukavemetlerinin tespit edilmesi gerekmiş, bunun için 5 ~ 6 m kadar boyları olmasına karşın 250×350 mm gibi narin kesitli kolonlardan karot alınması zorunluluğu

doğmuştur. Böyle durumlarda 50 mm'lik, hatta, TS-12504-1'e göre 25 mm'lik karotlar dahi alınabilir. İlgili Türk Standartları ve İngiliz ve Amerikan Standartları ise 100 mm veya 150 mm'lik karotların alınmasını tavsiye etmekte, zorunlu hallerde alınan 50 mm'lik karotlar üzerinde beton presinde ölçülen mukavemetin düzeltilmesi gerektiğini belirtmektedirler [3, 4, 5, 6, 7, 8].

TS-10465, TS-EN-12504-1, BS-1881-120, ASTM-C42/C-42M, ACI-214.4R [3, 4, 5, 6, 7, 8] gibi ilgili standartlarda 50 mm'lik karottan 100 mm'lik karota dönüşüm için farklı, hatta oldukça farklı katsayılar önerilmektedir. Dolayısıyla, bu çalışmanın amacı, 50 mm çapındaki karotlar ile 100 mm'lik ve 150 mm'lik karotlarda doğrudan ölçülen mukavemetler arasındaki oranları çok sayıda deney yaparak belirlemek olmuştur. Bu amaçla, çalışmada, kullanılan betondan taze iken alınmış 150×150 mm'lik küp ve 150×300 mm'lik silindir numunelerden ve inşa edilen L biçiminde betonarme ünitelerden alınan çok sayıda 50, 100, 150 mm çaplarındaki karotlardan basınç dayanımları ölçülmüştür. Karot alınan noktalardan, karot alınmazdan önce Schmidt beton çekici ve ses üstü (ultrasonik) atım hızı (Pundit) ölçümleri de alınmış, bu tahribatsız deney bulgularının tahribatlı deney bulguları ile ilişkileri de incelenmiştir.

1. BÖLÜM

BETONUN BASINÇ DAYANIMI

1.1. BASINÇ DAYANIMI

Betonun en çok ilgilenilen özelliği betonun basınç dayanımıdır. TS EN 206'ya göre beton basınç dayanımı sınıfı cinsinden belirtilir. Beton uygunluğu genel olarak basınç dayanımı kriterine göre değerlendirilir [1, 9].

Yapılan araştırmalar beton özelliklerinin basınç dayanımı ile aynı yönde değiştiğini göstermiştir [71]. Bu nedenle günümüzde beton kalite kontrolü, standart numunelerin kullanıldığı basınç dayanım deneyleriyle yapılmaktadır. Bu yöntem taze beton karışımından belirlenmiş kurallara uygun olarak numuneler alınıp standart boyutlardaki küp veya silindir kalıplara doldurulması (Şekil 1), bakım ve kür, deneyin yapılması ve sonucun alınması aşamalarıyla standart bir hal almıştır. Deney sonucu basınç dayanımı, kontrolü yapılacak beton döküm işinde aynı harmandan alınan deney numunelerinin ortalama basınç dayanımıdır. Betonun basınç dayanımında esas olan betonun yaşıdır. Betonun basınç dayanımı zamana bağlı olarak artmakta olup, bu artış 28 güne kadar hızlı sonrasında yavaştır. Beton pratik yönden 3., 7., 28. ve 90. günlerde basınç dayanım testine tabi tutulabilir. Fakat bütün devletlerin standartlarında, hesaplamalar ve değerlendirmeler için 28. gün basınç dayanımı esas alınmaktadır. Beton sınıflandırmasında esas alınacak 28 günlük basınç dayanımlarının tayininde, yaygın olan 32 mm ve 16 mm maksimum boyutlu agregalar ile üretilmiş betonlar için 150×300 mm'lik silindir veya 150×150×150 mm'lik küp deney numuneleri kullanılmaktadır [71, 2, 9]. TS-EN-12390-1'e göre, maksimum tane çapına bağlı olarak bu boyutlar küplerde ve silindir çaplarında 100 mm ile 300 mm arasında değişebilmektedir.

Servis koşullarında betonarme yapı dizaynı yapanlara ortalama bir basınç dayanımı değeri gerekebilir. Bu değer genel olarak karakteristik basınç dayanımının 28. günde 3MPa üstü kadardır. Betonun karakteristik dayanımı, beton sınıfını tanımlama için kullanılan, istatistiksel verilere dayanılarak belirlenen ve bu değerden daha küçük dayanım değeri elde edilmesi olasılığının %5 veya bazen %10 olduğu (TS EN 206'ya göre %5) dayanım değeridir. Daha sonraki günlerde de beton dayanım kazanmaya devam eder. Bir sene sonraki dayanım, kullanılan çimento cinsi ve mineral katkıya göre değişmekle birlikte, 28. günkü dayanımdan yaklaşık % 30 ~ % 40 daha fazladır [1,9].

1.1.1. Çekme Dayanımı

Betonarme yapıların dizaynında betonun çekme dayanımı öngermeli elemanların çatlama momentlerinin hesaplanmasında, çatlama genişliklerinin kontrol edilmesi için donatı hesaplanmasında, erken yaş termal gerilmelerinin neden olduğu çatlakların belirlenmesinde, sehim hesabının yapılmasında kullanılır. Özellikle yüksek sınıf beton kullanımıyla yapı elemanındaki çatlak ve sehim miktarı azalır. Diğer yandan yüksek dayanımlı betonlarda erken yaş termal gerilmeleri daha geniş aralıklarla daha geniş açıklıkta istenemeyen çatlaklara neden olabilir [9].

Beton yollarda olduğu gibi, donatısız beton dizaynında betonun çekme dayanımı hesaplarda gerekir. Bu durumda daha yüksek dayanımlı beton kullanmak istenilir. Çekme dayanımı lifli betonlarda artmaktadır [9].

Malzeme en zayıf halkasından kırılır. Deney uygulanan numune ne kadar büyükse o kadar büyük bir olasılıkla belli bir düzlemde boşluklar meydana gelir. Bu nedenle yapı boyutu önemlidir. Beton için eğilmede çekme dayanımının yarmada çekme dayanımından daha büyük olduğu, yarmada çekme dayanımının da direkt çekme dayanımından daha büyük olduğu bilinmektedir [9].

Betonun çekme dayanımı ilgili standartlara göre (EN 12390-6 veya EN 12390-5'e göre) ölçülür. Alternatif olarak 3 nokta yükleme veya herhangi bir standardı olmayan direkt çekme deneyleri de yapılabilir [9, 10, 11].

Çekme dayanımı dağılımının standart sapması basınç dayanımı dağılımından daha fazladır. Bu nedenle çekme dayanımını hedef olarak belirlenirken dikkat edilmelidir [9].

Çekme dayanımı standartlarda 28 gün olarak verilse de çekme dayanımının zamanla gelişimi incelenmelidir. Yarma veya eğilme deneyi her yaş için en az 6 numune alınarak

yapılıp her yaş için bir ortalama çekme dayanımı hesaplanabilir. Ortam şartları kayıt altına alınarak çeşitli bilgisayar modellemeleri ile dayanımlar farklı olgunluklar için tahmin edilebilir [9].

Artan basınç dayanımı ile çekme dayanımının da arttığı bilinmektedir. Beton pastası miktarının artmasının çekme dayanımı üzerine fazla bir etkisi yoktur. Fakat, iri agreganın çekme dayanımı üzerine belirgin bir etkisi vardır [9].

1.1.2. Basınçta çatlama ve kırılma

Malzemelerin gerilme altında iki veya daha fazla parçaya ayrılmasına kırılma denir. Kırılmanın karakteri malzemeden malzemeye değişir ve genellikle tatbik edilen gerilmeye, sıcaklığa ve deformasyon hızına bağlıdır. Kırılma başlıca iki safhadan oluşur. Birinci safha «çatlak teşekkülü», ikinci safha ise «çatlağın ilerlemesi»dir. Yani kırılma, karakteri ne olursa olsun çatlak teşekkülü + çatlağın ilerlemesi ile oluşur. Malzemelerin kırılması çeşitli şekillerde sınıflandırılabilir.

Çok az veya hiçbir plastik deformasyon bırakmadan malzemenin kırılmasına gevrek kırılma denir. Birçok hallerde gevrek olarak kırılan malzemelerde, yalnız kırık yüzeyi civarında az miktarda plastik deformasyon meydana gelir [12].

Kırılma öncesi malzemede plastik deformasyon meydana gelirse bu tip kırılmaya sünek kırılma denir. Sünek kırılmanın meydana gelebilmesi için cisimde belirli bir miktarda plastik deformasyonun da meydana gelmesi gerekir, çünkü sünek kırılmayı oluşturmak için plastik deformasyon gereklidir. Bu sebeple de sünek kırılmayı meydana getirmek için uygulanan gerilmenin, malzemede plastik deformasyonu sağlayacak seviyede olması gerekir [12].

Yüksek sıcaklıklarda, sabit gerilme veya sabit yük altında malzemelerin sürünme deformasyonu sonucunda kırılmasına, sürünme kırılması denir. Makroskopik açıdan bakıldığında, sürünme kırılması malzemede plastik deformasyon sonucunda oluşur, bu sebeple sünek kırılmaya benzer. Mikroskopik açıdan ise, sürünme kırılması, düşük sıcaklıklarda meydana gelen sünek kırılmadan farklıdır.

Malzemeler elastik limit veya çekme dayanımı altındaki alternatif yükler altında kaldıklarında zamanla kırılma gösterirler, bu olaya yorulma kırılması adı verilir. Yorulma kırılmaları genel olarak plastik deformasyon meydana gelmeden de olabilir. Bazen yorulma kırılmaları sünek kırılmalara benzerse de yorulma kırılmasında çatlak

ilerlemesi sünek kırılmadan farklı olup, çatlak her bir yükleme periyodunda ancak belirli bir miktar ilerler [13].

Mikroskopik açıdan incelendiğinde; malzemeyi meydana getiren bir tanenin kırılması, kristallografik düzlemler üzerinde veya kristallografik düzlemleri kesen atomlar arası bağın kopması yani atomlar arası kohezyon kuvvetinin sıfıra inmesi sonunda olur. Malzemelerin kırılması mikroskopik açıdan farklı şekilde, aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir.

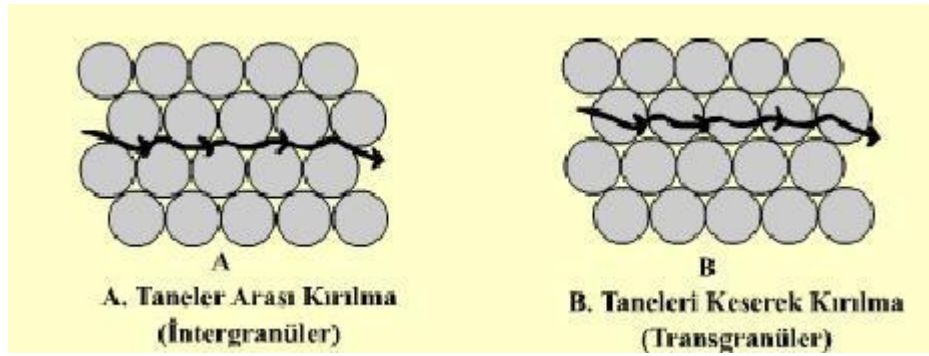
Kırılma, klivaj (cleavage) düzlemleri diye bilinen belirli kristallografik düzlemler boyunca meydana gelirse, buna klivaj kırılması denir. Klivaj düzlemleri en düşük yüzey enerjisine sahip düzlemlerdir. Bu tip kırılma, klivaj düzlemine dik normal gerilmelerin kritik bir değeri aşması ile klivaj düzlemine dik atom bağlarının koparılması sonucunda olur. Tek eksenli gerilme halinde, çatlak çekme yönüne dik olarak ilerleme eğilimi gösterir, ve bu sebeple de klivaj kırılmaları düz bir görünüm gösterir. Çok taneli malzemelerde, klivaj düzlemlerinin oryantasyonu her tanede farklı olup, bir taneden diğer taneye geçildikçe çekme doğrultusuna dik olmayacaktır. Dolayısıyla bir tane boyutundan daha büyük mesafelerde klivaj kırılması düz görünüm göstermeyecektir, tane değiştikçe yön değiştirecektir [12].

Malzemelerin gevrek kırılması, genellikle klivaj kırılması şeklinde olur. Klivaj kırılması granüler veya kristalin bir görünüşe sahiptir, çünkü bu tip kırılma her bir tane içerisindeki bir düzlemde meydana gelir. Klivaj kırılmasında genellikle tanelerin şekli bozulmaz ve yüzeyin görünüşü düzdür, kırılma yüzeyi ışığı çok iyi yansıtır ve parlak olarak görünür.

Kayma kırılması, kayma gerilmesinin kritik bir değeri aşması ile atom düzlemlerinin kayması sırasında atom bağlarının kopması suretiyle meydana gelir. Atom bağlarının kayma ile kopması sonucunda meydana gelen bu kırılma, bölgesel homojen olmayan plastik deformasyon işleminden ibarettir. Metalik malzemelerde plastik deformasyon, kaymaya karşı direnci az olan atom düzlemlerinin kayması ile meydana gelir. Bu düzlemlere kayma düzlemleri adı verilir. Metalik malzemelerde kayma çatlakları maksimum kayma gerilmesinin bulunduğu kısımlarda ilerleme eğilimi gösterir. Çatlağın takip ettiği yol yükleme şekline, iç gerilmeler meydana getiren faktörlere ve matriks yapısına bağlıdır. Bu tip kopma, çatlak ilerleyişi makroskopik olarak çekme yönüne dik olduğundan normal kopma veya kırık yüzeyi görünüşü lifi olduğundan lifi kırılma adını

alır. Mikroskopik olarak, çatlak çekme eksenine ile 45°lik açı yapan düzlemlerde ilerleyerek kayma kırılmasını meydana getirmiştir [13].

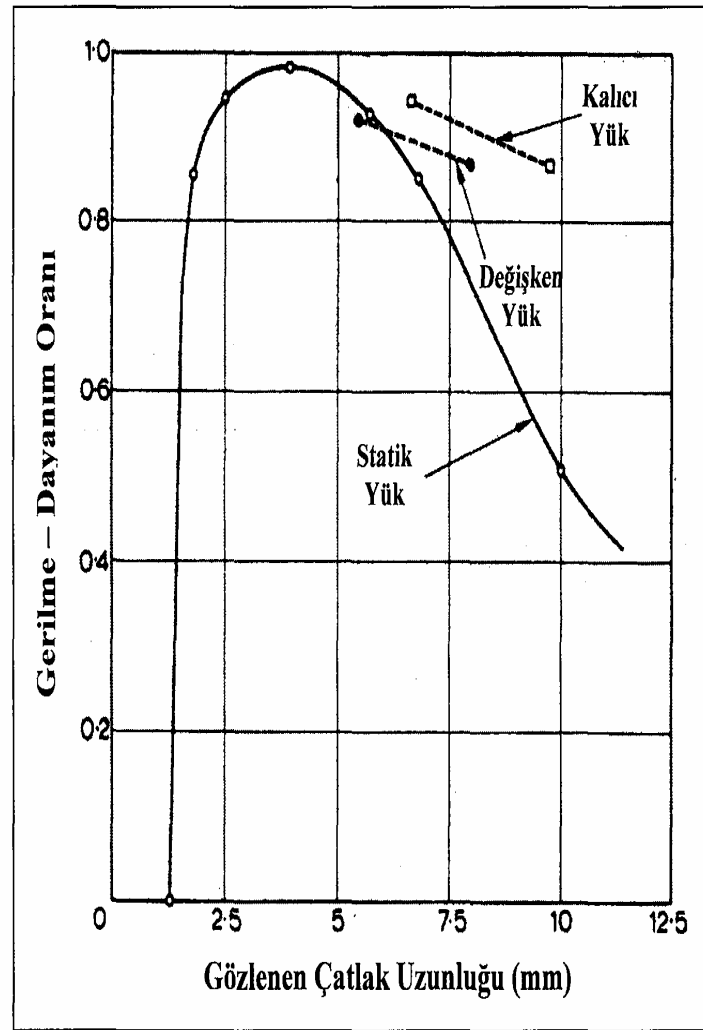
Kırılma, tane sınırlarından veya taneleri keserek oluş şekline göre de aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir.



Şekil 1.1. Tane sınırlarından veya taneleri keserek oluş şekline göre kırılmanın sınıflandırılması.

1.1.3. Mikro çatlaklar

Betonun kırılması çatlakların oluşması sonucunda meydana geldiğinden, bu konunun ayrıntıları detayları ile birlikte ele alınmalıdır. Yapılan araştırmalara göre, beton yüklenmemiş olsa bile çimento hamuru ile iri agrega taneleri arasında çok ince çatlaklar vardır. Bu çatlaklar muhtemelen çimento hamuru ile iri agreganın mekanik özellikleri arasındaki kaçınılmaz farkların, büzülme ve ısı hareketlerinin etkileriyle birleşmesinden dolayıdır. Mikro çatlaklar boyutları itibarıyla evrensel olarak tanımlanmamış olsalar da, üst limitleri 0,1 mm olarak öngörülen çatlaklardır.



Şekil 1.2. Gözlenen çatlak uzunluğu ile gerilme/dayanım oranı arasındaki ilişki [14]

Tüm bu anlatımlardan da anlaşılacağı gibi, mikro çatlaklar betonun genel bir özelliğidir. Çatlakların durağan (kararlı) olması durumunda zararları yoktur. Mantığa aykırı gelen bir şekilde, erken mikro çatlakların yeri, çimento hamuru ve iri agregası arasındaki ara yüzey olmasına rağmen, iri agreganın bulunması müstakil bir geniş çatlakların ilerlemesine engel teşkil eder. Bu nedenle beton heterojenliği burada faydalı görülmektedir. Agregası-çimento hamuru ara yüzeyi, uygulanan yüke mümkün olan tüm açılarda ve doğrultularda oluşabilir. Böylece yerel gerilmeler esasen, uygulanan nominal gerilmelerin aşağısında ve yukarısında olmak üzere değişkenlik gösterebilir [14].

1.2. BETON YAŞININ ETKİSİ

Taze betonun üretildiği ve yerleştirildiği andaki sıcaklık, yerleştirildiği andan itibaren betonun karşılaştığı nem ve sıcaklık ortamı, ve betonun uygun nem ve sıcaklık ortamında ne kadar uzunlukta tutulduğu, çimentodaki hidratasyonun ne hızda ve ne ölçüde yer alabilmiş olduğunu, dolayısı ile, betonun kazanacağı dayanımın hızını ve miktarını etkilemektedir [1,2].

Betondaki çimentonun hidratasyonunun devam edebilmesi için uygun nemlilik ve sıcaklık koşullarının mevcut olması gerekmektedir. Hidratasyon için gerekli koşullar ortadan kalkmadıkça, ilk zamanlarda çok hızlı bir tempoda yer alan hidratasyon, zaman ilerledikçe giderek azalan bir tempoda da olsa, devam etmektedir. Bir başka deyişle, betonun ilk zamanlarında hızla başlayan dayanım artışı, zaman ilerledikçe, düşük oranda da olsa devam etmektedir [1,2].

Beton dayanımı geleneksel olarak 28 günlük dayanım değeri ile karakterize edilir ve betonun bazı diğer özellikleri 28 günlük beton dayanıma atfedilir. Beton test yaşı olarak 28 günlük bir zamanın seçiminde özel bir neden yoktur. Ancak, 28 gün bir haftanın dört katıdır ve beton karıştırılıp döküldükten dört hafta sonra test edilmektedir [1,2].

1.3. BASINÇ DAYANIMININ BELİRLENMESİ

Betonun basınç dayanımı, taze betondan hazırlanan standart boyutlu numunelerin beton standartlarında belirtilen süre ve koşullarda kür edildikten sonra kırılmaya tabi tutuldukları "standart deney yöntemi" ile belirlenir [1,9]. Taze betondan hazırlanan numunelerin bir-iki gün gibi kısa süreyle yüksek sıcaklık ve nem içeren ortamda kür edildikten sonra kırıldıkları "hızlandırılmış kür'e tabi tutulan numunelere uygulanan basınç dayanımı yöntemi" de mevcuttur [1]. Sertleşmiş betondan kesilerek çıkartılan karot numunelerin kırılmaya tabi tutuldukları "karot numunelere uygulanan basınç dayanımı yöntemi" de mevcuttur. Beton test çekici denilen bir alet yardımıyla sertleşmiş betonun yüzey sertliğini hasarsız olarak ölçerek betonun basınç dayanımı hakkında yaklaşık bir bilgi elde edildiği "beton test çekici uygulayarak basınç dayanımının bulunduğu deney yöntemi" de mevcuttur. Ultrasonik test cihazı kullanılarak bulunan basınç dayanımının bulunduğu deney yöntemi de mevcuttur [15].

Standard deney yönteminin uygulanmasında beton standartlarında belirtilen boyutlara sahip standart silindir veya küp numuneler kullanılmaktadır. Bu numuneler beton taze iken silindir veya küp şekilli kalıplara, beton standartlarının belirttiği tarzda, yerleştirilmekte ve bir gün sonra kalıplarından çıkartılmaktadır. Kalıplarından çıkartılan sertleşmiş beton numuneleri, deney tarihine kadar (genellikle betonun yaşı 28. güne gelinceye kadar) beton standartlarının belirttiği kür ortamında saklandıktan sonra, deney presi olarak adlandırılan bir alet vasıtasıyla üniform basınç yükü altında kırılmaya tabi tutulmaktadır [15].

Basınç dayanımı şu şekilde hesaplanmaktadır:

$$\sigma = N/A$$

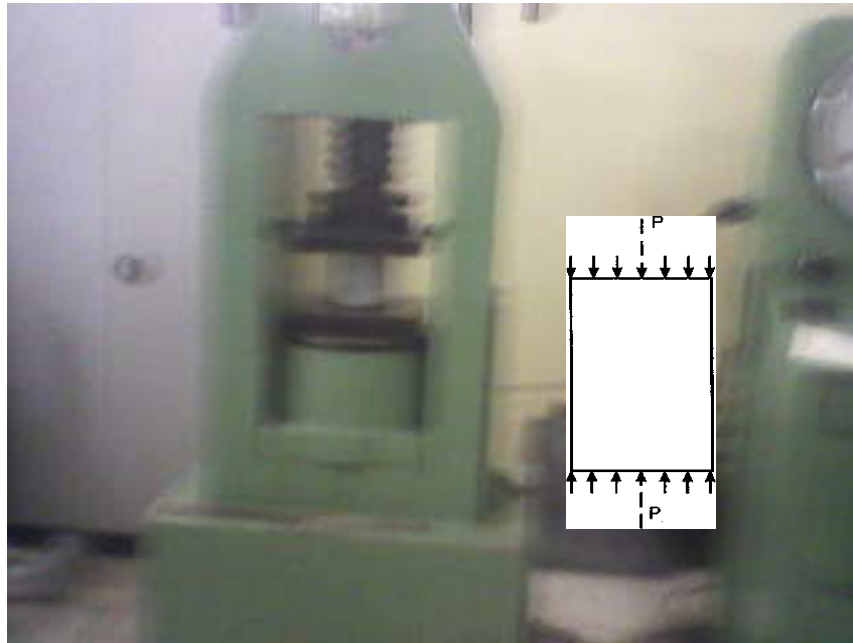
Burada,

σ = Basınç dayanımı (maksimum basınç gerilmesi),

N = Numunenin kırılmasına yol açan maksimum yük miktarı,

A = Numunenin kesit alanı'dır.

(En az 3 numunede bu işlem yapılır, ortalaması hesaplanarak o yaştaki betonun basınç dayanımı olarak belirtilmektedir.)



Şekil 1.3. Standart deney yönteminin uygulanması.

2. BÖLÜM

BETON BASINÇ DAYANIMINI ETKİLEYEN FAKTÖRLER

2.1. KARIŞIM ORANLARININ ETKİSİ

Beton bileşenlerinin (çimento, su, iri ve ince agreg, katkı maddeleri) karışım oranlarındaki değışikliğin beton basınç dayanımları üzerindeki tesirlerini anlayabilmek için bu bileşenlerin beton basınç dayanımlarına etkilerini bilmek gerekir. Her durum için bileşenlerden birinin değışip diğerlerinin sabit kaldığı varsayılır. Betonda yeterli basınç dayanımının elde edilmesi, büyük oranda su ve çimentodan oluşan bağlayıcı hamurun niteliğine ve niceliğine bağlıdır. İstenilen dayanımı en ekonomik şekilde elde etmek ise, bağlayıcı hamur azaltılıp yerine daha fazla agreg kullanmakla mümkündür. Öte yandan, yeterli akışkanlığın sağlanması için bağlayıcı hamurun miktarının artırılmasının gerektiği bilinmektedir. Bağlayıcı hamur, agreg boşluklarını doldurmaktan başka agreg taneciklerinin etrafını ince bir tabaka halinde sarmalı ve böylece onların fazla girift olmamasını sağlamalıdır. Bu şekilde homojen bir yapı oluşacaktır. Bu durumda, bağlayıcı hamurun miktarında biri agreg boşlukları, öteki agreg yüzeyleri olma üzere iki unsurun belirleyici olduğu söylenebilir. Bunlardan birini önemseyip ötekini ihmal etmemek gerekir. İdeal bir granülometrinin mümkün olduğu kadar az boşluklu ve mümkün olduğu kadar az toplam tanecik yüzeyli olması istenir. En az toplam tanecik yüzeyi, agreg içindeki maksimum tanecik çapının (betonda istenilen şartların sınırları içinde) en büyük alınması ve diğer agreg çaplarının da buna bağımlı olarak büyümesiyle sağlanır. Agreganın en az boşluklu olması ise, büyük taneciklerin aralarındaki boşlukların sürekli daha küçük taneciklerle doldurulabileceği bir agreg granülometrisi düzenlenmesiyle elde edilir [1].

2.1.1. Su/çimento oranının etkisi

Betonda en önemli hadiselerden biri de su/çimento oranının ve agrega nemliliğinin iyi ayarlanmasıdır. Karışıma katılmadan evvel agreganın suya doygun ve yüzeyinin kuru olması makbuldür; lakin bunu her zaman sağlamak olanaksızdır. Eğer bu sağlanırsa, ortalama dayanım sınıfında bir betonda hidrasyon reaksiyonunun başlangıcını vermek için %25, %30 gibi bir su/çimento oranı yeterlidir. Yani 1 m³ betona 300 kg çimento koyarsanız, ilk karışımda 75 kg su kullanmanız teoride yeterlidir; ancak pratikte hiçbir zaman bu olamaz. Çünkü bu oranda tüm çimento tanelerinin ıslanmaması gibi bir risk vardır ve beton bu haliyle işlenemez. O yüzden genel olarak su/çimento oranı %55'lerde seyrederek; bunun da uzun vadede betonda boşluk oluşması riski olduğu içini işlenebilirlik için katkı maddelerine başvurulur [1].

Tablo 2.1. Optimum değerlere göre su miktarlarının azalmasının dayanım üzerindeki etkisi [1].

OPTİMUM DEĞERE GÖRE SU MİKTARI	MUKAVEMETTEKİ AZALMA	SU/ÇİMENTO ORANI	DAYANIM KĞ/CM2
		0.40	360
		0.50	295
% 10 EKSİK OLMASI	% 10	0.55	265
		0.65	210
% 20 EKSİK OLMASI	% 60	0.70	190
		0.80	150
% 20 FAZLA OLMASI	% 30	0.90	125
% 30 FAZLA OLMASI	% 50	1.00	100
% 100 FAZLA OLMASI	% 80	AÇIKLAMA: SU/ÇİMENTO ORANI 0.40 DEMEK 100 KİLO ÇİMENTOYA 40 LİTRE SU KATILMALIDIR.	

Beton basınç dayanımı üzerinde en büyük etkiyi su/çimento oranı yapar. Su, betona üç amacı gerçekleştirmek için ilave edilir. (1): Çimentonun hidrasyon (kimyasal) reaksiyonunu sağlamak için ağırlığın yaklaşık %25 oranında suya gereksinim vardır. (2): Agrega yüzeylerini ıslatmak ve çimento ile agrega arasındaki aderansı sağlamak için ağırlığın %10 u kadar suya gereksinim vardır. Agrega yüzey alanı arttıkça ıslatılması gereken alan artacağı için su gereksinimi artacaktır. (3): Betonun

akışkanlığını sağlamak için ağırlığın yaklaşık % 12 si kadar suya gereksinim vardır; daha fazla akışkanlık isteniyorsa, kimyasal akışkanlaştırıcı kullanılarak karışım suyu miktarı azaltılabilir. Betona çimentonun hidratasyon prosesinin dışında ilave edilmiş olan su zaman içerisinde buharlaşarak ortamdan ayrılır ve buharlaştığı yerde hacmi kadar boşluk bırakır. Aynı zamanda betonda su/çimento oranı ne kadar artarsa betonun büzülme katsayısı da o kadar artacak demektir. Betonun büzülme katsayısının artması betonda çatlamların oluşumuna neden olacağı gibi çimento pastası ile agrega arasındaki aderansı zayıflatacaktır. Betondaki su hacminin bulunduğu ortamdan suyun uzaklaşmasıyla oluşan boşluklar beton basınç dayanımının azalmasına neden olur. Beton içindeki su/çimento oranını gereksinim altında kullanılması da çimentonun hidratasyon prosesini tamamlamamasına neden olacağından ve beton homojen yerleştirilemeyeceğinden beton basınç dayanımlarının azalmasına neden olur [1].

Tablo 2.2. 28 günlük basınç dayanımına göre su/çimento oranları [1].

28 GÜNLÜK BASINÇ DAYANIMINA GÖRE EN BÜYÜK SU/ÇİMENTO ORANI					
W/C ORANI	BETON SINIFI	HAVA KATKISIZ BETON		HAVA KATKILI BETON	
		Karakteristik DAYANIM	ORTALAMA DAYANIM	KAREKTERİSTİK DAYANIM	ORTALAMA DAYANIM
0.70	C14	180	225	155	190
0.65	C16	200	250	195	230
0.60	C20	250	310	250	290
0.50	C25	300	370	290	330
0.40	C30	350	420	350	390
0.36	C35	400	480	420	460
0.34	C40	450	540	-	-
0.32	C45	500	590	-	-
0.30	C50	550	640	-	-
0.28	C55	600	700	-	--

1 m³ betonda agrega maksimum dane çapı (Dmax) ile beton dayanımı ve ilgili özellikleri arasındaki ilişki şu şekilde özetlenebilir: Dmax küçüldükçe beton dayanımı azalmakta ve betonun mekanik nitelikleri olumsuz etkilenmekte, Dmax büyüldükçe betonun dayanımı artmakta betonun nitelikleri olumlu yönde etkilenmektedir [1]. Fakat,

bu bilgiler özel şekilde üretilen ve kendiliğinden yerleşen beton (self-compacting concrete) diye adlandırılan beton için geçerli değildir.

Başta da söylenildiği gibi su/çimento oranının büyümesi ise agrega ile temas eden harcın porozitesini yükseltir. Bu, betona işlenebilirlik için katılan ve hidratasyona girmeyen suyun yerleşme sonrası bu bölgelerde tutulması sonucu ortaya çıkmış bir durumdur. Bu oluşum sonrası iri agrega - harç temas yüzeyleri, porozite nedeniyle azalır ve bu bölgede su/çimento oranı hamurun diğer yerlerine göre daha yüksek olduğu için agrega ile temas eden harcın dayanımı düşer. Bütün bunların sonucunda agrega - çimento hamuru bağı zayıflar. Yani, yüzey ve tane şekli açısından bağlanmayı güçlendirecek en iyi kalitede agrega kullanılması durumunda bile eğer su/çimento oranı yüksek ise agrega beklenen etkiyi (bağ dayanımını) gösteremez. Ters durumda, yani su/çimento oranının küçülmesi ile harç fazının elastisite modülü büyür. Böylece harç fazı elastisite modülü / iri agrega elastisite modülü oranı da büyümüş olur. Bu değişim iri agrega - çimento hamuru sınırlarında oluşan gerilmeleri küçültücü yönde etki yapar. Bundan dolayı süreksizlik sınırına daha büyük bir kuvvet altında varılır [1].

2.1.2. Agrega/Çimento oranının dayanıma etkisi

Agrega/çimento oranı beton dayanımını etkileyen ikincil bir unsurdur. Ancak sabit su/çimento oranında, çimento oranı düşük karışımların daha yüksek dayanım gösterdikleri gözlenmiştir. Bunun nedeni açık olmamakla birlikte, bazı durumlarda, karışım suyunun bir kısmı agrega tarafından emilmekte ve agrega miktarı fazlaştığında ise emilen su miktarı daha fazla olmakta ve bu da etkili su/çimento oranının azalmasına yol açmakta, ve sonuçta beton dayanımını artırmaktadır. Diğer bir nedeni ise, yüksek agrega içeriğinin betonda meydana getirebilecek büzülme ve terlemenin daha az olmasına yol açması ve böylece agrega ile çimento hamurunun arasındaki bağın daha az hasar görmesini sağlamasıdır. Beton karışımındaki agrega içeriğinin dayanım üzerindeki etkisi Şekil 4. de gösterilmiştir [14].

Bazı kaynaklarda beton dayanımı, çimento hamuru ve iri agrega dayanımı ile çimento hamuru-agrega bağ dayanımı olgusuyla açıklanmaktadır[14]. Eğer betonu basitçe anlaşılır kılmak adına böyle bir açıklama yapılmışsa bu tespit bir yere kadar doğrudur. Aksi durumda betonun ve betonu meydana getiren malzemelerin diğer özellikleri ve kırılma anında yükleme durumu, kırılma şekli gözden kaçırılmış olunur. Bununla birlikte bütün araştırmacıların üzerinde anlaşmaya vardığı bir gerçek vardır ki, o da

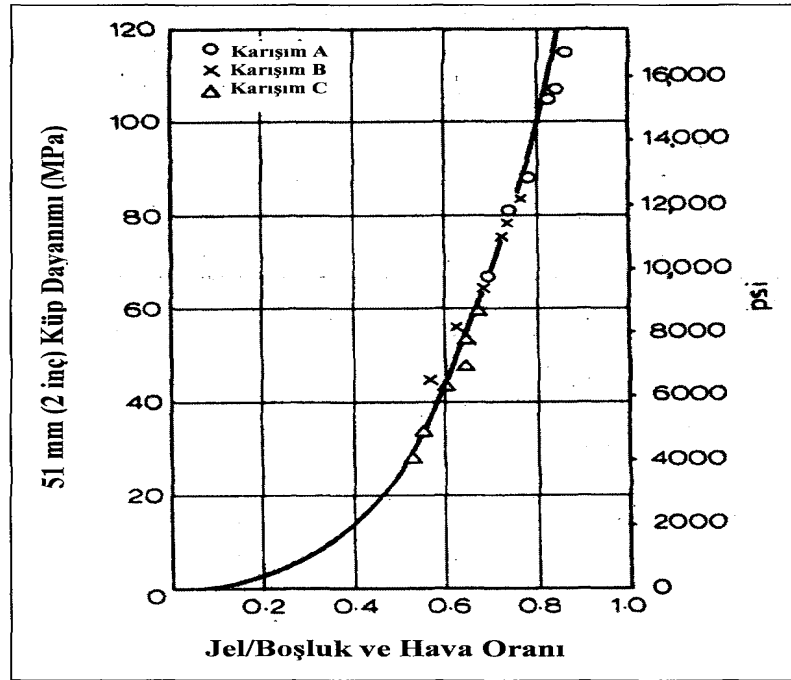
çimento hamuru ile agrega arasındaki bağın betonun mekanik davranışını büyük ölçüde etkilediği ve aradaki bu temas yüzeyinin zayıf bir hat olduğu gerçeğidir[14].

2.1.3. Çimento hamurundaki jel/boşluk oranlarının etkisi

Çimento hamurunun dayanımında hidratasyon ürünlerinin hepsinin az çok katkısı olmasına rağmen, dayanımdaki en büyük pay hidrate olmuş kalsiyum-silikat (C-S-H) (trikalsiyum-silikat-hidrat ve dikalsiyum-silikat-hidrat) jellerine aittir. Hatta çimento hamuru dayanımının C-S-H jellerinin oluşmasıyla meydana geldiği söylenebilmektedir. Çimento hamurundaki jel hacminin, jel oluşumu için mümkün olan boşluk hacmine oranı, jel/boşluk oranı olarak tanımlanmakta ve aşağıdaki gibi gösterilmektedir [1]:

$$\text{Jel/Boşluk oranı} = \text{Jel hacmi} / (\text{Jel hacmi} + \text{Kapiler boşluk hacmi}) \quad (1)$$

Harcın basınç dayanımı ile jel/boşluk oranı arasındaki gerçek ilişki Şekil 4’de gösterilmektedir. Burada dayanım jel/boşluk oranının küpü ile doğru orantılıdır. Elde edilen sayısal değerler farklı Portland çimentosu tipleri için küçük farklılıklar gösterebilir. Ancak kimyasal birleşimde trikalsiyum alüminat miktarı yüksek olan çimentoların, aynı jel/boşluk oranlarında, daha düşük basınç dayanımına sahip oldukları bilinmektedir [14].



Şekil 2.1. Çimento harcının jel/boşluk oranı ile basınç dayanımı arasındaki ilişki [14].

2.2. MALZEME ÖZELLİKLERİNİN ETKİSİ

Beton üretiminde başlıca iki hedeften söz edilmektedir. Bunlar, betonun istenilen kalite ve özelliklerde olmasıyla birlikte, istenilen kalitedeki betonun ekonomik tarzda üretilmiş olmasıdır. Beton kalitesinden vazgeçmek mümkün değildir. Öte yandan, istenilen performans ve dayanıma sahip betonun ekonomik olarak üretilmesi en az kalite kadar önemlidir [1]. Beton kompozit bir malzemedir ve agrega, çimento, su ve bazen katkı maddelerinin birlikte karılmasıyla üretilmektedir. Böyle olunca, betonu oluşturan malzemelerin özellikleri de taze ve sertleşmiş betonun özelliklerini önemli ölçüde etkiler.

2.2.1.Çimento özelliklerinin beton dayanıma etkisi

Çimentoların kimyasal kompozisyonu ve çimento tanelerinin inceliği çimento tipini de belirleyen unsurlardır. Bu özellikler hidrasyon olarak da bilinen, su ile çimento arasındaki reaksiyonun hızını etkilemektedir. Dolayısıyla, çimento hamurunun dayanım kazanma hızı ve ne ölçüde dayanım kazandığı da çimentoların bahsedilen özellikleri ile yakından ilgilidir[1,16].

2.2.2. Agrega özelliklerinin beton dayanıma etkisi

Agrega beton hacminin kabaca dörtte üçünü oluşturduğundan, agrega özellikleri de taze ve sertleşmiş beton özelliklerini önemli bir şekilde etkilemektedir. Agreganın maksimum dane boyutu, tane şekli, yüzey özellikleri, dayanım ve agrega üzerinde bulunabilecek zararlı maddeler beton dayanımını önemli ölçüde etkileyen unsurlardır [1, 17]. Dolayısıyla agrega çeşidi de beton dayanımını etkilemektedir. Basınç dayanımı 30 MPa civarında olan betonlar için bu etki az olmasına karşın, yüksek dayanımlı betonlarda agreganın çeşidi önem kazanmaktadır [18, 19, 20]. Çünkü yüksek dayanımlı betonlarda çekme dayanımı harç tarafından kontrol edilirken basınç dayanımı agreganın dayanımı ve yüzey karakteristikleri tarafında belirlenmektedir [18].

2.2.3. Karma suyunun kalitesinin beton dayanıma etkisi

Betondaki karışım suyu, agrega ve çimento ile birlikte betonu oluşturan temel malzemelerden birisidir. Karışım suyu, taze betonda agrega tanelerinin yüzeylerini ıslatarak betonda yağlayıcı etki oluşturmakta ve betonun işlenebilirliği olarak ifade edilen karma, yerleştirme ve sıkıştırma işlemlerinin kolaylaşmasını sağlamaktadır.

Betonda kullanılacak olan karışım suyunun miktarı ve özellikleri, taze betonun tüm özelliklerini ve sertleşmiş betonun ise dayanım ve çevresel etkilere karşı göstereceği dayanım olarak da adlandırılan, durabilite (dayanıklılık) gibi çok önemli özelliklerini etkilemektedir. Bu nedenle, beton yapımında karışım suyu olarak kullanılacak su çok temiz olmalı ve içerisinde sertleşmiş betonun özelliklerini olumsuz yönde etkileyecek kil, şist, asit, klorür, sülfat, yağ gibi zararlı maddeler bulunmamalıdır. Karışım suyunun içindeki zararlı maddelerin miktarı, çimento hamuru ve betonun karışma süresini, basınç dayanımını ve hacim sabitliğini olumsuz yönde etkileyebilmektedir [21].

2.3. BETON KÜR ORTAMININ BETON DAYANIMINA ETKİSİ

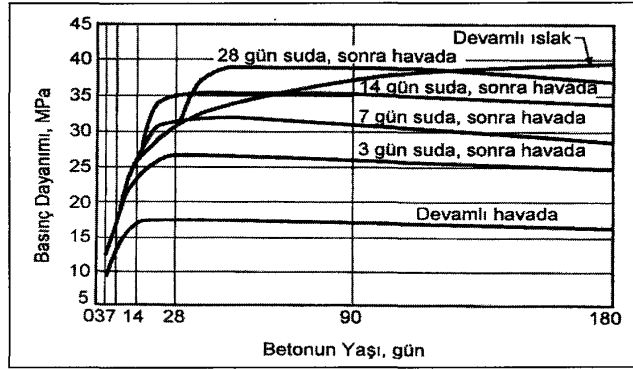
Betonda, özellikle erken yaşlarda, yeterli hidratasyonun sağlanması ve bu ortamın korunması işlemine betonun kür edilmesi adı verilmektedir. Betonun kürü için beton sıcaklığının belirli bir ısıdan aşağıya düşmemesi ve belirli bir üst sınır ısıdan yukarıya çıkmaması, ve hidratasyon için yeterli miktarda su bulunması gerekmektedir [1].

2.3.1. Kür süresince ısı ve nemin beton dayanıma etkisi

Betondaki nem kaybı belirli bir değeri aştığında ve beton üzerindeki bağıl nem %80'den aşağı düştüğünde hidratasyon çok yavaşlar, hatta durur ve betonun dayanımı gelişmez. Bu durumda beton, olması gereken potansiyel dayanımdan daha az bir dayanıma ulaşacaktır. Bu etki yüksek dayanımlı (düşük su/çimento oranı ile üretilen) ve puzolanlı çimento ile üretilen betonlarda daha fazladır[22, 23]. Böylece, kür süresince ek bir nem sağlamak hidratasyonu maksimum yapacaktır. En iyisi, betona, istenilen dayanımı kazanana kadar sürekli olarak su kürü uygulamaktır[22]. Islak kür ile hava kürü uygulanmış 6 aylık bir betonda dayanım farkı %58 civarındadır[22]. İlk kür süresinin uzatılması bu farkı azalmaktadır. Aitcin ve ark. hava kürü ve ıslak küre maruz bırakılmış numunelerin basınç dayanımı arasındaki farkı % 17 - 22 arasında bulmuştur [23].

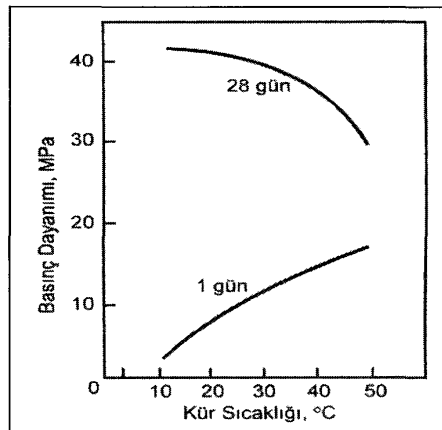
Farklı ortamlarda fakat 21 °C sıcaklıkta kür edilen betonların dayanımlarının zamanla değişimi Şekil 3.5'de gösterilmektedir. Bu şekilden, 7 gün boyunca su kürü yapılarak 28 günlük su kürü ile elde edilebilecek dayanıma erişebileceği anlaşılmaktadır. Zaten, ACI (American Concrete Institute) 308 (Recommended Practice for Curing Concrete –

Beton kürü için önerilen uygulama) çoğu yapısal beton için en az 7 günlük bir kür süresi önermektedir [22, 23].



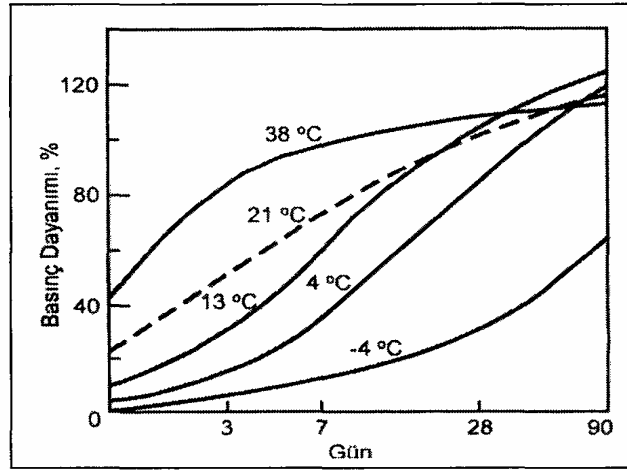
Şekil 2.2. Farklı ortamlarda kür edilen beton numunelerin basınç dayanım gelişmeleri[22]

Ancak nem miktarı kadar kür sıcaklığı da beton basınç dayanımı gelişiminin hızını önemli ölçüde etkiler. Şekil 2.2. kür sıcaklığının betonun 1 ve 28 günlük basınç dayanımları üzerindeki etkileri göstermektedir. Yüksek sıcaklıklarda artan erken dayanım çimentonun hızlı reaksiyonu ile açıklana bilir. Ancak yüksek sıcaklıklarda düşen geç dayanım kolaylıkla açıklanamaz. Hidratasyon ürünlerinin kimyasal ve fiziksel yapısı 45 °C sıcaklığa kadar radikal olarak değişmez. Ancak, bu yüksek sıcaklıklarda dayanım veren ürünler düzgün dağılmamakta ve bu da zayıf bölgelerin oluşmasına neden olarak geç yaşlarda dayanımı düşürmektedir [22].



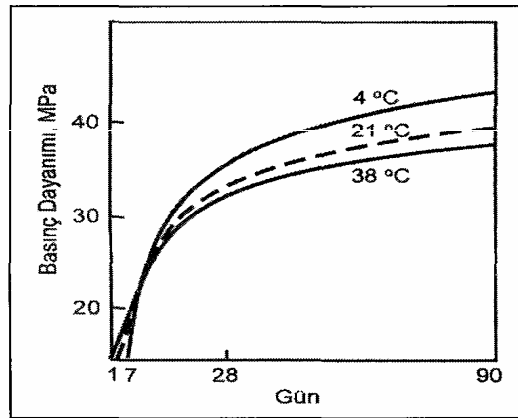
Şekil 2.3. Kür sıcaklığının basınç dayanımı üzerindeki etkisi [22,1]

Değişik sıcaklıklarda kür edilen betonların dayanım gelişimleri Şekil 2.4.'de gösterilmiştir. Kür sıcaklığının etkisi her sıcaklık için karşılaştırıldığında, 4 °C kür sıcaklığının erken yaşlarda bir miktar daha düşük, ancak sonuçta oldukça yüksek bir basınç dayanımının elde edilmesini sağladığı görülmektedir [22, 1].



Şekil 2.4. Kür sıcaklığının beton basınç dayanımı gelişmesine etkisi [22]

Şekil 2.5. ise farklı sıcaklıklarda yerleştirilip daha sonra 21 °C sıcaklıkta kürlenen betonların dayanım gelişimlerini göstermektedir. Buradan düşük sıcaklıklarda uygulanan kürün dayanım gelişim hızını yavaşlatsa dahi yüksek nihai dayanımları sağladığı anlaşılmaktadır [2].



Şekil 2.5. Farklı sıcaklıklara yerleştirilen ancak 21 °C sıcaklıkta kür edilen betonların basınç dayanımı gelişmeleri [22].

Kür koşulları, yerinde dökülen betonların kalite kontrolünde kullanılan silindir numunelerin basınç dayanımları üzerinde de etkilidir. Bu fark kür yöntemine de bağlı olarak 10 MPa değerine kadar ulaşabilmektedir [24]. Beton için uygulanması önerilen minimum kür süreleri Tablo 2.3. özetlenmektedir [14]

Tablo 2.3. Beton için önerilen minimum kür süreleri (gün) [14]

Beton Dayanımı Gelişim Hızı	Hızlı			Orta			Yavaş		
Beton Sıcaklığı, °C	5	10	15	5	10	15	5	10	15
Kür Süresince Ortam Koşulları									
Güneş yok, RH* $\geq$ 80	2	2	1	3	3	2	3	3	2
Ortalama güneş veya Ortalama rüzgar veya RH $\geq$ 50	4	3	2	6	4	3	8	5	4
Kuvvetli güneş veya Kuvvetli rüzgar veya RH $<$ 50	4	3	2	8	6	5	10	8	5

*RH= bağıl nem (relative humidity)

2.3.2. Zararlı çevre koşullarının ve kür ortamının beton dayanıma etkisi

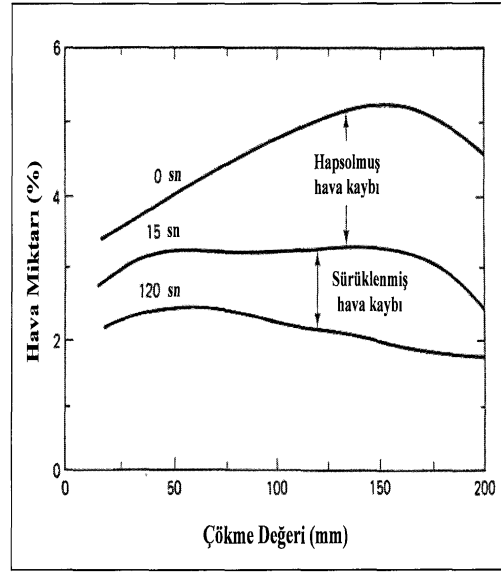
Beton, servis süresi boyunca bünyesinde yıpranmaya yol açacak bir çok kimyasal ve fiziksel etkilere maruz kalabilmektedir. Beton içerisine sızan asitli, sülfatlı sular veya klor gibi maddeler betonda kimyasal olayların meydana gelmesine neden olmakta ve betonu yıpratmaktadır [1]. Betonun zarar görme oranı kimyasal etkinin sudaki konsantrasyonuna, bu etkiye maruz kalınan süreye ve betonun direncine bağlıdır [25]. Islanma-kuruma, donma-çözülme, ısınma-soğuma, gibi olaylarda betonu yıpratıcı fiziksel etmenlerdir [1].

Betonda meydana gelen fiziksel ve kimyasal olaylar sonucunda beton aşınmakta, beton içerisindeki donatılar paslanmakta ve önemli gerilmelere neden olmaktadır. Bütün bu gerilmeler betonun yıpranmasına ve servis veremez bir duruma gelmesine neden olur. Dolayısıyla, beton dayanımı kadar dayanıklılığı da önemlidir. Beton dayanıklılığı, ortam koşullarından kaynaklanan yıpratıcı fiziksel ve kimyasal olaylar karşısında betonun direnme kabiliyeti olarak tanımlanır. Betonun dayanıklılığını etkileyen en önemli olaylardan ikisi sülfat etkisi ve donma çözülmedir [1].

2.4. Betona Uygulanan Sıkıştırma İşleminin Beton Dayanımına Etkisi

Beton üretimi esnasında malzemeler karılırken ve taze beton kalıplara yerleştirilmesi işlemleri yapılırken beton içerisinde bir miktar hava kalmaktadır [1]. Bu miktar, Yüksek işlenebilirliğe sahip bir betonda hacimsel olarak yaklaşık %5-20 arasındadır [14]. İçerisinde hava bulunan beton sertleştiğinde boşluklar içermekte ve bu yüzden dayanımı ve dayanıklılığı düşük bir beton elde edilmektedir [1]. Bu nedenle taze beton kalıplara yerleştirildikten sonra içerisindeki hava dışarı çıkarılmalı, beton kalıbın köşelerinde ve tüm donatı çeliklerinin çevresinde sıkıştırılmalıdır [22]. Beton içerisinde hapsolmuş havanın çıkarılabilmesi için beton taze haldeyken sıkıştırma işlemi uygulanmaktadır. Bu işlem elle tokmaklayarak veya mekanik yöntemlerle yapılabilmektedir [1].

Taze betonun elle sıkıştırıldığı yöntemde bir çubukla, kısa aralıklarla yukardan aşağıya doğru darbe uygulanır. Bu yöntem daha çok akıcı kıvamdaki betonlara uygulanmakta, kuru veya çok kuru kıvamdaki betonlara uygulandığında iyi sonuç alınmamaktadır. Plastik çökme (slump) değeri 50 mm den az olan kuru kıvamdaki betonlar daha çok mekanik yöntemler kullanılarak sıkıştırılmaktadır [22, 1]. Mekanik yöntemler içerisinde en çok kullanılanı betonun vibrasyon (titreşim) vasıtasıyla sıkıştırıldığı yöntemdir. Bu yöntemde beton sıkıştırılması iki aşamada gerçekleşmektedir. İlk aşamada vibrasyon etkisiyle betondaki harç sıvılaşarak dibe doğru gitmekte, ikinci aşamada ise beton içerisinde kalmış olan hava kabarcıkları dışarı çıkmaktadır [1, 14]. Vibrasyon etkisiyle beton karışımı sıvı özelliği göstermekte, kalıbı tamamıyla doldurmakta, betonarme demirleri arasındaki boşluklara iyi bir şekilde yerleşmekte ve iri agregalar arasındaki boşluklar harç ile dolmaktadır. Beton içerisindeki hava kabarcıkları betonu terk ettiğinden beton dayanımı ve dayanıklılığı artmaktadır [1]. Ancak fazladan yapılan vibrasyon işlemi çimento hamurunu yüzeye taşır, su salmayı artırır ve sürüklenmiş havanın kaybına neden olur. Vibrasyonun betonun hava içeriği üzerindeki etkisi Şekil 9'da gösterilmiştir [22].



Şekil 2.6. Vibrasyonun betonun hava içeriği üzerindeki etkisi [22]

3. BÖLÜM

YAPIDA SERTLEŞMİŞ BETON DAYANIMININ BELİRLENMESİNDE KULLANILAN YÖNTEMLER

3.1. Tahribatsız Yöntemler

Yapıda herhangi bir tahribata neden olmayan ve iz bırakmayan yöntemler tahribatsız yöntemler olarak isimlendirilirler.

3.1.1. Tahribatsız Statik Yöntemler

3.1.1.1. Standart Numune Deneyleri

Yönetmelikler, üretim sırasında taze betondan alınan küp ya da silindir şeklinde standart numunelerin belirli şartlarda 28 gün saklandıktan sonra merkezi basınç deneyine tabi tutulmasını ve bu şekilde belirlenen dayanımları standart numune dayanımı olarak tanımlamayı öngörmektedir.

3.1.1.2. Sertlik Deneyleri

Esas olarak metal sertliklerinin belirlenmesinde kullanılan yöntemlerin beton üzerine geliştirilmesi sonucu ortaya çıkan deneylerdir. Bu deneyleri iz ölçme ve sıçrama tekniği olmak üzere ikiye ayırabiliriz.

3.1.1.2.1. İz Ölçme Tekniği

Darbe nedeniyle çelik bir bilyenin beton yüzeyine bıraktığı izin çapı ölçülmekte ve beton dayanımı, dayanım-iz çapı arasındaki ampirik bağıntı yardımı ile belirlenmektedir [26].

3.1.1.2.2. Sıçrama Tekniği

Uygulamada beton kalite denetiminde, farklı nedenlerden dolayı çoğu zaman güçlüklerle karşılaşır. Gerek taze betondan deney numunelerinin iyi bir örneklenme ile alınamaması ve standart koşullarda saklanması ile ilgili yönetmeliklere uygun bir şekilde uygulama zorluğu, gerekse sertleşmiş betondan karot alma işleminin güçlüğü ve yapıya zarar verme olasılığı uzmanları yapıyı tahribata uğratmayacak ve en kısa zamanda sonuç verebilecek yöntemlerin arayışına itmiştir [27]. İsveç’li mühendis Ernst SCHMIDT tarafından geliştirilen Schmidt çekici bu arayışın bir ürünüdür. Metallerin malzeme kalitesinin ölçülmesinde kullanılan Shore sıçrama İlkesinin betona uyarlanmış halinde ibaret olan bu teknikte beton yüzeyine çarpan elastik bir kütlenin yüzeyin sertliğine bağlı olarak geri sıçramasının ölçülmesi ilkesine dayanmaktadır. Bu deneyde gerçekten aletin içinde bir yaya bağlı elastik bir kütlenin deney yapılacak yüzeye çarptırılması sonucu yayda biriken enerji ile geri sıçrama olayı oluşmakta ve bu sıçrama miktarı aletin göstergesinden okunmaktadır [50]. Yayda biriken enerjiye ve kütlenin hacmine bağlı olan bu sıçrama kullanılan alet tipine göre de değişmektedir. Geri sıçrama miktarıyla beton dayanımı arasındaki ilişki üretici firma tarafından aletle verilen kalibrasyon eğrileri ile belirlenir. Ancak bu kalibrasyon eğrileri en az 14, en fazla 56 günlük, kaliteli agrega ve Portland çimentosuyla üretilip iyi sıkıştırılan, düzgün yüzeyli, kuru betonlar için geçerli olduğu firma tarafından belirtilmekte, aksi taktirde bu eğrilerden sapmalar olabileceği ifade edilmektedir. Bu nokta, ilk bakışta bu aletin çok sınırlı koşullarda kullanılabileceğini düşündürülebilir. Bununla beraber kalibrasyon eğrilerine bağlı kalınmayabilir. İstenen malzeme ve deney koşulları için bu ilişkiler yeniden belirlenerek daha sağlıklı dayanım tahminleri yapılmaktadır [28]. Schmidt çekici yardımıyla elde edilen dayanımın daha güvenilir olması için aşağıda belirtilen hususlara dikkat edilmesi gerekmektedir:

Deney beton yüzeyinin düzgün olduğu yerde yapılmalı, aksi halde beton yüzeyi aşındırma taşı ile pürüzsüz hale getirilmelidir. Üzerindeki karbonasyon tabakasının kaldırılması için yaşlı betonların yüzeyi yüksek devirli bir spiralle ya da başka bir yolla kazınmalıdır. Betonun homojen bir malzeme olmamasından ve dayanımının noktadan noktaya değişmekte olmasından dolayı beton test çekiciyle bir nokta civarında en az 9 okuma yapılmalı ve bu değerlerin ortalaması ölçüm yapılan noktadaki geri sıçrama sayısı olarak alınmalıdır. Bütün okumaların % 20'sinden daha fazlasının ortalama değerden sapması 6 birimden daha fazla ise, okumaların tümü iptal edilmelidir. Yapı elemanının kenarlarına yaklaşıldığında düşük okumalar elde edilebileceğinden okumalar kenarlardan en az 25 mm uzaklıkta yapılmalıdır. Deney, okumanın yapıldığı noktada tekrarlanırsa düşük okumalar elde edilebileceğinden aynı noktada birden fazla okuma yapılmamalıdır. Beton test çekici yatay, düşey ve eğimli olarak kullanılabilir. Bu nedenle her durum için ayrı ayrı kalibre edilmelidir. Beton yüzeyi ile içyapısı arasındaki fark büyük olmamalıdır. Betonun yapısında hafif ve dayanıksız agrega bulunmamalıdır.

Eleman tipine uygun beton test çekici kullanılmalıdır (örneğin; normal kolon, kiriş, perde, döşeme gibi elemanlarda N ve NR tipi, yol ve temel gibi kütle betonlarda M tipi, düşük dayanımlı ve ince elemanlarda P tipi). Donatı ve yüzeyde kalmış agreganın hemen üstünde ya da boşluklu bölgelerde deney yapılmamalıdır. Beton yaşının 28 günden farklı olması halinde, deney sonuçları bu yaşa dönüştürülmelidir. Beton test çekici hassasiyet ve kalibrasyonu devamlı olarak denetlenmelidir. Bu aşamada, betonun sertliği ile basınç dayanımı arasında kesin bir bağıntının mevcut olmadığını sadece deneysel çalışmalar neticesinde elde edilen ampirik bağıntılar olduğunu, bu nedenle de Schmidt çekici ile beton dayanımını hakkında ancak tahmin yürütülebileceğini ifade etmek uygun olacaktır .

3.1.2. Tahribatsız Dinamik Yöntemler

Bu yöntemlerde prensip, deney numunesinin rezonans frekansı ile malzemeden geçen ses hızı arasında bir bağıntı kurulmasıdır. Bu prensibe dayalı birbirinden farklı üç tahribatsız dinamik deney tekniği geliştirilmiştir.

3.1.2.1. Rezonans Frekans Yöntemi

Bu yöntem, deney numunesinin rezonans frekansının belirlenmesi ilkesine dayanmaktadır. Sürekli bir şekilde ve elektronik olarak oluşturulan yapay titreşimler aracılığıyla malzemenin rezonans frekansı saptanmakta ve ölçülen rezonans frekansına bağlı olarak ASTM C215–60'da [29] verilen bağıntılar aracılığıyla betonun Poisson oranı ve dinamik elastisite modülü hesaplanabilmektedir. Bu veriler ışığında bazı araştırmacılar tarafından geliştirilmiş olan dinamik elastisite modülü-dayanım ilişkisi kullanılarak beton dayanımı tahmin edilebilmektedir.

3.1.2.2. Mekanik Dalga Hızı Yöntemi

Bu yöntemde prensip, tek bir çekiç darbesi veya tekrarlı darbeler ile oluşturulan ses dalgalarının beton içinden geçiş süresinin hesaplanmasıdır. Ölçülen bu geçiş süresi, alıcı ve verici unsurlar arasındaki mesafeye bağlı olarak geçiş hızına çevrilmekte, dayanım ile bu hız arasında kurulan korelasyon yardımıyla elde edilen ampirik bağıntıdan beton dayanımı tahmin edilmeye çalışılmaktadır [10].

3.1.2.3. Ultrases Dalga Hızı Yöntemi

Bu yöntem, beton içinden geçirilen, yapay olarak oluşturulmuş, yüksek frekanslı ses dalgalarının geçiş süresinin ölçülmesi ilkesine dayanmaktadır. Deney aletine kablolarla bağlı alıcı ve verici başlıklar (Şekil 10), dayanımı belirlenecek olan beton elemanın karşılıklı iki yüzüne, beton yüzeyinde boşluk kalmayacak şekilde yerleştirilir. Deney aletinin ürettiği bir elektrik sinyali verici başlığın kristaline iletilmekte ve burada sinyaller ses dalgalarına dönüştürülmektedir. Verici başlık alıcı başlığa, deneye tabi tutulan beton eleman boyunca geçen bir ses dalgası iletmekte, burada ses dalgası elektriksel akıma dönüşmekte ve bu akım, deney aletinin katot ışın tüpünden izlenmektedir. Bunun yanında ses dalgasının vericiden alıcıya geçmesi için geçen süre, deney aleti tarafından 1µs ya da 0,1µs hassasiyetle ölçülmektedir. Ultrases hızı olarak tanımlanan sesin beton içinden geçiş hızı; alıcı ve verici arasındaki geçiş uzunluğunun geçiş süresine bölünerek, km/s cinsinden bulunmaktadır. Beton içindeki boşluklar ultrases hızını etkileyen en önemli faktördür. Zira boşluklu malzemede ses dalgalarının beton içinden geçişi yavaş olmaktadır. Ultrases hızlarının yüksek olması beton

kalitesinin yüksekliğini, ultrases hızlarının düşük olması kalitenin düşük olduğunu göstermektedir. Beton kalitesi ile ultrases hızı arasındaki ilişki Tablo 3.1.'de verilmektedir [72, 73].



Şekil 3.1. Prof. Dr. Tefaruk Haktanır ile ultrases dalga hızı ölçümü yaparken.

Tablo 3.1. Beton kalitesi-Ultrases dalga hızı arasındaki ilişki [72, 73].

Çok İyi	>4500 m/s
İyi	3500–4500 m/s
Şüpheli	3000–3500 m/s
Zayıf	2000–3000 m/s
Çok Zayıf	<2000 m/s

Ultrases dalga hızı tekniği ile elde edilen sonuçların birçok faktörden etkilenmesi deney sonuçlarının beton dayanım tahmininde kullanımını sınırlandırmaktadır. Bazı araştırmacılar, ultrases dalga hızı tekniğinin basınç dayanımı tahmininde kullanılmamasını önermektedirler. Bunun yanında başka araştırmacılar ise beton kalitesinin belirlenmesinin yanında, dayanım tahmininde de bu tekniğin kullanılabileceğini ve ultrases dalga hızı ile beton dayanımı arasında iyi bir bağıntı olduğunu öne sürmektedirler. Bu teknik ile yapılan beton dayanım tahminlerinde, Schmidt çekicinde olduğu gibi, daha önceden ultrases dalga hızı – dayanım ilişkilerinin bilinmesi gerekmektedir. Yapılan araştırmalar, bu tür ilişkilerle beton dayanımının $\pm$ % 15-20'lik hata ile tahmin edilebileceğini göstermiştir. Ultrases dalga hızı ile beton dayanımı arasında kurulan bu ilişkileri daha iyi anlayabilmek için betonun özelliklerini etkileyen birim kütle, yaş, su/çimento oranı, agrega/çimento oranı, agrega cinsi, nem yüzdesi ve donatı etkilerini iyi bilmek gerekmektedir. Araştırmacılar ultrases dalga hızı ile basınç dayanımı arasındaki ilişkiyi beton yaşının, çimento cinsinin ve su/çimento oranının etkilemediğini, buna karşın beton birim kütlelerinin, agrega cinsinin, donatının ve nem oranının ise söz konusu ilişkiyi, kayda değer derecede etkilediğini göstermişlerdir [1, 9].

3.1.3. Radyoaktif Yöntem

Bu yöntemde X ve γ olmak üzere iki ışın türü kullanılmaktadır [26, 28, 74]. X ışınları ile yapılan deneylerde malzemenin içinden geçen ışınların şiddetindeki azalmanın ölçülmesi prensibinden yararlanılmaktadır. Böylece malzemenin içindeki boşlukların varlığı, bulundukları yerler hakkında bilgi edinilmektedir. Bu prensibe dayanarak malzemenin denetimi radyoskopi ve radyografi denilen iki ayrı teknikle yapılmaktadır.

Radyoskopi yönteminde, X ışınları flüoresanlı bir maddeye etkiyerek bu madde üzerinde şiddeti ile orantılı bir takım lekeler meydana getirmektedir. Lekelerin koyu olması X ışınlarının malzeme tarafından az emildiğini göstermektedir. Bu durum malzeme içinde X ışınlarının yolu üzerinde bazı boşlukların bulunduğunu ortaya koymaktadır. Bunun yanında lekelerin açık olması halinde ise boşlukların hiç olmadığı ya da az miktarda olduğu kanısına varılmaktadır. Bu yöntem ile malzeme denetiminin oldukça iyi yapıldığı belirtilmektedir [74].

Radyografi yönteminde ise, X ışınları fotoğraf plakalarını etkilemektedir. Filmler ışığı geçirmeyen fakat röntgen ışıklarını geçiren kasetler içine konulmakta ve film kısa bir süre içinde malzemeden geçen X ışınlarına maruz kaldıktan sonra banyo edilmektedir [74].

γ ışınlarının kullanımında da X ışınlarında olduğu gibi radyografi tekniği uygulanmaktadır. Malzemeyi geçen ışınlar fotoğraf filmlerini etkileyerek meydana gelen lekelerin koyuluğuna ya da açıklığına göre malzemelerin içindeki durum açıklanmaktadır. Bu yöntem ile betonun içinde yabancı cisimlerin bulunup bulunmadığı, beton kalitesi, boşluk ve çatlakların varlığı anlaşılabilirdiği gibi betonarme yapılarda donatının durumu, adeti, çapı ve kıvrılma yerlerinin belirlenebildiği öne sürülmektedir [74]. Sonuç olarak bu yöntemlerin uygulanmalarının diğer yöntemlerden daha pahalı ve daha çok uzmanlık istediklerini belirtmek doğru olacaktır.

3.1.4. Olgunluk Yöntemi

Yönetmelikler, standart kür gören numunelerin yaklaşık 20°C'lik sabit bir sıcaklıkta saklanmasını öngörmektedir. Deneyler ortam sıcaklığı azaldıkça beton dayanım artış hızının azaldığını, hatta -10°C'de çimento hidratasyonunun tamamen durduğunu, ortam sıcaklığının artması halinde ise dayanım artış hızının arttığını göstermektedir [76].

T_i , ortam sıcaklığı olarak alınabilen beton sıcaklığını, t_i , T_i sıcaklığında geçen gün (ya da saat) cinsinden zamanı göstermek üzere, olgunluk derecesi;

$$O.D. = \sum t_i * (T_i + 10) \quad (2)$$

bağıntısı ile ifade edilmektedir. Her bir olgunluk derecesine karşılık gelen dayanım değerleri deneysel olarak saptanmakta ve olgunluk derecesi-dayanım ilişkisi elde edilmektedir. İlgili literatürde mevcut bu tür ilişkilerden yararlanılarak belli olgunluk derecesine sahip betonların basınç dayanımının güvenilir bir şekilde tahmin edilebileceği öne sürülmektedir [75, 77, 78]

3.1.5. Ses Yayılımı Ölçme Yöntemi

Metallerin yorulma çatlaklarının varlığı, gelişimi ve ilerleme hızının belirlenmesinde bu yöntem uzun zamandan beri kullanılmaktadır. Artan gerilme ya da şekil değiştirme esnasında uygulanan bu yöntem yapı üzerinde de uygulanabilmektedir. Çatlama ile birlikte çıkan sesler kaydedilerek çatlama başlangıç yeri ve sayısı belirlenebildiğinden oluşan çatlakların durumuna göre yapı güvenliğinin tehlikeye düşüp düşmediğine karar verilebilmektedir [28].

3.1.6. Yükleme Deneyi

Bu yöntemde yükler yapıda gerekli görülen yerlere yerleştirilmekte ve belli bir süre sonra kaldırılarak elamanın deplasmanları ve sehimleri ölçülmektedir. Yükleme sırasında elemanda oluşabilecek değişikliklere ve yükleme sonunda ölçülen şekil değiştirmelere bağlı gerekli önlemler alınabilmektedir [30, 7].

3.2. Yarı Tahribatlı Yöntemler

Bu gruptaki yöntemler yapı elemanını çok az tahrip etmektedir. Bu yöntemlerin bazılarında deney sırasında ölçülen büyüklüğün belirli bir sınır değere ulaşp ulaşmayacağı incelenmekte ve ulaşılması durumunda betonda parçalanma, kırılma olmadan deneye son verilebilmektedir. Bu durumda yapıda herhangi bir tahribat olmamakta, yalnızca deney neticesinde oluşan bazı izler görülebilmektedir. Ancak, bazen ölçülen büyüklük bu belirli sınıra varmadan kopma olabilmektedir [30]. Batırma yöntemi hariç diğer yöntemler aynı ilkeye göre çalışmaktadır. Sadece kullanılan aletler bakımından farklı olan yöntemlerde, çeşitli şekillerde betona sokulan ya da yapıştırılan parçaların betondan çekilip çıkarılması ya da koparılması için gerekli kuvvet ölçülmekte ve buradan daha önce kurulan ilişkiler yardımıyla betonun bazı mekanik özelliklerine geçilebilmektedir [28]. Aşağıda bu yöntemlerden bazıları anlatılmaktadır.

3.2.1. İç Kırılma Yöntemi

Bu yöntem, ucu genişleyebilen bir vidanın betonda açılan 6 mm çaplı deliğe yerleştirilmesinden ibarettir. Vida çıkarken, betondan bir kısmını kopararak beraberinde götürmektedir. Koparmak için gerekli kuvvet aletten okunmakta ve deney en az 6 kez tekrarlanıp, kalibrasyon eğrileri kullanılarak basınç dayanımına geçilebilmektedir [28].

3.2.2. Çekip Çıkarma Yöntemi

Döküm sırasında yaklaşık 75 mm derinliğe kadar taze betona sokulan ucu yuvarlatılmış özel biçimli çelik çubuğun belli bir süre sonra betondan çekip çıkarılması için gerekli kuvvetin ölçülmesi ilkesine dayanır. Burada ölçülen değer betonun kayma dayanımı olup, bu değer daha sonra basınç dayanımına dönüştürülebilmektedir. Bu yöntemle elde edilen değerler beton test çekicinden ve Windsor sondasından elde edilenlerden daha değerlidir [28]. Malhotra çekip çıkarma yöntemiyle elde edilen basınç dayanımının betonun basınç dayanımına oranını araştırmış, bu oranın doğrudan basınç dayanımıyla değiştiğini bulmuş ve herhangi bir dayanım düzeyinde bu oranın doğrudan beton yaşıyla önemli miktarda değişmediğini de belirlemiştir [79]. Yüksek performanslı betonlarda bu yöntem güvenilir sonuçlar vermekle beraber deney alanı etrafındaki anormal çatlaklar nedeniyle bazı sonuçların dikkate alınmaması gerekmektedir.

3.2.3. Çekip Koparma Yöntemi

Bu yöntemde, beton yüzeyine kuvvetli bir yapıştırıcı ile yapıştırılan dairesel çelik bir levhaya, yapışık olduğu betondan bir parça koparınca kadar çekme kuvveti uygulanmakta ve ölçülen kopma kuvveti yardımıyla kullanılan alet için verilen kalibrasyon eğrileri yardımıyla basınç dayanımı tahmin edilmektedir [80].

3.2.4. Eğip Koparma Yöntemi

Bu yöntemde, belirli boyutlarda silindirik kalıplar döküm sırasında taze betona konulmakta ve belli bir süre sonra betondan çıkarılmaktadır. Daha sonra sadece diplerinden ana kütleyle bağlı olan silindirik numunelerin üst kısımlarından kuvvet uygulanarak dip kısımlarından kırılması sağlanmaktadır. Benzer işlem sertleşmiş

betondan karot almak için de yapılmaktadır. Burada, betonu dip kısımdan kırmak için gereken kuvvetten eğilme dayanımına, bundan da basınç dayanımına geçilebilmektedir [28].

3.2.5. Batırma Yöntemi

Esas olarak, bir yüzey sertlik deneyi ilkesine dayanan bu yöntem için birçok ülkede kullanılan alet Windsor sondasıdır. Bu yöntemde, sert bir alaşımdan yapılmış sonda, özel tabancasının ateşlenmesi sonucu oluşturulan basınç kuvveti altında betona batırılmakta ve batma derinliği ölçülmektedir. Bulunan değerler yardımıyla kalibrasyon eğrilerinden basınç dayanımına geçilebilmektedir. Pascale vd. yüksek performanslı betonla yaptıkları deneysel çalışmalarında, bu yöntemin agregaları ve çimento hamurunu sıkıştırarak bu iki faz arasındaki aderansı bozduğunu belirterek 100 MPa'dan fazla dayanımlarda sondanın doğru bir şekilde batırılamadığını ve genellikle eğilmesi veya kırılması neticesinde güvenilir sonuçların alınamadığını ifade etmişlerdir [28].

3.3. İkili Yöntemler

Beton dayanımının belirlenmesinde kullanılan yöntemlerin birkaçının bir arada kullanılması halinde, beton dayanımının daha sağlıklı bir şekilde belirlenebileceği bir çok araştırmacı tarafından vurgulanmaktadır. Bu konuda Malhotra [31], Samarin ve Maykink'in beton çekici yöntemi ile ultrases dalga hızı yönteminin, Boundy ve Hondros'un ise hızlandırılmış kür yöntemi ile beton çekici yönteminin birlikte kullanımı önerdiğini belirtmektedir. Aynı makalede Tomsett'in ultrases dalga hızı ve çekip çıkarma yöntemlerinin birlikte kullanımı halinde daha güvenilir sonuçlar elde edilebileceğini ifade ettiği belirtilmektedir. Çeşitli seçenekler içerisinde Avrupa'da SONREB yöntemi olarak bilinen beton test çekici ile ultrases dalga hızı yönteminin bir arada kullanıldığı ikili yöntem son yıllarda öne çıkmaktadır [67].

3.4. Tahribatlı Yöntemler

Beton dayanımını doğrudan veren ve elde edilen sonuçların çeşitli parametreler göz önüne alınarak standart numune dayanımlarına dönüştürülebildiği tahribatlı yöntemlerin, çok büyük hatalar içermeleri mümkün olabilen yarı tahribatlı ve tahribatsız

yöntemlere oranla beton kalitesinin belirlenmesinde daha güvenilir sonuçlar vermesi beklenir. Bu nedenle yarı tahribatlı ve tahribatsız yöntemler kullanılırken yapıdan özellikle karot numuneler alınması ve kalibrasyonun bu karotlara göre yapılması gerekmektedir [39].

Yapıda yerel tahribatlara yol açan bu yöntemler her zaman uygulanmamakta, uygulandıkları takdirde ise dikkatlice planlanmamaları halinde yapı güvenliğini tehlikeye sokabilmektedirler [28,44].

3.4.1. Gömülü Numune Kullanma Yöntemi

Yapıdan karot alma işlemine benzeyen yöntemde, kalıba içi boş silindirik kalıplar yerleştirilmekte ve beton dökülmektedir. Beton sertleştikten sonra yerinden çıkarılan numunelerin merkezi basınç dayanımları belirlenmektedir [72]. Bu yöntemin karot alma yönteminden farkı, delme veya kesme etkisinin dayanıma etkiye ihtimalinin ortadan kalmış olmasıdır.

3.4.2. Karot Numune Alma Yöntemi

Bu yöntemde, basınç dayanımının bulunması istenen yapı elemanından, yapıyı emniyet bakımından en az zarar verecek şekilde belirli boyutlardaki karot adı verilen silindirik numuneler kesilmek suretiyle alınmakta ve bu numuneler üzerinde çeşitli deneyler yapılarak beton kalitesi belirlenmektedir. Yapıdaki sertleşmiş betondan alınması gereken karot sayısı (n), TS 500'de [30] belirtilen şekilde kalite denetimi için yeterli olan numune sayısına (N) bağlıdır. (N) dökülen betonun her 50 m³ ünden alınması gereken numune sayısını ifade etmektedir. Bu sayı normal dayanımlı betonlarda en az 3, yüksek dayanımlı betonlarda ise 6 olmalıdır. Sertleşmiş betondan alınacak karot sayısına, karot çapı ve karot alınan betonda kullanılan en büyük agrega tane çapı ile karakteristik beton basınç dayanımına bağlı olarak Tablo 3.2. yardımıyla karar verilmelidir [28].

Tablo 3.2. Karot çapı, en büyük agrega tane çapı ve beton sınıfına göre sertleşmiş betondan alınması gereken karot sayısı (n) [72]

Alınan Karot Çapı (d)	En Büyük Agrega Tane Çapı D_{max}	Alınması Gereken En Az Karot Sayısı (n)	
		Normal Beton (C 16, C 20, C 25)	Yüksek Dayanımlı Beton (C 30, C 35, C 40, C 45, C 50)
$d \geq 100$ mm	$D_{max} > 32$ mm	$n \geq 3$ ($n > N$) $n \geq 6$	
$d < 100$ mm	$D_{max} \leq 16$ mm	$n \geq 6$ ($n > 2N$) $n \geq 12$	
$d < 100$ mm	$D_{max} > 16$ mm	$n \geq 9$ ($n > 3N$) $n \geq 18$	

Karot alma yöntemiyle betonun basınç ve eğilme dayanımı gibi mekanik özellikleri yanında çimento dozajı, karışım oranı, boşluk oranı gibi özellikler de belirlenebilmektedir [72].

Beton kalitesi genelde basınç dayanımı ile karakterize edilirken, alınan karot numunelerin basınç dayanımları doğrudan taze betondan alınmış standart numunelerin 28 günlük basınç dayanımlarına eşit olmaz. Uygulamada ise beton dayanımı standart numune dayanımı cinsinden belirtilmektedir. Bu nedenle karot dayanımlarının, yapının basınç dayanımının belirlenmesinde kullanılabilmesi için standart numune dayanımına dönüştürülmesi gerekmekte ve bu dönüşüm sırasında karot dayanımlarını etkileyen parametrelerin dikkatlice incelenmesi gerekmektedir[72].

4. BÖLÜM

KAROT NUMUNE DAYANIMINA ETKİ EDEN PARAMETRELER

Karot dayanımına etki eden parametreler ilgili teknik literatürde:

- Karot Çapı,
- Karot Narinliği,
- Karot Alma Doğrultusu,
- Karot Alınan Yer,
- Karot Kürü,
- Karot Nem Durumu,
- Karot Yaşı,
- Karot İçinde Kalan Donatı,
- Karot Almada Kesme Etkisi,
- Karot Alınan Beton Dayanımı olarak bilinmektedir

Bu parametrelerden çap, narinlik, kür, nem durumu ve yaşı standart numune dayanımını da etkilediğini belirtmek gerekmektedir.

4.1. Karot Çapı

İlgili literatürde bu konu hakkında farklı görüşler ileri sürülmektedir. Kimi araştırmacılar standart numuneler için geçerli olan narinlik sabit kalmak koşuluyla çap büyüdükçe dayanım azalmasının karotlar için de geçerli olduğunu savunurken, kimileri de bunun aksini savunmaktadır. Ayrıca karot çapının dayanıma etkisi olmadığını ileri süren araştırmacılar da vardır [28].

Bhargava [32], Kesler [33], ve Lewandowski [34] standart silindirde olduğu gibi, karotlarda da çap küçüldükçe dayanımın arttığını iddia etmektedirler. Bhargava aynı kaynakta Blanks'ın bu görüşü desteklediğini belirtmektedir. Goncalves [35]'de 140 mm., 110 mm., 90 mm. ve 50 mm. çaplı karotlarla yaptığı deneyler sonucunda 28 günlük dayanımların maksimum agrega boyutunun artması ve karot çapının azalmasıyla arttığını savunmuştur. Bunun yanında çapın gerçek karot dayanımını etkilemediği aynı makalede belirtilmiştir. Bowman [36] yakın yerlerden alınan karotlardan 50 mm. çaplı numunelerin 150 mm. çaplı numunelere oranla daha yüksek dayanım ve daha fazla değişkenlik gösterdiğini ifade etmektedir.

Bunun yanında Lewis [37], Campbell, Tobin [38], ve Durmuş [39] ise karot çapı büyüdükçe dayanımın da arttığı görüşünü savunmaktadırlar. Bartlett ve MacGregor [36] yaptıkları istatistiksel analizler sonucunda 50 mm. çaplı karotların 100 mm. çaplı karotların dayanımının %94'üne ve 150 mm. çaplı karotlarının ise %92'sine ulaşabildiklerini ileri sürmüşlerdir. Bartlett başka bir makalesinde [40] 100 mm veya 150 mm çaplı karotlar kullanıldığında betonun gerçek dayanımının $\pm \%4 \sim \%5.5$ aralığında, 50 mm çaplı karotlarda ise $\pm \%12.5$ 'luk bir tolerans payıyla hesaplanabildiğini ifade etmiştir. TSE EN 12504-1'de [41] yapılan deneylerde maksimum tane çapı 20 mm. olan betonlarda 100 mm. Çaplı karot numune dayanımının 50 mm. çaplı karot numunesinden % 7 fazla ve 50 mm. Çaplı karot numune dayanımının 25 mm. çaplı karot numunesinden % 20 daha yüksek olduğu ifade edilmektedir. Aynı kaynakta maksimum tane çapı 40 mm. olan betonlarda ise 100 mm. çaplı karot numune dayanımının 50 mm. çaplı karot numunesinden % 17 fazla ve 50 mm. çaplı karot numunenin dayanımının 25 mm. çaplı numunelerden % 19 daha yüksek olduğu belirtilmiştir [41].

Ayrıca, Petersons [42] ve Meininger [43] karot çapının dayanıma etkisi olmadığını ifade etmektedirler. Akça'nın da [44] 100 mm. ve 55 mm. çaplı, eşit narinlikli karot numuneler ile yaptığı çalışmalarının sonucu da bu düşüncüyü desteklemektedir. Yip ve Tam [41] aynı koşul ve kaliteye sahip olan 50 mm ve 100 mm çaplı karotların dayanımları arasında önemli bir fark olmadığını ifade etmektedirler.

Petersons [42] karot numunelerin standart silindir numunelerin davranışını göstermeyişi, diğer bir deyişle çap ile karot dayanımının değişmemesini, küçük çaplı karotlarda numune hacminin daha büyük bir kısmının yanal yüzeye açık olmasına

bağlamakta, ve küçük çaplı karot dayanımının kesme etkisinden daha fazla etkilendiğini ve bu negatif etkinin boyut küçülmesiyle dayanım artışı pozitif etkisini dengelediğini savunmaktadır. Bhargava [32] ve Bungey [45] de bu görüşü desteklemektedirler.

Karot numune almada genellikle iç çapı 35 mm - 100mm arasında değişen çeşitli karot bıçakları (karotiyer) kullanılmakla beraber en yaygın kullanılanlar 100 mm ve 150 mm'lik bıçaklardır [46].

ASTM C42 – 84a'da [6] ise karot çapının belli bir değer yerine maksimum agrega boyutuna bağlı olarak seçilmesi öngörülmektedir. Avrupa Beton Komitesinin 11 numaralı teknik raporunda [47] aynı önerinin Avustralya Standartlarında da yapıldığı belirtilmektedir. Bu standartlarda minimum karot çapının, betonda kullanılan maksimum agrega boyutunun en az 3 katı olması önerilmekte ve hiçbir zaman 2 katından daha az olmaması gerektiği ifade edilmektedir. Uluslararası Standartlar Organizasyonu [48] ve Amerikan Beton Enstitüsü [49] karot çapının maksimum agrega boyutundan en az 3 kat fazla olması durumunda 50 mm'den küçük karotların da kullanılmasına izin vermektedir. TS EN 12504-1'de [41] maksimum tane boyutunun karot çapına oranının 1/3'ten daha büyük olması halinde dayanımın gerçekçi bir şekilde ölçülemeyeceği belirtilmektedir. TS 10465'te de [4] karot çapının betonda kullanılan maksimum agrega boyutunun en az 3 katı olması gerektiği, özel durumlarda narin yapı bileşenlerinde ya da donatının fazla olduğu yapı elemanlarında ise 50 mm'den az olmamak kaydı ile küçük çaplı karotların kullanılmasına izin verilmektedir.

Mohiuddin [51] 75 mm çaplı karotlarda maksimum agrega boyutunun 25 mm'den düşük olduğu durumlarda basınç dayanımının iyi bir şekilde tahmin edilebileceğini, 50 mm çaplı karotların ise maksimum agrega çapının 19 mm'yi aştığı durumlarda kullanılmamasını önermektedir.

4.2. Karot Narinliği

Genellikle bu konuda numune narinliği ($\lambda = h/\phi$) arttıkça dayanımın azaldığı belirtilmektedir. Chung narinliğin karot dayanımı üzerindeki etkilerini araştırmış ve elde ettiği sonuçları, ASTM C 42 [6] ve BS 1881'dekilerle [5] karşılaştırmıştır. Böylece, λ , karotun h/ϕ oranını (narinliğini) göstermek üzere, dayanım düzeltme katsayısı, k , aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır:

$$k = \frac{2}{1,5 + (1/\pi)} \quad (3)$$

bağıntısıyla hesaplanmaktadır.

Chung [52] basınç deney aletinin çelik basınç plaklarının numunenin iki yüzeyi üzerinde basınç deneyi boyunca oluşturduğu sıkıştırmanın karotun yanal genişlemesini sınırlandığını ve numunede üç eksenli bir gerilme durumu yarattığını ifade etmekte, narinlik oranı azaldıkça karot dayanımının arttığını belirtmektedir.

Yip ve Tam [55] narinliğin 50 mm. çaplı ve 100 mm. çaplı karotlar üzerindeki etkilerinin Chung'ın ifadesi doğrultusunda olduğunu savunmakta ve düzeltme katsayısının BS 1881'e göre [52] ASTM C 42'deki [6] değerlere daha yakın olduğunu ifade etmektedirler. İleride de sunulacağı gibi, bu Yüksek Lisans Tez çalışmasında perde elamanından alınan karotlardan elde edilen değerlerin ASTM C 42'deki [6] değerlere daha yakın olduğu bulunmuştur.

Barlett, MacGregor Barlett ve MacGregor [58] yüksek performanslı beton numunelerde düzeltme katsayılarının önemli ölçüde azaldığını, dolayısıyla beton dayanımı arttıkça düzeltme katsayılarının bire yaklaştığını belirtmekte ve narinliği 2 olan numunelerin düzeltme katsayılarının, narinliği 1 olan numunelerinkinden dikkate değer bir miktarda fazla olmadığı savunmaktadırlar (Tablo 5).

Ayrıca, Barlett ve MacGregor farklı bir makalelerinde karot dayanımında narinlik oranının 50 mm. çaplı numunelerde 100 mm. çaplı numunelere oranla daha etkin olduğu ifade etmektedir [60].

Petersons [59], narinlik ile dayanım arasındaki ilişkinin, standart silindirler için verilen ilişki ile uyum içinde olduğunu ifade etmektedir. Narinliğin dayanıma etkisine ilişkin en önemli çalışma 1950'li yıllarda Kesler [33] tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada narinlik oranının 0,5 ile 2,5 arasında değişimine karşılık, dayanımların 14 MPa ile 49 MPa arasında değiştiği belirlenmiştir.

Lewis [61], Kesler'in sonuçlarından yararlanarak, narinliği 2'den farklı karot numune dayanımının, narinliği 2 olanlarınkine dönüştürülmesi için bir takım katsayıların çıkarılabileceğini ifade etmektedir.

Arioğlu vd. [63], karot basınç dayanımlarının 150×300 mm boyutlu standart silindir numune cinsinden ifade edilecekse karotların narinlik oranlarının 2'ye oldukça yakın alınması gerektiğini, 150×150×150 mm boyutlu küp numuneler cinsinden istendiği takdirde ise karot narinliğinin 1 olması gerektiğini belirtmişlerdir.

Orchard [63] , İngiliz Standartlarında dönüşüm katsayısı için narinliğin:

$$1 \leq \lambda \leq 2 \text{ aralığında ve } r = (\lambda - 1) \text{ olmak üzere, } 0,92 + 0,08r \quad (4)$$

olarak hesaplanabileceğinin önerildiğini belirtmektedir. $\lambda = 1$ ve $\lambda = 2$ için dönüşüm katsayısı sırasıyla 0,92 ve 1,00 değerlerini almaktadır.

Bloem [64] çapı 102 mm olan ve narinliği 1 ile 2 arasında değişen karotlarla yaptığı çalışmada narinliği 1 olan karot dayanımlarını, narinliği 2 olanlarınkine dönüştürmek için ASTM C42 – 84a [6] tarafından önerilen 0,91 dönüşüm katsayısının kullanılmasının yeterli olduğunu belirtmektedir.

Bazı standart ve araştırmalarda narinliği 1 ve 1,5 olan karot dayanımlarının narinliği 2 olanlarınkine oranları Tablo 6'da verilmektedir.

Tablo 4.1. Bazı standart ve araştırmalarda narinliği 1,0 ve 1,5 olan karot dayanımlarının 2 narinlikli karot dayanımına oranı.

Standart veya Araştırma	Narinliği 1,0 Olan Karotların Dayanım Oranı	Narinliği 1,5 Olan Karotların Dayanım Oranı
Meininger,Wagner ve Hall [43]	1,15	1,14
Kesler[47]	1,19	0,99
Hofsay[47]	1,33	1,09
Lewandowski [47]	1,23	1,08
Sangha ve Dhir [47]	1,22	1,02
Tam, Ooi ve Ooi [53]	1,29	1,15
Yip [54]	1,25	1,09
Yip ve Tam [55]	1,13	1,04
Akça [56]	1,29	1,08
BS 1881: Part 120 [57]	1,25	1,08
ASTM C42- 84a [6]	1,15	1,04
Bungey [45]	1,26	1,12
Bu alışma Perde 10 cm çaplı karot	1,14	1,03
Bu alışma döşeme 10 cm çaplı karot	1,06	1,03

Malhotra [65], Kuzey Amerika standartlarında merkezi basınç dayanımının, narinliği 2, çapı 152 mm olan numuneler üzerinde belirlendiğini, dolayısıyla karotların da bu boyutlarda olması gerektiğini, ancak bu durumda karot boyunun 304 mm olması gerekeceğini, bu boyutlarda karotun alınmasının g olacağını belirtmektedir. Bu noktada yapıda bu boyutlarda karot alınacak elemanların bulunması halinde bile yapı tahribatının büyük olmaması için mümkün mertebe bundan kaçınmanın daha uygun olacağını belirtmek gerekmektedir. Bu durum dönüşüm bağıntılarının ve katsayılarının önemini ortaya koymaktadır.

Narinlikle ilgili olarak TS 10465’de [4] yapıdan alınan karotların düzgün olmayan yüzeylerinin laboratuarda yüksekliği çapına eşit olacak şekilde düzeltilmesi ve boyutlardaki toleransın $\pm \% 10$ ’dan küçük olması öngörülmektedir.

4.3. Karot Alma Doğrultusu

Bazı araştırmacılar yapı elemanından beton döküm yönüne dik doğrultuda alınan karotların merkezi basınç dayanımlarının döküm yönünde alınanlarından daha yüksek olduğunu belirtmektedir. Petersons’a [42] göre bunun $\% 10$, Meininger’e [43] göre ise $\% 6$ olduğu iddia edilmektedir. Yip ve Tam [55], yaptıkları deneysel çalışmada, yaş ve narinlik sabit kalmak üzere, döküm yönüne dik doğrultuda alınan karot dayanımlarının, döküm yönünden alınankilerden, 50 mm çaplı karotlarda $\% 8$, 100 mm çaplı karotlarda ise $\% 4$ daha yüksek olduğunu belirtmiştir. Bunun aksine, Bungey [45] döküm yönüne dik doğrultuda alınan karot dayanımlarının daha düşük olduğunu belirtmektedir. Bloem [64] ise, her iki görüşün aksine karot alma doğrultusunun karot dayanımını etkilemediğini savunmaktadır.

4.4. Karot Alınan Yer

Beton dayanımının kolon yüksekliği boyunca değiştiği ve alt yüze yakın beton dayanımının üste yakın olanıkinden daha büyük olduğu ve aradaki farkın $\% 20$ ’ye vardığı belirtilmektedir [66, 33, 64]. Yip ve Tam’ın [55], karot alınan yerin dayanıma etkisi konusunda yaptıkları deneysel çalışmanın sonuçları aşağıda özetlenmektedir:

- İç çapı 100 mm. olan bıçaklarla döküm yönüne dik doğrultuda alttan alınan karot numune dayanımlarının üstten alınanlardan $\% 10$ daha büyüktür.
- İç çapı 50 mm. olan bıçaklarla döküm yönüne dik doğrultuda alttan alınan karot numune dayanımlarının üstten alınanlardan $\% 8$ daha büyüktür, ve döküm yönünde alttan alınanlarındakinin ise üstten alınanlarından $\% 9$ daha büyüktür.

Kabay [67], özellikle eğilme gerilmesine maruz kalan taşıyıcı yapı elemanlarının çekme bölgelerinden karot alınmaması gerektiğini, zira bu bölgede çekme gerilmelerinden

dolayı kılcal çatlaklar oluştuğunu ve bu çatlakların kesme etkisi ile oluşanlarla birleştiğinde karot dayanımının gerçek dayanımdan oldukça düşük değerler vereceğini ifade etmiştir.

4.5. Karot Nem Durumu

Deney anında, numunedeki nem miktarının basınç dayanımı üzerindeki etkisini araştırmak için yapılan çalışmalar; kuru numune dayanımlarının ıslak numunelerinkinden daha yüksek olduğunu göstermektedir [46, 53, 39].

Neville'in [46] Mills'den aktardığına göre; ıslak numunelerin düşük dayanım vermesi; emilen suyun çimento jelini şişirmesi ve bu suretle katı parçacıkların kohezyon kuvvetinin azalması, kuru numunelerde ise suyun katı parçacıklar arasındaki hareket etkisinin kalktığı şeklinde açıklanmaktadır. Arıoğlu vd. [62] ve Kabay [67] da çalışmalarında bu görüşü savunmuşlardır.

Burada numunelerin kuru olmasından 28 günlük standart kürden sonra yapılan kurutma anlaşılmaktadır. Zira dökümden sonra katılaşmaya ve sertleşmeye kurumaya bırakılan numunelerin kür yetersizliği nedeniyle standart kür gören numunelerden daha düşük dayanım verdiği bilinmektedir.

İngiliz Standardında BS 1881: Part 120 [57] deneylerin 48 saat su içinde saklanan karotlar üzerinde yapılmasını öngörmektedir.

4.6. Karot İçinde Kalan Donatı

Yapıdan karot alırken emniyetini tehlikeye sokmamak için donatının kesilmemesine azami özenin gösterilmesi gerekmektedir. Bunun için donatı çubuklarının yerini belirlemeye imkân veren (micro-covermeter, paşometre gibi) çeşitli tip aletler mevcuttur. Buna rağmen alınan karotlarda donatı parçasının bulunmasının karot dayanımını düşürdüğü genel bir kanı olmakla beraber bu kanıyı desteklemeyen yayınlar da bulunmaktadır [28, 56].

Petersons [42], uygulamada karot alınırken içinde donatı parçasının kalabileceğini, ancak bu parçalar genellikle yükleme doğrultusuna dik olduğundan dayanımı

etkilemediğini, Lewandowski [68] ise karotlardaki donatı miktarı arttıkça dayanımın azaldığını ancak bu azalmanın ihmal edilebilecek düzeyde olduğunu belirtmektedir.

Malhotra [65]'nin, Gaynor'dan aktardığına göre, karotlarda donatının bulunması dayanımda % 8 – % 13 aralığında azalmaya neden olmaktadır.

4.7. Karot Almada Kesme Etkisi

Dayanımın azalmasının nedeni olarak, karot alma işlemi sırasında kesilen agreganın çimento hamurundan ayrılma olasılığının çok fazla olması gösterilmekte, elde edilen karot basınç dayanımlarının aynı narinlikte ve çapta dökülmüş silindir numune basınç dayanımlarından daha düşük olacağı ifade edilmektedir [67].

Araştırmacılar genellikle karot almada kesme etkisinin dayanımı azalttığı ortak görüşündedirler [39, 41, 61, 68, 69]. Bloem [70], kesme etkisini araştırmak amacıyla karot ve gömülü numune dayanımlarını karşılaştırmasında kesme işleminin dayanımı % 7 azalttığı sonucuna varmıştır.

Durmuş [39] yaptığı deneysel çalışmada kesme etkisinin saklama koşullarına bağlı olarak değiştiğini belirterek dışarıda saklanan deney numunelerindeki kesme etkisinin kür ortamında saklananlardan % 15 daha fazla olduğunu belirtmiştir.

4.8. Karot Yaşı

Aşındırıcı olmayan ortamlarda beton dayanımının zamanla arttığı, projelendirmelerde ise genellikle ideal koşullarda saklanan 28 günlük standart silindir küp numune dayanımlarının dikkate alındığı bilinen bir gerçektir. Karot alınan yapı betonunun daha yaşlı olması durumunda, beton sınıfının tahmininde bu durumun hesaba katılması gerekli olmaktadır.

Bloem [70], 91 günlük beton dayanımının 28 günlük beton dayanımından % 11 daha büyük olduğunu, Campbell ve Tobin [38] ise iyi koşullarda saklanan ve 84 günlükken alınan karot dayanımının 21 günlükken alından % 3 – % 13 kadar daha büyük olduğunu belirtmektedir.

Yip ve Tam [55] yaptıkları deneysel çalışma sonuçlarına dayanarak 84 günlük karot dayanımının 28 günlük karot ve 28 günlük standart küp dayanımlarına oranları hakkında aşağıdaki değerleri sunmuştur:

- Döküm yönüne dik doğrultuda alınan 100 mm. çaplı karotlarda 0.92,
- Döküm yönünde alınan 100 mm. çaplı karotlarda 0.91,
- Döküm yönüne dik doğrultuda alınan 50 mm. çaplı karotlarda 0.92,
- Döküm yönünde alınan 50 mm. çaplı karotlarda 0.85 şeklinde, 84 günlük karot dayanımlarının 28 günlüklerden;
- Döküm yönüne dik doğrultuda alınan 50 mm. çaplı karotlarda % 20,
- Döküm yönüne dik doğrultuda alınan 100 mm. çaplı karotlarda % 12,
- Döküm yönünde alınan 50 mm. çaplı karotlarda % 20,
- Döküm yönünde alınan 100 mm. çaplı karotlarda % 17 daha büyük.

4.9. Karot Kürü.

Saklama koşullarının beton dayanımı üzerindeki etkisinin ihmal edilemeyecek düzeyde olduğu bilinmektedir. Bu konuda araştırmacıların vardıkları ortak kanı, ideal kür koşulunun $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'deki su ortamı olduğu, suda saklanmayan numunelerin, suda saklanan numunelere oranla daha düşük dayanım verdiği şeklindedir [63, 7, 64]. Yip ve Tam [55], su dışında ve suda saklanan elemanlardan alınan karotlar üzerinde yaptıkları deneylere göre farkın:

- Döküm yönüne dik doğrultuda alınan 100 mm. çaplı karotlarda % 4,
- Döküm yönüne dik doğrultuda alınan 50 mm. çaplı karotlarda % 11,
- Döküm yönünde alınan 100 mm. çaplı karotlarda % 4,
- Döküm yönünde alınan 50 mm. çaplı karotlarda % 22 olduğunu belirtmektedir.

5. BÖLÜM

DENEYSEL ÇALIŞMA

Bu çalışmanın deneysel aşamasında ülkemizde betonarme binalarda uygulaması yaygın olan C25 sınıfı beton sınıfı tercih edildi, ve Kayseri’de faaliyet gösteren TSE, ISO, ve Türkiye Hazır Beton Birliğinin Kalite Güvence Sertifikası belgeli bir hazır beton firmasından sağlanan C25 sınıfı beton kullanıldı.

Çalışmamızda kullandığımız beton üzerinde, taze halde iken 150×150×150 mm’lik küp ve 150×300 mm’lik silindir numuneler alınarak bunlar üzerinde basınç dayanımı ve kompressometre deneyleri, belirli yaşlarda karot deneyleri, Schmidt beton çekici deneyi, ve Pundit cihazıyla ultrases dalga hızı deneyi yapılmıştır. Çalışmada, deneysel aşamanın uygulandığı, döşeme kısmı 2×3 m, perde duvar kısmı 2×2 m boyutlu L biçimindeki betonarme elemana beton dökülmeden evvel, standart slump hunisi düzeneği yardımıyla taze betonun plastik çökmesi (slamp’ı) TS-12350-2’ye uygun olarak ölçülmüştür.

Beton basınç dayanımlarının standart yöntemle belirlendiği beton deney numunelerinin hazırlanmasında 150 mm’lik küp ve 150×300 mm’lik silindir kalıplar kullanılmıştır. Karot deneylerinde, karot çapının ve karotun boy/çap oranının döşeme ve perde elemanlarından alınan karot elamanlarının basınç dayanımı üzerine etkisi kapsamlı bir şekilde araştırılmıştır. Karot basınç dayanımı deneyleri için, döşeme ve perde betonlarından 150, 100 ve 50 mm olmak üzere üç farklı çapta fazla adette karotlar alınmıştır. Her bir karottan çapı için yeterli miktarda boy/çap oranında karot numuneleri taş kesme makinesinde kesilip, her iki yüzü uygun biçimde kükürt+grafit tozu eriyiği ile başlıklandıktan sonra basınç dayanımı testleri yapılmıştır.

Her iki yüzüne ulaşılabilirdi için, karot numunelerinin alındığı Perde betonunun karot alınan noktalarında karot kesilmeden evvel, standart Pundit cihazı kullanımıyla sesüstü (ultrases) atım hızı ile Schmidt beton çekici ölçümleri de yapılmıştır.

5.1. Beton Yapımında Kullanılan Malzemeler Ve Karışım Oranları

Beton karışım hesapları yapılırken, iri agrega ve ince agrega oranlarının ve miktarlarının belirlenmesinde, TS-802’de verilen standart gradasyon eğrilerinden yararlanılmıştır. 1 m³ beton karışımında kullanılan malzemelerinin miktarları Tablo 5.1.’de verilmektedir. Çökme (slamp) değeri akışkanlaştırıcı kullanılarak 200 mm olacak şekilde sabit tutulmuştur.

Tablo 5.1. Beton üretiminde kullanılan bileşim hesabı 1 m³ beton için (kg/m³)

CEM-I 42,5	235
UÇUCU KÜL (MİNERAL KATKI)	65
0-5 KIRMA KUM (DKY*)	1035
7-15 KIRMA TAŞ (DKY*)	300
15-25 KIRMA TAŞ (DKY*)	547
SU	185
KİMYASAL KATKI (HP 300)	4,5

DKY* : Agreganın ‘Doygun-Kuru-Yüzey’ halini tanımlamaktadır.

5.2.Deney Numunelerinin Hazırlanması Ve Taze Beton Deneyleri

Puzolanik mineral katkısıyla birlikte 300 dozlu betondan, ahşap kalıbı çakılıp, normal donatısı döşenen L ünitesi için yeterli 3,5 m³ beton transmiksör ile çalışma sahasına nakledildi. Bu beton daha önceden hazırladığımız L şeklinde ve düşeyde Perdeyi (2×2×0.35 m), yatayda da döşemeyi (2×2×0.25 m) temsil eden kalıba yerleştirildi ve sıkıştırıldı. Şekil-11 bu L biçimindeki ünitenin beton dökülmeden evvelki halini, 12 ile 16 nolu şekiller de beton dökme aşamasının safhalarını göstermektedir.



Şekil 5.1. Düşeyde perdeyi yatayda da döşemeyi temsil eden betonarme kalıp ve 25cm ara ile perde ve döşeme elamanına Ø16 donatı döşenmiş hali.



Şekil 5.2. Döşeme betonunun kalıba yerleştirilmesi.



Şekil 5.3. Döşeme ve perde betonu kalıba yerleştirilmesinin akabinde alınmış olan silindir numunelerin görünümü.



Şekil 5.4. Perde betonunun kalıba yerleştirilmesi ve sıkıştırma işlemi yapılırken.



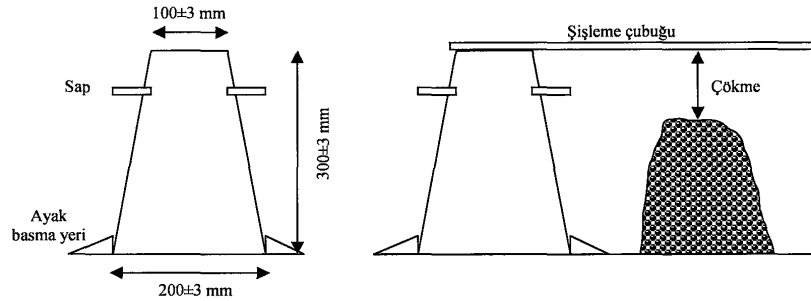
Şekil 5.5. Perde betonunun kalıba yerleştirilmesi sırasında döşeme yönünde beton akışı.



Şekil 5.6. Perde betonunun kalıba yerleştirilmesi sırasında döşeme yönünde beton akışı.



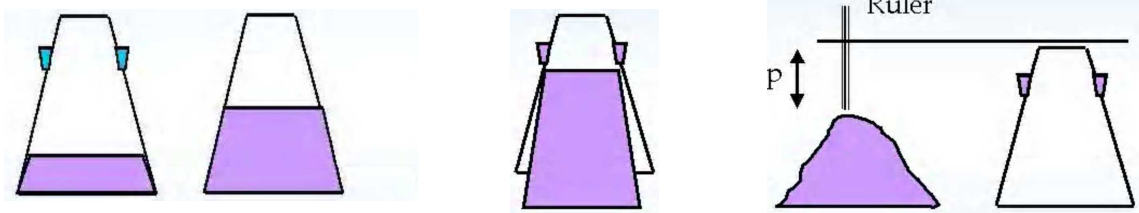
Şekil 5.7. Çökme (slamp) deneyine başlarken yapılan temizlik.



Şekil 5.8. Taze betonda çökme (slamp) miktarının ölçülmesi.

Döşeme betonu kalıba yerleştirildikten sonra çökme (slamp) deneyi TS-12350-2'ye uygun olarak yapılmıştır [1,16]. Taze beton slump değerinin belirlendiği deneyde üst çapı 100 mm, alt çapı 200 mm ve boyu 300mm olan çökme hunisi kullanılır. Beton huni içerisine üç seferde doldurulur ve her seferde 16 mm çapında çelik bir çubuk vasıtasıyla 25 kez kenardan ortalara doğru daire çizerek şişlenir. Daha sonra huninin doldurduğu üst kısım düzeltilir ve fazla beton temizlenir. Huni düzgün bir şekilde yukarıya kaldırılarak betonun aşağıya akması sağlanır. Huni tamamen alındıktan sonra, yayılan

betonun üst ucu ile yanında bulunan huninin üst ucu arasındaki mesafe taze betonun çökme değeri olarak bulunur. Şekil 5.8.'de taze betonda çökme değeri belirlenmesinde kullanılan huniyi ve işlem sırasını ve Şekil 5.9.'da taze beton çökme deneyi uygulamasını göstermektedir. Deney sonucu ölçülen çökme değeri 22 cm çıkmıştır. Bu da işlenebilme özelliğinin de yüksek olduğunu gösterir.



Şekil 5.9. Slamp hunisinin düzgün bir şekilde yukarıya kaldırılırken taze betonun kendi ağırlığı altında ve kıvamına oranla aşağıya akması.

5.3.Özel Olarak Üretilen Betonarme Ünite Kalıbının Sökülmesi Ve Kür Şartları

Standart testlerde kullanılacak deney numuneleri on adet silindir numunesi ve dokuz adet küp numunesinden oluşmaktadır. Bunlardan dört adet silindir ve üç adet küp numunesi dışarıda özel üretilmiş L şeklindeki beton ile aynı şartlarda tutuldu. Altı adet silindir numunesi ise Erciyes Üniversitesi Müh. Fak. İnşaat Müh. Bölümü Yapı Malzemeleri Laboratuvarındaki kür havuzuna bırakıldı. 6 adet küp numune ise hazır beton firmasının kür havuzunda tutuldu.



Şekil 5.10. Kalıpların sökölme aşaması.



Şekil 5.11. Kalıptan söküldükten sonra özel üretilen betonarme ünite ile birlikte, iki adet silindir ve iki adet küp numuneleri çevre koşullarına maruz bırakıldı.



Şekil 5.12. Üç adet silindir numunesi ERÜ İnş. Müh. Bölümü Yapı Malzemeleri Laboratuvarının kür havuzunda bekletilmiş ve iki adet dış çevre koşullarına bırakılan numuneler başlık yapılmadan önce.

5.4. Sertleşmiş Beton Deneyleri

Deneyisel çalışmada, hazır beton firmasına özel olarak ürettirdiğimiz 300 dozlu beton karışımı ile oluşturduğumuz perde ve döşeme elamanına standart testler, karot testleri, beton çekici ve ultrasonik hız deneyleri uygulanmıştır. Perde ve döşeme elamanlarından 150 mm, 100 mm, ve 50 mm çaplarında karot numuneleri alınmış ve her bir çap için 2, 1.5, ve 1 boy/çap oranına sahip beton karot numunesi kesilerek hazırlanmıştır. Karot numuneleri daha sonra standart basınç dayanımı testine tabi tutulmuştur.



Şekil 5.13. Döşeme elemanından karot alınırken.



Şekil 5.14. Döşeme elemanından karot alırken yakından görünüm.



Şekil 5.15. Karot alınmazdan evvel ferroskan (paşometre) cihazıyla enine ve boyuna donatıların yerlerinin tespiti

TS-10465'e Uygun Karot Deneyleri

Özel olarak üretilen perde betonundan, dörde çeyreklenmiş bölümlerin çapraz karşılık gelen kısımlarından TS-10465'e uygun olarak 5 cm, 10 cm ve 15 cm çapında karot çıkarılmıştır. Benzer olarak, döşemeden de dört parçaya ayrılarak karşılıklı çapraz parçalardan TS-10465'e uygun olarak 5 cm, 10 cm ve 15 cm çapında karot çıkarılmıştır. Çıkarılan karotlar, silinmez kalem ile işaretlendikten sonra, sağlam tahta kutulara yerleştirilmiş, yerinde yapılan deney ve incelemelerin bitiminden sonra Erciyes Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Yapı Malzemeleri Laboratuvarına nakledilmiştir. Karotlar, 31.01.2010 tarihinde, önce dış kenarlarından 1 ~ 2 cm'lik kısım alınarak, bir kısmı yaklaşık yüksekliği çapına eşit, bir kısmı bir buçuk katı ve bir kısmı da iki katı olacak biçimde, eksenine tam dik ve yüzeyi düzgün biçimde taş kesme makinesinde kesilmiştir. Bu işlemler sonunda, karotun boyuna göre bir veya iki veya daha fazla adette karot numune elde edilmiştir. 01.02.2010 tarihinde kükürt+grafit tozu karışımı ile başlıklı olan karot numuneler, 02.02.2010 tarihinde güncel TSE Klas-1 sertifikalı beton presinde TS-12390-3'e uygun olarak kırılmış ve mukavemetleri belirlenmiştir. Şekil 5.16'da beton perde elemanı üzerindeki alınan karotlar toplu olarak görülmektedir.



Şekil 5.16. Perde elemanı dört parçaya ayrılarak karşılıklı iki parçadan alınan 5cm, 10cm ve 15cm çaplı karotlar.



Şekil 5.17. Perde elemanında kuzey yönündeki alınan karotların dışında kesim esnasında dairesel parçalanmalar gözükmedi.



Şekil 5.18. Perde ve döşeme elemanından karot alındıktan sonra genel görünüş.



Şekil 5.19. Taş kesme makinesinde bir karotun yüzeylerinin tıraşlanması.



Şekil 5.20. Taş kesme makinesinde kesilip uçları düzenlenen 5cm çaplı karot numunenin kükürt+grafit tozu eriyiği ile başlık yapılması.



Şekil 5.21. Taş kesme makinesinde kesilip uçları düzenlenen bir karot numunenin kükürt+grafit tozu eriyiği ile başlıklanmış hali.



Şekil 5.22. 5cm, 10cm ve 15cm çaplı farklı boy çap oranındaki karotlardan bazıları.



Şekil 5.23. 15cm çaplı boy/çap oranları 1, 1.5 ve 2 olan perde karot numunelerden bazıları.



Şekil 5.24. Tez çalışmasında alınan karotlardan hazırlanan numunelerden birinin Klas-1 sertifikalı universal test makinesinde kırılma deneyi.



Şekil 5.25. Tez çalışmasında alınan karotlardan hazırlanan numunelerden birinin Klas-1 sertifikalı beton presinde kırılma deneyi.



Şekil 5.26. Karotlardan hazırlanan numunelerden birinin Klas-1 sertifikalı beton presinde kırılma deneyi.



Şekil 5.27. 15cm çaplı farklı boy/çap oranındaki bazı karotların kırılmadan sonraki görünüşü.

BS-1881-203 ve ASTM-597-97'ye Uygun Ultrasonik Hız Deneyleri

İngiliz Standardı BS-1881-203 ve Amerikan Standardı ASTM-597-97'de tanımlanan, ve kısaca “Pundit” olarak bilinen cihaz, iki beton yüzey arasından geçen ultrasonik ses

zamanını mikrosaniye cinsinden ölçmektedir. Ölçülen yüzeyler arasındaki mm cinsinden mesafenin, mikrosaniye cinsinden ultrason zamanına bölümü, km/sn cinsinden beton içinden geçen ultrason hızını vermektedir. Karot çıkarmanın zahmetinden dolayı, taşıyıcı elemanlarda beton mukavemeti ile ultrason hızı arasında ilişki kurulup, bu ilişki yardımıyla yerindeki betonun tahribatsız olarak mukavemetinin tahmin edilmesi, ilgili teknik yayınlarda olduğu gibi, TS-500'de de tavsiye edilmektedir.

Özel olarak ürettiğimiz döşeme veya perdeden, karot alınmazdan evvel karot çıkarılan kısmın her iki yüzü temizlenmiş, ve doğrudan beton yüzey üzerinde BS-1881-203 ve ASTM-597-97'ye uygun Pundit cihazı ile ultrasonik ses zamanı ölçümleri alınmıştır. Aşağıdaki fotoğraflarda, Pundit cihazı ile ultrason zamanı ölçümü deneyi ile ilgili bazı aşamalar da görülmektedir.



Şekil 5.28. Perde betonunda karot alınacak ve alınmadan evvel ultrasonik hız okunması yapılacak yerlerin belirlenmesi.



Şekil 5.29. Pundit cihazı ile perde betonu içinden ultrasonik hız okunması.

TS-3260'a Uygun Schmidt Çekici ile Yüzey Sertliği Deneyleri

Özel oluşturulan perdeden, karot alınmazdan evvel karot çıkarılan kısmın her iki yüzü temizlenmiş, ve doğrudan beton yüzey üzerinde TS-3260'a uygun N tipi Schmidt Beton Çekici ile yüzey sertliği ölçümleri alınmıştır. Önce, her iki yüzeyde 12'şer kez N tipi Schmidt çekici ile yüzey sertliği okuması alınmıştır. En büyük ve en küçük değerler atıldığında geriye kalan 10 adet okumanın ortalaması o beton yüzeyin Schmidt sertliği olarak hesaplanır. TS-3260'a uygun N tipi Schmidt Beton Çekicinin kendi üzerindeki diyagramdan yüzey sertliği ile mukavemet arasındaki ilişkiden yararlanarak, çekiç uygulaması yapılan yüzeyin mukavemeti yaklaşık olarak tahmin edilir. Schmidt Çekici üzerindeki diyagramda bu tahmini mukavemetin $\pm \%25$ hata içerebileceği belirtilmektedir.

6. BÖLÜM

DENEYSEL BULGULAR

6.1. Standart Testlerin Sonuçları

Deneysel çalışmanın başlangıcında, standart küp ve silindir basınç dayanım testleri 150×300 mm silindir numuneler ile 150 mm’lik küp numuneler üzerinde uygulanmıştır. Hazır beton firmasının laboratuvarında 150 mm küp numunelerin basınç deneyi yapılmış ve ortalama basınç dayanımı 32,2 MPa elde edilmiştir. 150×300 mm silindir numuneler ise Erciyes Üniversitesi Yapı Malzeme Laboratuvarında kür edilmiş ve basınç deneyleri yapılmıştır. Tablo-6.1., Tablo-6.2., Tablo-6.3 ve Tablo-6.4’de standart silindir mukavemetleri ve ortalamaları gösterilmektedir. Ayrıca, hazır beton firmasının laboratuvarında uygulanan 6 adet 150 mm küp numunelerin basınç deneyi raporu EK-2’de verilmiştir.

Tablo 6.1. 28 günlük iki adet özel üretilen numune ile dış ortamda bırakılan standart silindirin basınç mukavemet değerleri.

Numune Kimliği	Numune Çap	Boy	Standart Silindir Mukavemeti
28 günlük	(mm)	(mm)	(MPa)
Dış ortam	150	300	20,0
Dış ortam	150	300	19,5

19,76

Ortalama Mukavemeti = 19,76 N/mm²

19 < 19,76 < 21 olduğundan dolayı

Ortalama Mukavemetine göre bu betonun sınıfı : C18

17 < 19,5 < 22 olduğundan dolayı

En Küçük Mukavemetine göre bu betonun sınıfı : C20

Tablo 6.2. 28 günlük üç adet laboratuarda kürde bekletilen standart silindirin basınç mukavemet değerleri

Numune Kimliği	Numune Çap	Boy	Standart Silindir Mukavemeti
28 günlük	(mm)	(mm)	(MPa)
Standart Kür	150	300	21,5
Standart Kür	150	300	22
Standart Kür	150	300	20,9

21,46

Ortalama Mukavemeti = 21,46 N/mm²

21 < 21,46 < 26 olduğundan dolayı

Ortalama Mukavemetine göre bu betonun sınıfı : C20

17 < 20,9 < 22 olduğundan dolayı

En Küçük Mukavemetine göre bu betonun sınıfı : C20

TS 500 göre ; $f_{cm} \geq f_{ck} + 1,0 \text{ MPa}$, $f_{cmin} \geq f_{ck} - 3,0 \text{ MPa}$

Dış ortamda L biçiminde ünitenin yanında tutulan numunelerin beton sınıfı C18 çıkarken kür ortamındaki numuneninki C20 çıkmıştır.

Tablo 6. 3. 110 günlük iki adet özel üretilen numune ile dış ortamda bırakılan standart silindirin basınç mukavemet değerleri.

Deney tarihi: 01.02.2010

Numune Kimliği	Numune Çap	Boy	Standart Silindir Mukavemeti
	(mm)	(mm)	(MPa)
Dış ortam	150	300	20,4
Dış ortam	150	300	19,9

20,56

Ortalama Mukavemeti = 20,56 MPa

$19 < 20,56 < 21$ olduğundan dolayı

Ortalama Mukavemetine göre bu betonun sınıfı : C18

$17 < 19,9 < 22$ olduğundan dolayı

En Küçük Mukavemetine göre bu betonun sınıfı : C20

Tablo 6.4. 110 günlük üç adet laboratuarda kürde bekletilen standart silindirin basınç mukavemet değerleri

Deney tarihi 01.02.2010

Numune Kimliği	Numune Çap	Boy	Standart Silindir Mukavemeti
	(mm)	(mm)	(MPa)
Standart Kür	150	300	21,3
Standart Kür	150	300	24,0
Standart Kür	150	300	24,3

23,23

Ortalama Karot Mukavemeti = 23,23 MPa

$21 < 23,23 < 26$ olduğundan dolayı

Ortalama Mukavemetine göre bu betonun sınıfı : C20

$17 < 21,3 < 22$ olduğundan dolayı

En Küçük Mukavemetine göre bu betonun sınıfı : C20

Dış ortamda bırakılan numunenin beton sınıfı C18 çıkarken kür ortamındaki numuneninki C20 çıkmıştır. Bu da doğal olarak beton sınıfını tez çalışmamız için C18 olarak kabul etmemiz gerektiğini göstermiştir.

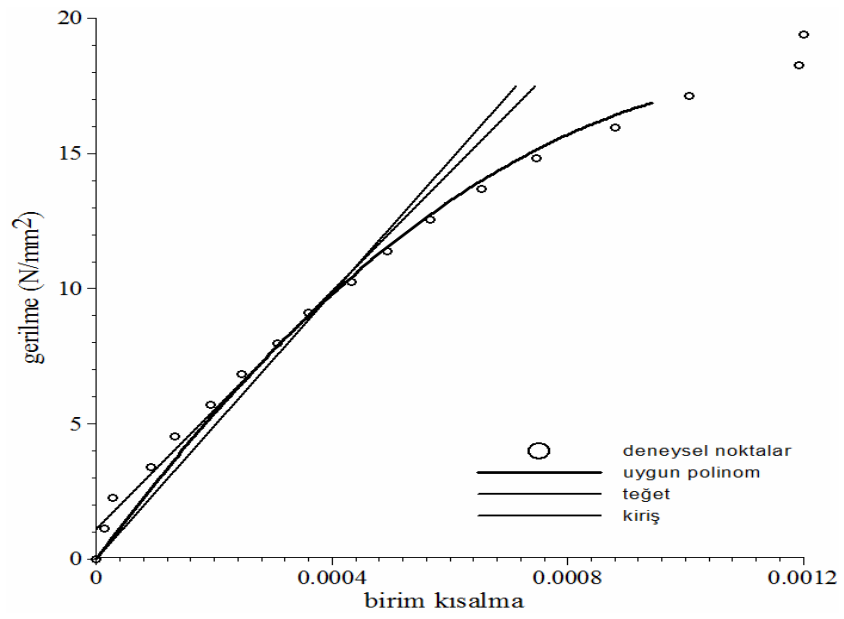
Silindir numuneler üzerinde gerçekleştirilen basınç dayanımı deneyi esnasında numuneler üzerine monte edilen kompressometre deney cihazı ile numuneler üzerinde gerçekleşen düşey deplasmanlar kaydedilmiş, elde edilen yük-deformasyon değerleri kullanılarak numunelerin (gerilme) – (birim kısalma) eğrileri çizilmiştir. Perde, kür ve dışarıdaki 150 mm çaplı numunelerin kendi gurubunda ve ortalama değerlerinin (gerilme) – (birim kısalma) eğrileri çizilmiştir.



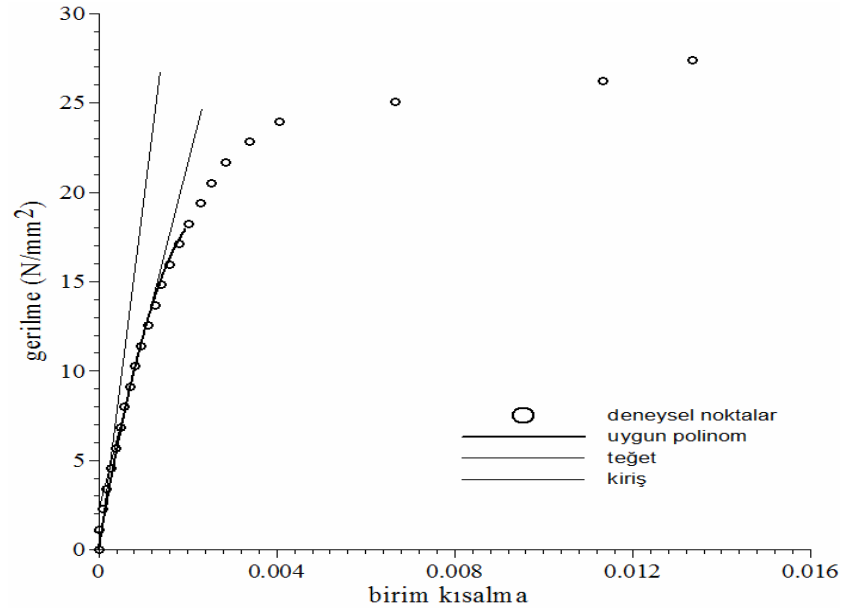
Şekil 6.1. Klas-1 sertifikalı beton presinde Basınç dayanımı deneyi esnasında numune üzerine monte edilen kompressometre deney cihazı.



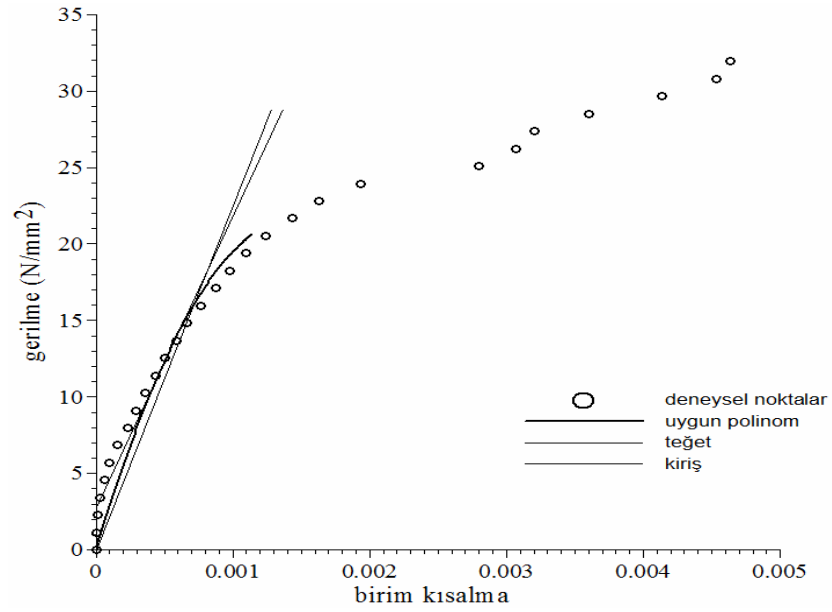
Şekil 6.2. Numune üzerine kompressometre deney cihazının monte edilmesi.



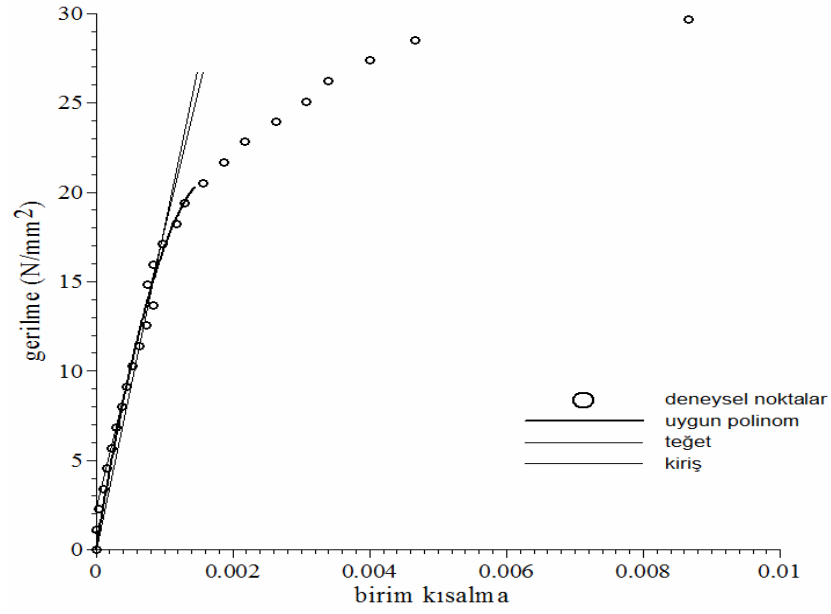
Şekil 6.3. Standart kür ortamında bekletilen 150×300 mm'lik 1 nolu silindir numunesinin (Basınç gerilmesi)–(birim kısalma) diyagramı.



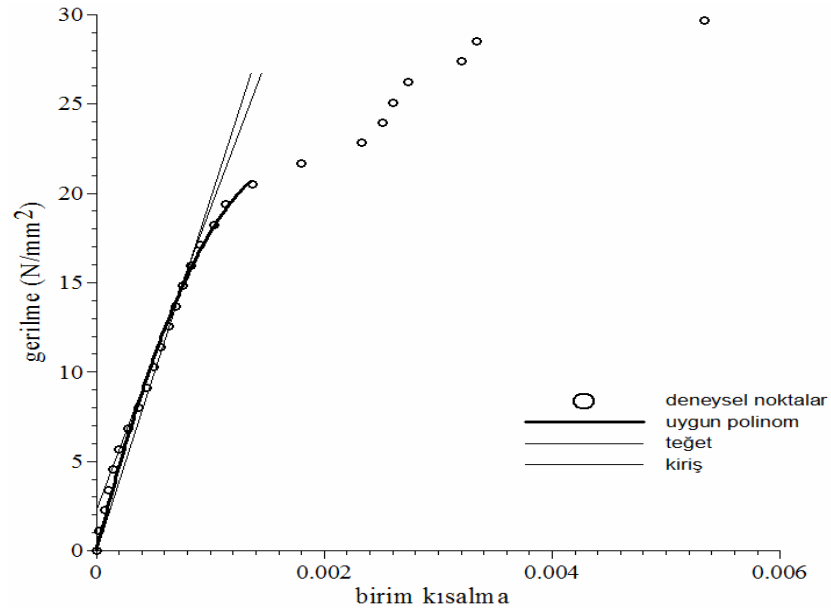
Şekil 6.4. Standart kür ortamında bekletilen 150×300 mm’lik 2 nolu silindir numunesinin (Basınc gerilmesi) – (birim kısalma) diyagramı.



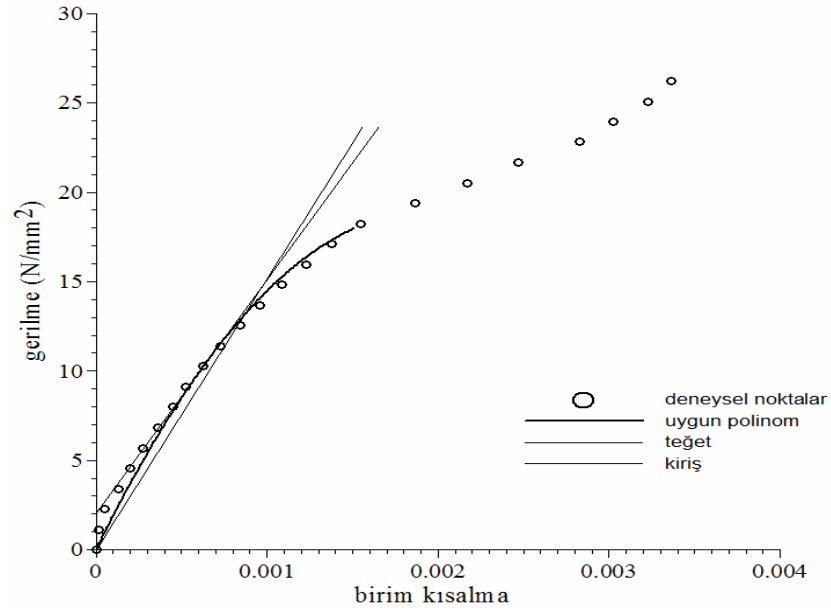
Şekil 6.5. Standart kür ortamında bekletilen 150×300 mm’lik 3 nolu silindir numunesinin (Basınc gerilmesi) – (birim kısalma) diyagramı.



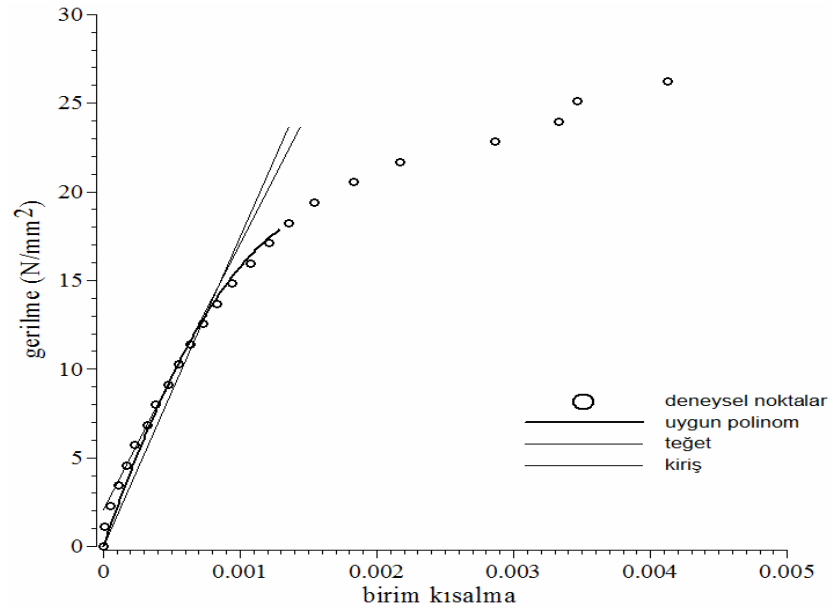
Şekil 6.6. Özel üretilen deney numunesi ile aynı ortamında bekletilen 150×300 mm'lik 1 nolu silindir numunesinin (Basınç gerilmesi) – (birim kısalma) diyagramı.



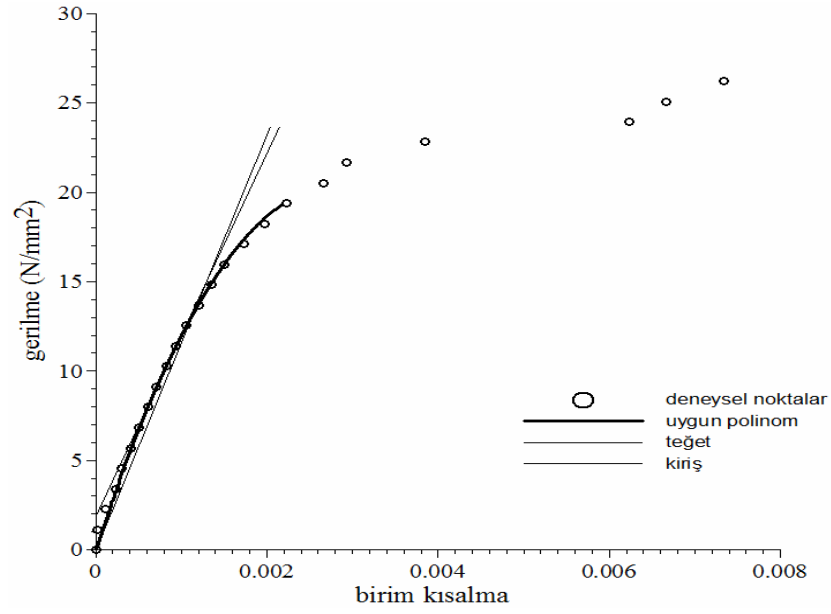
Şekil 6.7. Özel üretilen deney numunesi ile aynı ortamında bekletilen 150×300 mm'lik 2 nolu silindir numunesinin (Basınç gerilmesi) – (birim kısalma) diyagramı.



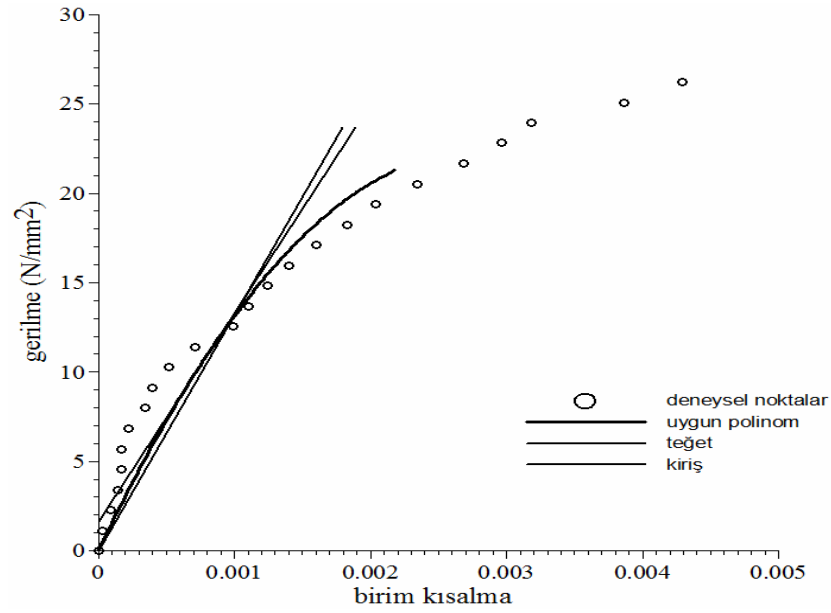
Şekil 6.8. Özel üretilen deney numunesi perde elamanından alınan 150×300 mm’lik 7 nolu karot numunesinin (Basınç gerilmesi) – (birim kısalma) diyagramı.



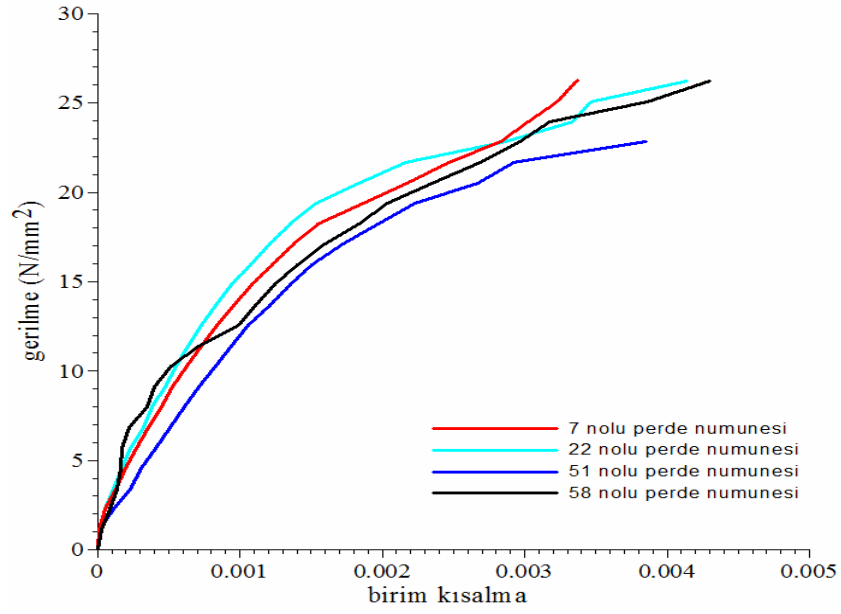
Şekil 6.9. Özel üretilen deney numunesi perde elamanından alınan 150×300 mm’lik 22 nolu karot numunesinin (Basınç gerilmesi) – (birim kısalma) diyagramı.



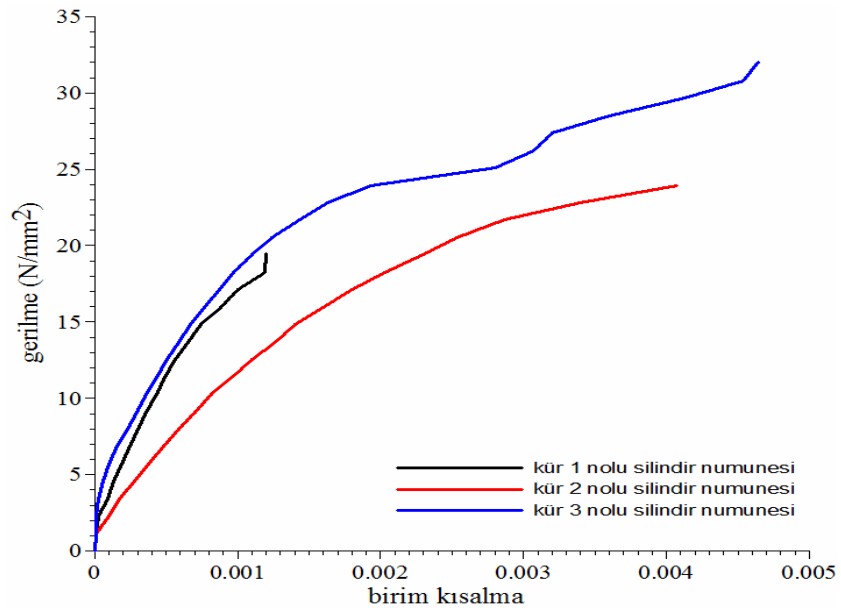
Şekil 6.10. Özel üretilen deney numunesinin perde elamanından alınan 150×300 mm’lik 51 nolu karot numunesinin (Basınç gerilmesi) – (birim kısalma) diyagramı.



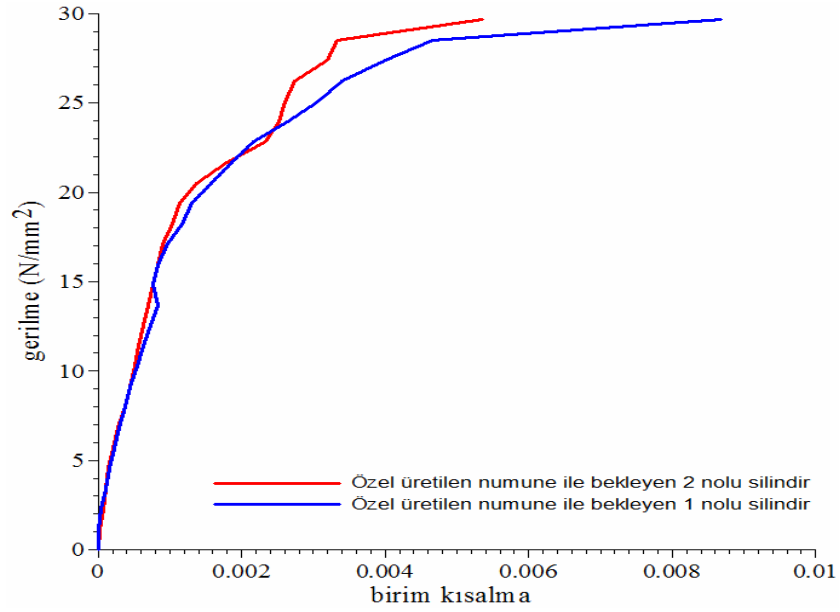
Şekil 6.11. Özel üretilen deney numunesinin perde elamanından alınan 150×300 mm’lik 58 nolu karot numunesinin (Basınç gerilmesi) – (birim kısalma) diyagramı.



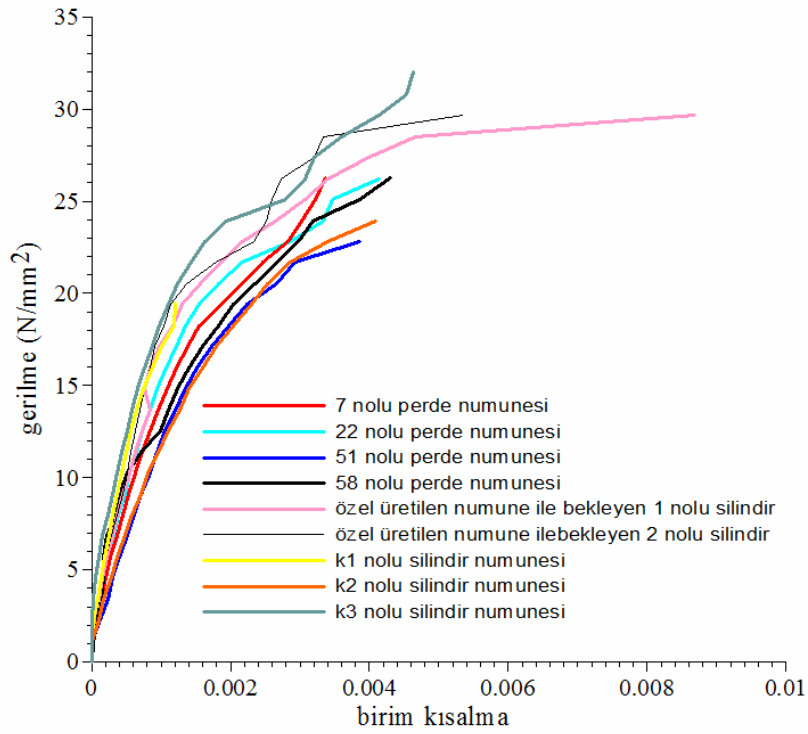
Şekil 6.12. Özel üretilen deney numunesinin perde elamanından alınan 150×300 mm'lik karot numunelerin (Basınç gerilmesi) – (birim kısalma) diyagramları.



Şekil 6.13. Standart kür ortamında bekletilen 150×300 mm'lik silindir numuneleri (Basınç gerilmesi) – (birim kısalma) diyagramları.



Şekil 6.14 Özel üretilen deney numunesi ile aynı ortamında bekletilen 150×300 mm'lik silindir numuneleri (Basınç gerilmesi) – (birim kısalma) diyagramları.



Şekil 6.15. Standart kür ortamında bekletilen 150×300 mm'lik silindir numuneleri, Özel üretilen deney numunesi ile aynı ortamında bekletilen 150×300 mm'lik silindir numuneleri ve Özel üretilen deney numunesinin perde elamanından alınan 150×300 mm'lik karot numuneleri (Basınç gerilmesi) – (birim kısalma) diyagramları.

6.2. Karot Deneylerinin Bulguları

Deneysel çalışmanın ilk kısımlarında karot deneylerinde 3 farklı çapta karot numunesi alınmış ve her bir çap için 3 farklı boy/çap oranında test edilmiştir. 5cm, 10cm ve 15 cm çaplı karotların her biri için boy/çap oranları 1, 1,5 ve 2 kullanılmıştır. Aşağıdaki tablolarda her bir çap için perde ve döşeme elamanlarından alınan karot elamanlarının ortalama basınç dayanımı ve standart sapmalar verilmiştir.

Tablo 6.5. Perde elamanından alınan boy/çap oranı 1 olan 15 cm çaplı karot numunelerin basınç mukavemet değerleri

Numune Kimliği	Numune Çap	Karot Boyu Başlıklı	Boy/Çap Oranı	Karot Mukavemeti		
Perde	(mm)	(mm)		(MPa)		
21-A	149,55	152,05	1,02	18,6		
21-B	148,25	153	1,03	23,4		
49-A	150,48	153,45	1,02	16,5		
49-B	150,67	151,7	1,01	17,3		
57-A	150,62	155	1,03	19,6	ORT	18,80
57-B	150,68	152,31	1,01	17,7	V.K.* (%)	13,08

V.K.: varyasyon katsayısı

Tablo 6.6. Perde elamanından alınan boy/çap oranı 1,50 olan 15 cm çaplı karot numunelerin basınç mukavemet değerleri

Numune Kimliği	Numune Çap	Karot Boyu Başlıklı	Boy/ Çap Oranı	Karot Mukavemeti		
Perde	(mm)	(mm)		(MPa)		
5-A	151,02	228	1,51	17,3		
23-A	150,12	228,5	1,52	21,9	ORT	19,73
60-A	150,2	228	1,52	20,0	V.K.(%)	11,86

Tablo 6.7. Perde elamanından alınan boy/çap oranı 2 olan 15 cm çaplı karot numunelerin basınç mukavemet değerleri

Numune Kimliği	Numune Çap	Karot Boyu Başlıklı	Boy/ Çap Oranı	Karot Mukavemeti		
Perde	(mm)	(mm)		(MPa)		
22-A	150	302	2,01	22,0		
7-A	150	302	2,01	19,0		
58	150	302	2,01	18,9	ORT	20,46
51	150	302	2,01	21,9	V.K.(%)	8,50

Tablo 6.8. Döşeme elamanından alınan boy/çap oranı 1 olan 15 cm çaplı karot numunelerin basınç mukavemet değerleri

Numune Kimliği	Numune Çap	Karot Boyu Başlıklı	Boy/ Çap Oranı	Karot Mukavemeti		
Döşeme	(mm)	(mm)		(MPa)		
57	150,64	153,27	1,02	23,9		
23	150,83	154,17	1,02	25,3		
7	150,91	151,14	1,00	27,2		
16	150,53	153	1,02	27,5		
49	150,66	154	1,02	23,3		
60	150,6	151,51	1,01	25,1		
32	150,9	152,08	1,01	27,2	ORT	25,49
14	150,96	154,57	1,02	24,2	V.K.(%)	6,52

Tablo 6.9. Döşeme elamanından alınan boy/çap oranı 1,5 olan 15 cm çaplı karot numunelerin basınç mukavemet değerleri

Numune Kimliği	Numune Çap	Karot Boyu Başlıklı	Boy/ Çap Oranı	Karot Mukavemeti		
Döşeme	(mm)	(mm)		(MPa)		
30	150,6	231,8	1,54	24,3		
74	149,91	231	1,54	23,4	ORT	23,39
42	150,8	229	1,52	22,4	V.K.(%)	4,10

Tablo 6.10. Perde elamanından alınan boy/çap oranı 1 olan 10 cm çaplı karot numunelerin basınç mukavemet değerleri.

Numune Kimliği	Numune Çap	Karot Boyu Başlıklı	Boy/ Çap Oranı	Karot Mukavemeti		
Perde	(mm)	(mm)		(MPa)		
30-A	100,65	107,75	1,07	15,8		
30-B	100,52	106,97	1,06	21,6		
30-C	100,55	103,39	1,03	18,8		
24-A	100,5	101,77	1,01	22,6		
65-A	100,57	104,32	1,04	22,2		
65-B	100,57	105,29	1,05	20,6		
65-C	100,55	103,51	1,03	23,6		
50-A	100,58	102,16	1,02	17,2		
8-A	100,45	101,26	1,01	23,1		
44-A	100,27	103,85	1,04	22,3		
14-A	100,63	102,24	1,02	22,1	ORT	21,19
59-B	99,93	101,59	1,02	24,5	V.K.(%)	12,40

Tablo 7.11. Perde elamanından alınan boy/çap oranı 1,5 olan 10 cm çaplı karot numunelerin basınç mukavemet değerleri.

Numune Kimliği	Numune Çap	Karot Boyu Başlıklı	Boy/ Çap Oranı	Karot Mukavemeti		
Perde	(mm)	(mm)		(MPa)		
9-A	100,56	152,7	1,52	17,7		
9-B	100,56	153,1	1,52	18,3		
44-B	100,57	152,47	1,52	19,1	ORT	19,22
59-A	100,57	154,52	1,54	21,7	V.K.(%)	9,09

Tablo 6.12. Perde elamanından alınan boy/çap oranı 2 olan 10 cm çaplı karot numunelerin basınç mukavemet değerleri.

Numune Kimliği	Numune Çap	Karot Boyu Başlıklı	Boy/ Çap Oranı	Karot Mukavemeti		
Perde	(mm)	(mm)		(MPa)		
14-B	100,55	203	2,02	20,6		
8-B	100,7	202	2,01	18,7		
50-B	100,56	202,5	2,01	15,5	ORT	18,64
24-B	100,58	203	2,02	19,7	V.K.(%)	11,83

Tablo 6.13. Döşeme elamanından alınan boy/çap oranı 1 olan 10 cm çaplı karot numunelerin basınç mukavemet değerleri.

Numune Kimliği	Numune Çap	Karot Boyu Başlıklı	Boy/ Çap Oranı	Karot Mukavemeti		
Döşeme	(mm)	(mm)		(MPa)		
52	100,86	100,77	1,00	22,3		
68	100,48	100,36	1,00	23,2		
37-A	100,58	103,31	1,03	27,0		
37-B	100,51	102,25	1,02	32,9		
15-A	100,45	104,84	1,04	23,7		
15-B	100,56	102,66	1,02	31,3		
66-A	100,45	101,9	1,01	23,2	ORT	26,07
66-B	100,54	103,93	1,03	24,9	V.K.(%)	15,41

Tablo 6.14. Döşeme elamanından alınan boy/çap oranı 1,5 olan 10 cm çaplı karot numunelerin basınç mukavemet değerleri.

Numune Kimliği	Numune Çap	Karot Boyu Başlıklı	Boy/ Çap Oranı	Karot Mukavemeti		
Döşeme	(mm)	(mm)		(MPa)		
50	100,68	154,87	1,54	24,1		
52-B	100,75	153,83	1,53	25,6	ORT	25,30
68-B	100,69	153,93	1,53	26,2	V.K.(%)	4,37

Tablo 6.15. Döşeme elamanından alınan boy/çap oranı 2 olan 10 cm çaplı karot numunelerin basınç mukavemet değerleri.

Numune Kimliği	Numune Çap	Karot Boyu Başlıklı	Boy/ Çap Oranı	Karot Mukavemeti		
Döşeme	(mm)	(mm)		(MPa)		
11	100,82	202	2,00	22,7		
24	100,94	202	2,00	25,7	ORT	24,54
40	100,69	203	2,02	25,1	V.K.(%)	6,63

Tablo 6.16. Perde elamanından alınan boy/çap oranı 1 olan 5 cm çaplı karot numunelerin basınç mukavemet değerleri.

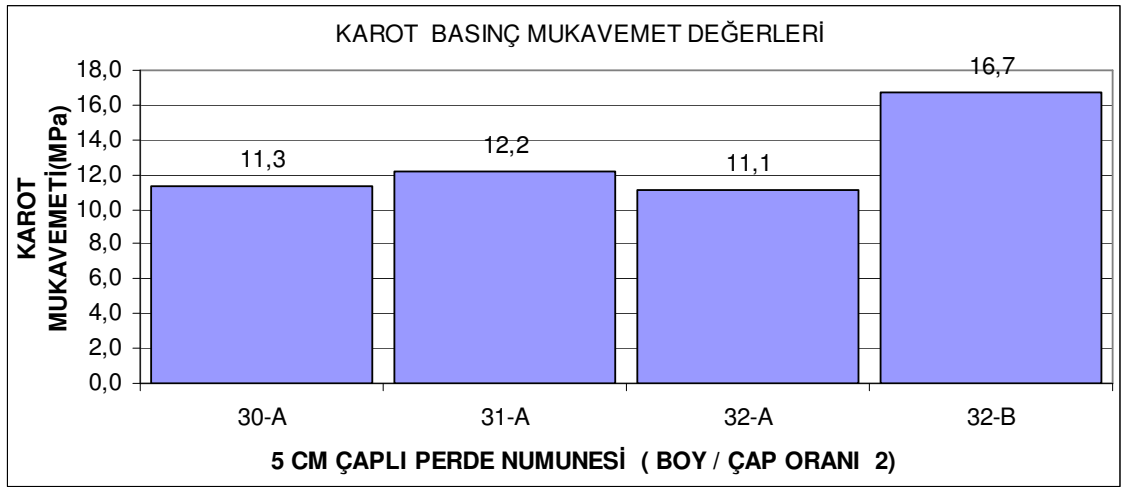
Numune Kimliği	Numune Çap	Karot Boyu Başlıklı	Boy/ Çap Oranı	Karot Mukavemeti		
Perde	(mm)	(mm)		(MPa)		
52-A	47,96	54,17	1,13	12,6		
52-B	47,85	56,36	1,18	12,2		
52-C	48,33	55,1	1,14	11,6		
52-D	48,05	56,29	1,17	10,8		
52-E	48,1	54,88	1,14	14,5		
6-A	47,35	56,1	1,18	10,1		
6-B	47,8	55,9	1,17	13,3		
6-C	47,9	55,41	1,16	15,4		
6-D	47,75	55,23	1,16	17,7		
68-A	47,95	55,63	1,16	10,6		
68-B	47,93	55,27	1,15	9,0		
68-C	48,02	54,74	1,14	13,2		
68-D	47,98	54,64	1,14	18,0		
68-E	47,97	55,33	1,15	19,1		
50	47,8	53,32	1,12	13,4		
31	48,26	53,85	1,12	9,2		
42-A	48,06	56,91	1,18	9,4		
42-B	48,06	55,93	1,16	10,3		
42-C	48,19	55,31	1,15	12,9		
42-D	47,75	56,48	1,18	12,5		
42-E	47,93	55,25	1,15	16,1		
43-A	47,94	55,37	1,15	13,4		
43-B	48,01	55,66	1,16	12,9		
43-C	47,87	54,98	1,15	15,0		
43-D	48,1	55,5	1,15	12,9	ORT	13,31
43-E	48,03	54,89	1,14	19,8	V.K.(%)	22,40

Tablo 6.17. Perde elamanından alınan boy/çap oranı 1,5 olan 5 cm çaplı karot numunelerin basınç mukavemet değerleri.

Numune Kimliği	Numune Çap	Karot Boyu Başlıklı	Boy/ Çap Oranı	Karot Mukavemeti		
Perde	(mm)	(mm)		(MPa)		
50-A	48,06	78,7	1,64	11,5		
50-B	48,32	79,3	1,64	10,3		
50-C	48,06	78,46	1,63	11,4		
59-A	48,1	78,92	1,64	13,8		
59-B	47,3	78,57	1,66	16,2		
16-A	48,1	78,7	1,64	12,4	ORT	12,54
16-B	48,28	76,82	1,59	12,2	V.K.(%)	15,39

Tablo 6.18. Perde elamanından alınan boy/çap oranı 2 olan 5 cm çaplı karot numunelerin basınç mukavemet değerleri.

Numune Kimliği	Numune Çap	Karot Boyu Başlıklı	Boy/ Çap Oranı	Karot Mukavemeti		
Perde	(mm)	(mm)		(MPa)		
16-C	48,19	102,93	2,14	14,0		
30-A	47,13	102,45	2,17	11,3		
31-A	47,93	102,88	2,15	12,2		
32-A	48,01	102,7	2,14	11,1		
32-B	48,15	104,75	2,18	16,7	ORT	12,91
59-C	48,11	103,82	2,16	12,2	V.K.(%)	16,36



Şekil 6.16. Perde elamanında boy/çap oranı 2 olan 5 cm çaplı karot numunelerin basınç mukavemet değerleri.

Tablo 6.19. Döşeme elamanından alınan boy/çap oranı 1 olan 5 cm çaplı karot numunelerin basınç mukavemet değerleri.

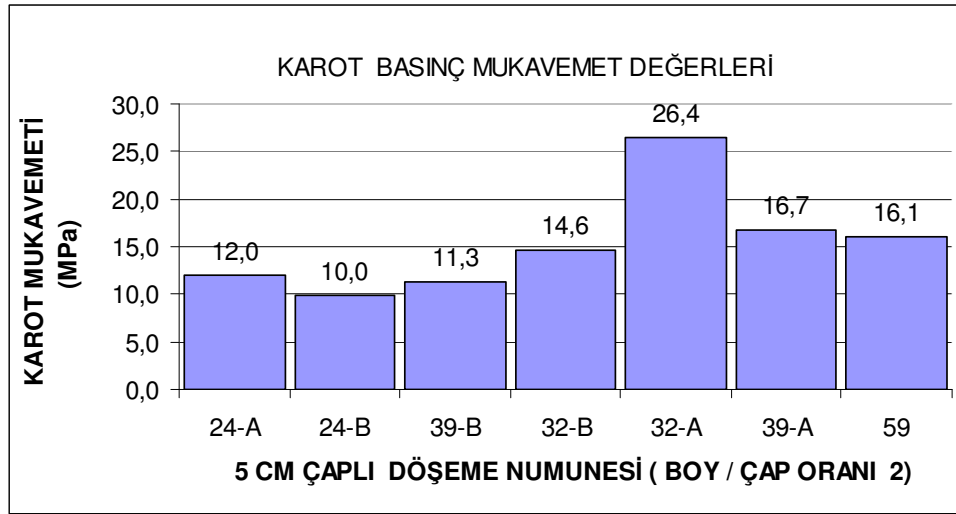
Numune Kimliği	Numune Çap	Karot Boyu Başlıklı	Boy/Çap Oranı	Karot Mukavemeti		
Döşeme	(mm)	(mm)		(MPa)		
15-A	47,74	54,62	1,14	23,0		
15-B	47,88	54,79	1,14	18,3		
15-C	49,93	55,83	1,12	20,5		
24-A	48,32	55,06	1,14	21,2		
24-B	48,13	54,69	1,14	14,8		
24-C	48,09	55,04	1,14	23,8		
38-A	48,09	54,76	1,14	31,9		
38-B	48,09	54,85	1,14	16,6		
38-C	48,03	54,83	1,14	17,5		
38	48,12	55,68	1,16	22,7		
40-A	48,07	55,51	1,15	19,5		
40-B	47,99	54,49	1,14	16,7		
40	48,03	54,53	1,14	16,5		
40-D	48,4	56,25	1,16	10,3		
65-A	47,8	52,9	1,11	22,0		
68-A	47,96	54,31	1,13	16,6		
68-B	48,13	57,3	1,19	15,6		
68-C	48,08	53,91	1,12	11,9		
68-D	48,12	53,93	1,12	13,3		
73-A	48,02	55,09	1,15	23,4		
73-B	47,97	54,7	1,14	12,5		
73-C	48,05	54,52	1,13	9,8		
73	48,19	54,65	1,13	17,9	ORT	18,06
75	48,05	55,29	1,15	17,1	V.K.(%)	27,78

Tablo 6.20. Döşeme elamanından alınan boy/çap oranı 1,5 olan 5 cm çaplı karot numunelerinin basınç mukavemet değerleri.

Numune Kimliği	Numune Çap	Karot Boyu Başlıklı	Boy/Çap Oranı	Karot Mukavemeti		
Döşeme	(mm)	(mm)		(MPa)		
40-A	47,94	78,71	1,64	12,8		
40-B	48	80,12	1,67	12,5		
22-A	47,89	79,54	1,66	27,9		
22-B	48,15	78,36	1,63	17,4		
22-	48,02	78,39	1,63	14,0		
24-A	47,33	78,93	1,67	13,5		
24-B	46,91	78,97	1,68	24,7		
32	47,85	80,06	1,67	25,3		
39	47,86	79,65	1,66	13,4		
75-A	47,16	80,17	1,70	16,5	ORT	17,34
75-B	48	77,94	1,62	12,8	V.K.(%)	33,35

Tablo 6.21. Döşeme elamanından alınan boy/çap oranı 2 olan 5 cm çaplı karot numunelerinin basınç mukavemet değerleri.

Numune Kimliği	Numune Çap	Karot Boyu Başlıklı	Boy/Çap Oranı	Karot Mukavemeti		
Döşeme	(mm)	(mm)		(MPa)		
24-A	48,3	101,44	2,10	12,0		
24-B	48,11	101,73	2,11	10,0		
39-B	48,02	101,83	2,12	11,3		
32-B	48,07	103,59	2,15	14,6		
32-A	48,1	101,65	2,11	26,4		
39-A	48,08	101,9	2,12	16,7	ORT	15,30
59-C	48,29	102,61	2,12	16,1	V.K.(%)	35,94



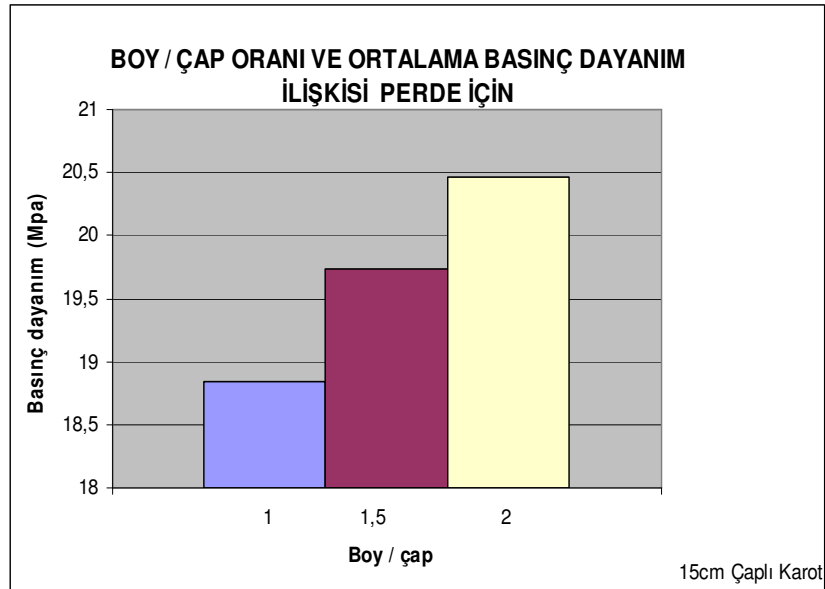
Şekil 6.17. Döşeme elamanından alınan boy/çap oranı 2 olan 5 cm çaplı karot numunelerinin basınç mukavemet değerleri.

6.2.1. Karot boy/çap oranının karot dayanımı üzerine etkisi

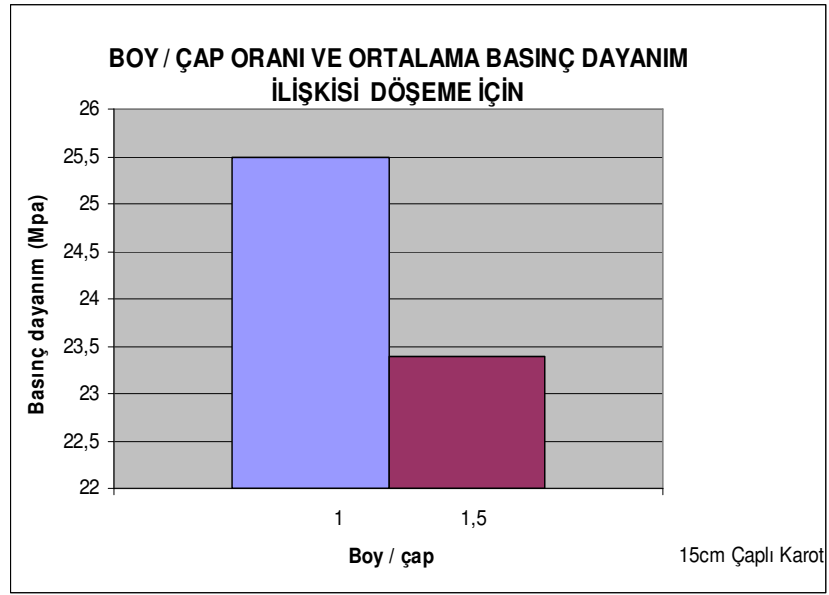
Boy/çap oranı karot numunesinin basınç dayanımını önemli ölçüde etkilemektedir. Boy/çap oranına kısaca karot numunesinin narinliği de denildiği olur. Deneysel çalışmada karot numuneleri için 1, 1.5 ve 2 olmak üzere üç farklı boy/çap oranı üzerinde çalışma yapılmıştır. Şekil 6.18- Şekil 6.23'deki grafiklerde görüleceği gibi boy/çap oranı basınç dayanımı ilişkisinde perde ve döşeme elamanında farklı sonuçlar elde edilmiştir. Genelde boy/çap oranı düştükçe basınç dayanımı artmaktadır. Perde elamanı için Şekil 6.18'de görüldüğü gibi 15 cm çaplı karot için boy/çap oranının azaldıkça basınç dayanımı azalmıştır. Döşeme elamanı için Şekil 6.19'de görüldüğü gibi 15 cm çaplı karot için boy/çap oranı azaldıkça basınç dayanımı artmıştır. Perde elamanı için Şekil 6.20'de görüldüğü gibi 10 cm çaplı karot için boy/çap oranı azaldıkça basınç dayanımı artmıştır. Döşeme elamanı için Şekil 6.21'de görüldüğü gibi 10 cm çaplı karot için boy/çap oranı azaldıkça basınç dayanımı artmıştır. Perde elamanı için Şekil 6.22'te görüldüğü gibi, 5 cm çaplı karot için boy/çap oranı 1 den 1,5'a doğru artarken basınç dayanımı azalmıştır. Döşeme elamanı için Şekil 6.23'de görüldüğü gibi, 5 cm çaplı karot için boy/çap oranı azaldıkça basınç dayanımı artmıştır.

Standart silindir numunelerin boy/çap oranı 2 olup Standart küp numunelerin boy/çap oranı ise 1'dir. Kp numunenin dayanımının silindir numunenin dayanımına nazaran büyük olmasının nedeni de budur.

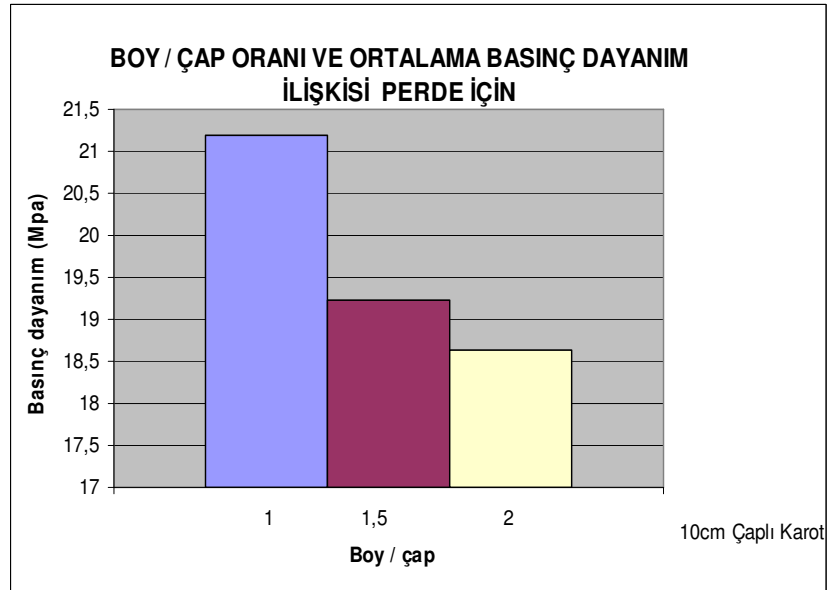
Ayrıca, yine Griffith hipotezine göre [73], kk numunelerin kusurlu kısım içerme olasılığı büyük numunelere nazaran daha düşüktür. Boy/ap oranı kk olan karot numunelerin basınç dayanımının daha yüksek olmasının nedenlerinden biri de budur. Boy/ap oranı kk olan numuneler hacimsel olarak daha da kktr ve dolayısıyla kusur içerme olasılıkları daha kktr. Bu nedenle basınç dayanımları da daha yüksek olur.



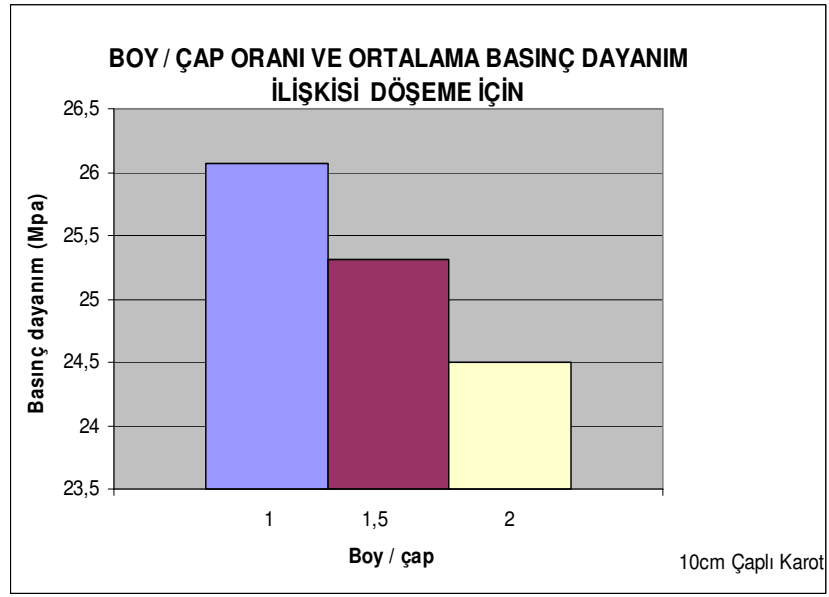
şekil 6.18. Perde kısmından alınan 15 cm çaplı karot numuneler için boy/çap oranı ile ortalama basınç dayanımı arasındaki ilişki.



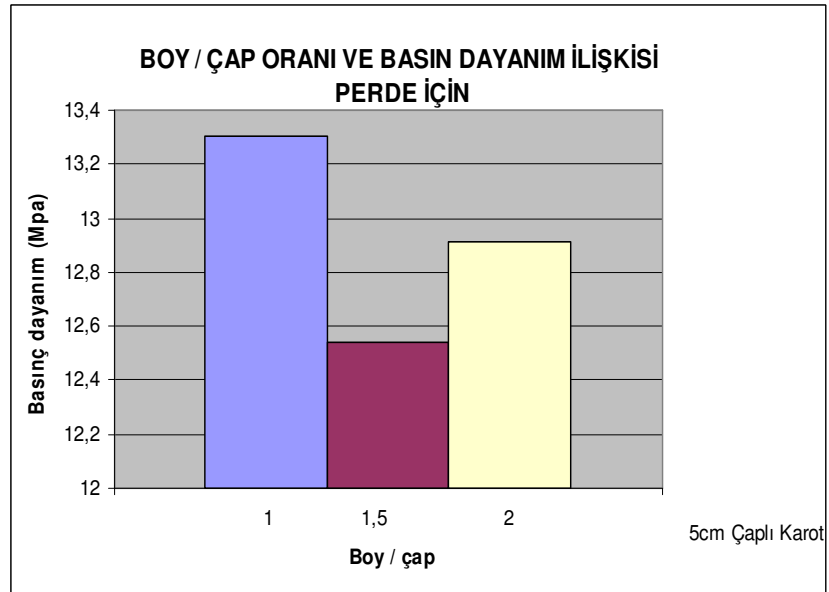
Şekil 6.19. Döşeme kısmından alınan 15 cm çaplı karot numuneler için boy/çap oranı ile ortalama basınç dayanımı arasındaki ilişki.



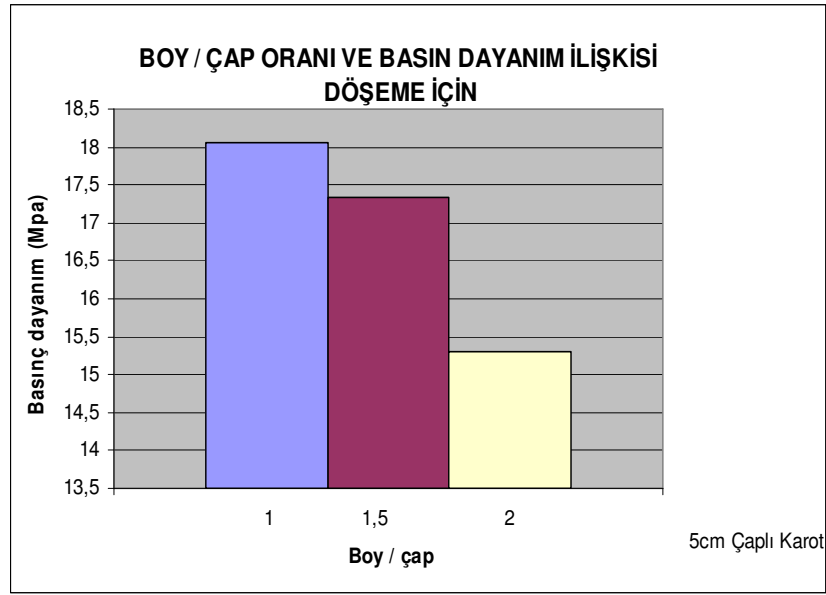
Şekil 6.20. Perde kısmından alınan 10 cm çaplı karot numuneler için boy/çap oranı ile ortalama basınç dayanımı arasındaki ilişki.



Şekil 6.21. Döşeme kısmından alınan 10 cm çaplı karot numuneler için boy/çap oranı ile ortalama basınç dayanımı arasındaki ilişki.



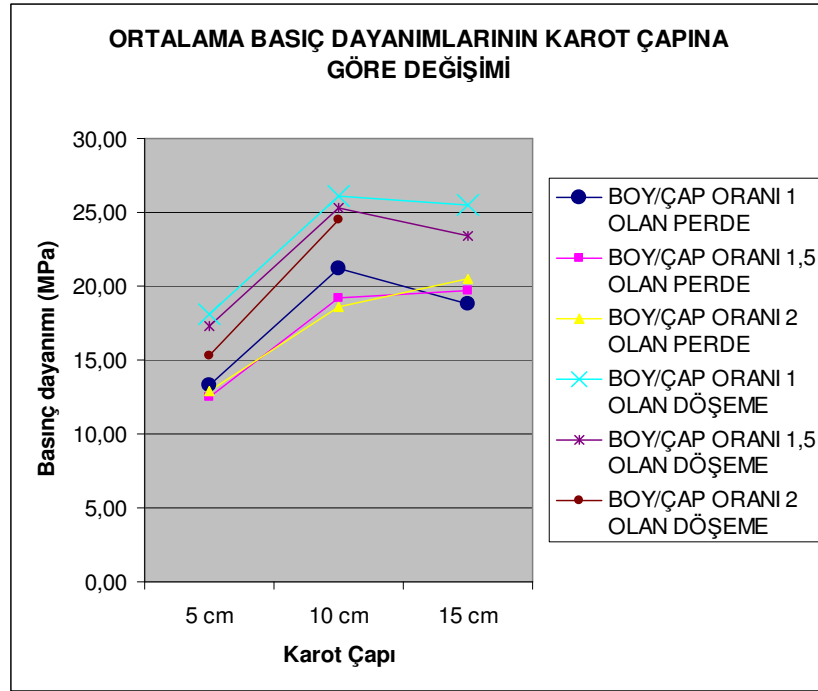
Şekil 6.22. Perde kısmından alınan 5 cm çaplı karot numuneler için boy/çap oranı ile ortalama basınç dayanımı arasındaki ilişki.



Şekil 6.23. Döşeme kısmından alınan 5 cm çaplı karot numuneler için boy/çap oranı ile ortalama basınç dayanımı arasındaki ilişki.

6.2.2. Karot çapının karot dayanımı üzerine etkisi

Kullanılan C20 betonu için, karot çapı küçüldükçe, Şekil 6.24.'de 5 cm ve 10 cm karotlar için basınç dayanımı küçülmektedir. Bu durum Griffith hipotezi ile ters düşmektedir. Bunun nedeni, karot alma işlemi sırasında numunelerin örselenmesi olabilir. Örselenme küçük çaplı karot numunelerinde daha fazla olmaktadır. Şekil 6.24'de 10 cm ve 15 cm karotlar için çap büyüdükçe boy/çap oranına göre basınç dayanımı değişiklik göstermektedir. Boy/çap oranı 1 olan perde elamanı, 1 ve 1,5 olan döşeme elamanı Griffith hipotezine uygundur. Boy/çap oranı 2 ve 1,5 olan perde elamanında ise çap arttıkça basınç dayanımı artmıştır.

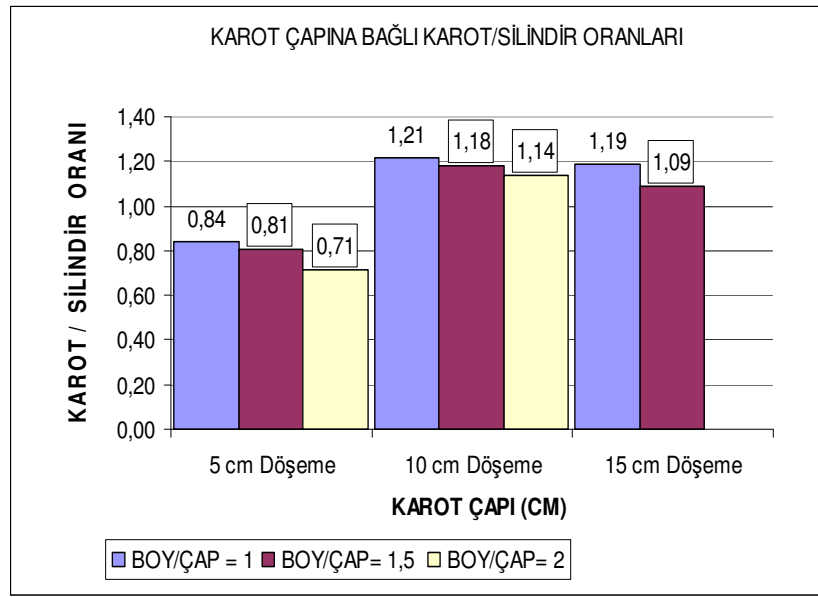


Şekil 6.24. Döşeme ve perde elamanlarından alınan 5 cm, 10 cm ve 15 cm çaplı karotlar ile ortalama basınç dayanım ilişkisi eğrileri.

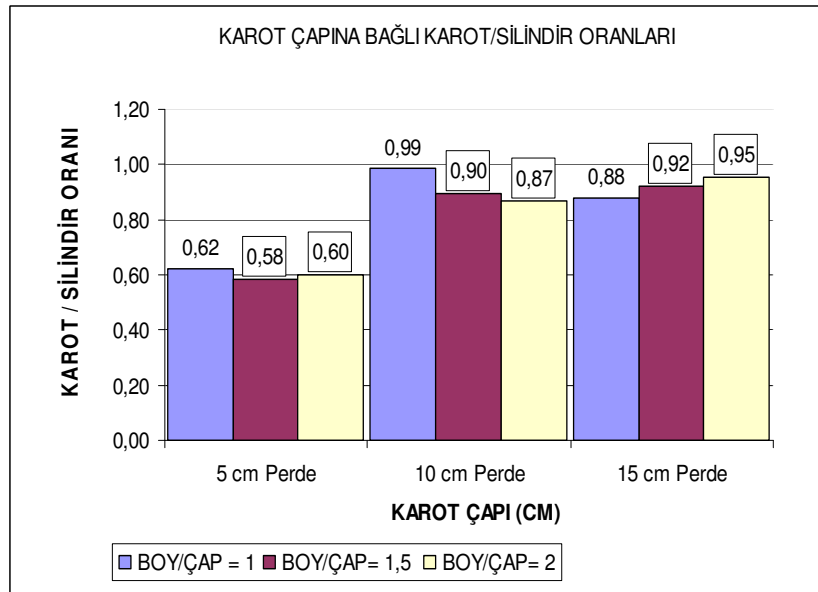
6.2.3.Karot deneyleri sonuçlarının değerlendirilmesi

Karot dayanımlarının değerlendirilmesinde ilgili standartlar, eğer karot numunesi silindir dayanımı ile karşılaştırılacaksa, boy/çap oranının 2.0 olması gerektiğini, eğer karot numunesinin dayanımının küp numunenin dayanımı ile karşılaştırılacaksa, karotun boy/çap oranının 1 olması gerektiğini tavsiye eder [5, 8].

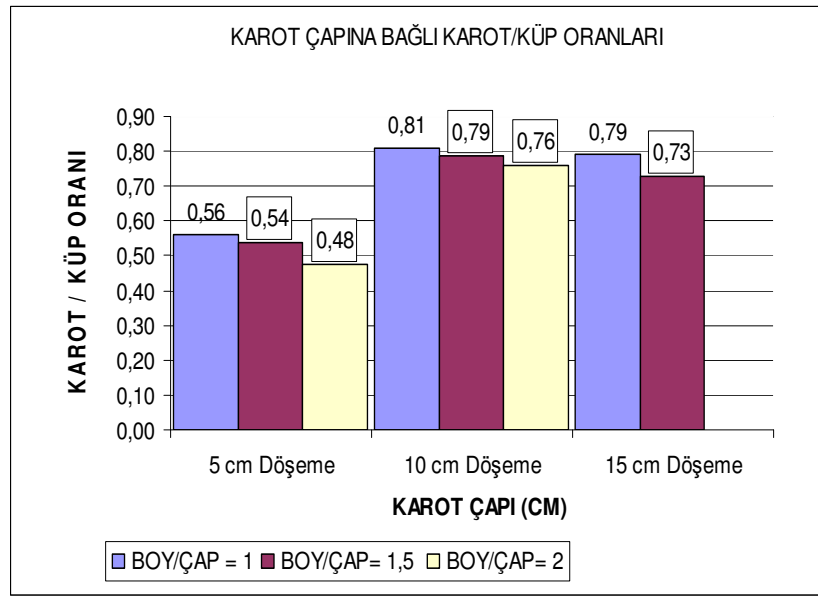
Şekil 6.25’de döşeme elamanı için karot basınç dayanımının/standart silindir numunesi basınç dayanımına oranları dağılımları verilmiş olup 10 cm çaplı karotta oran 1.05 iken 5 cm çaplı karotta oran 0.66 düşmüştür. Şekil 6.26.’da perde elamanı için karot basınç dayanımının/standart silindir numunesi basınç dayanımına oranları dağılımları verilmiş olup 10 cm çaplı karotta oran 0.80 iken 5 cm çaplı karotta oran 0.56’ya düşmüştür. Genel olarak, 5 cm karot ile 10 cm karot arasında % 30 - % 37 oranlarda azalma görülmüştür.



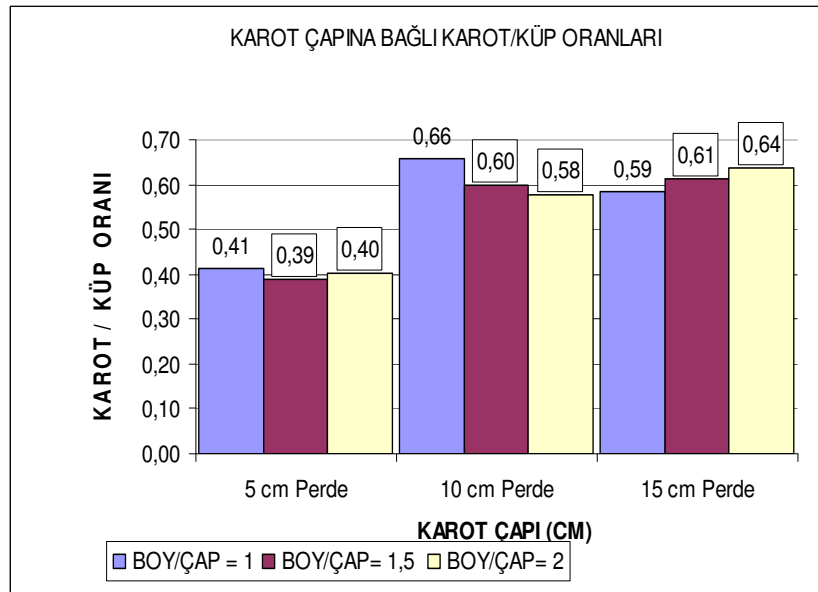
Şekil 6.25. Döşeme elemanı için karot basınç dayanımının 28 günlük silindir numunesi basınç dayanımına oranları dağılımı (Malzeme laboratuvarı kür koşulu).



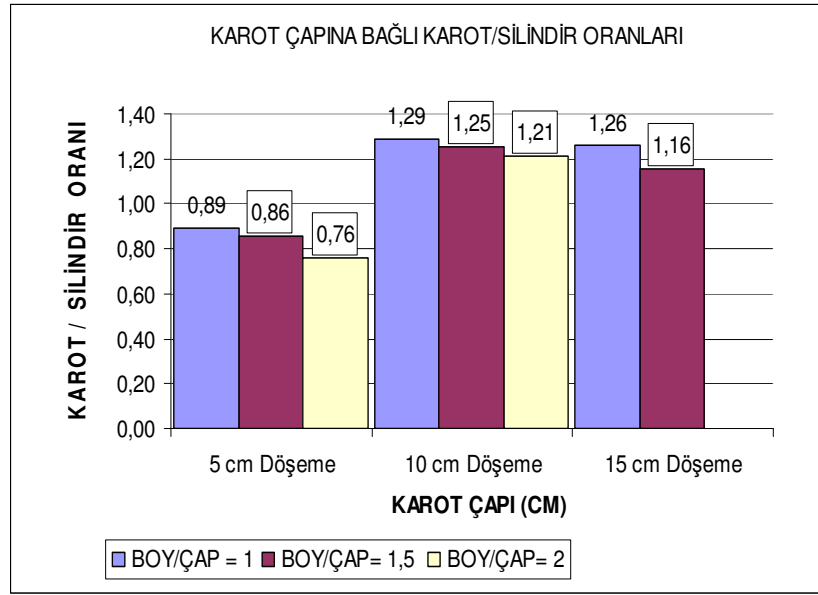
Şekil 6.26. Perde elemanı için karot basınç dayanımının 28 günlük silindir numunesi basınç dayanımına oranları dağılımı (Malzeme laboratuvarı kür koşulu).



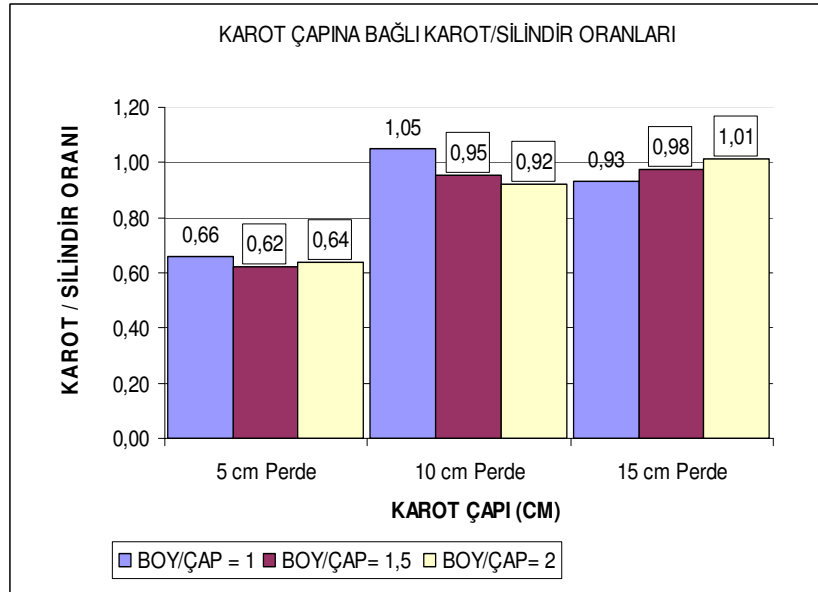
Şekil 6.27. Döşeme elamanı için karot basınç dayanımının 28 günlük küp numunesi basınç dayanımına oranları dağılımı (Malzeme laboratuvarı kür koşulu).



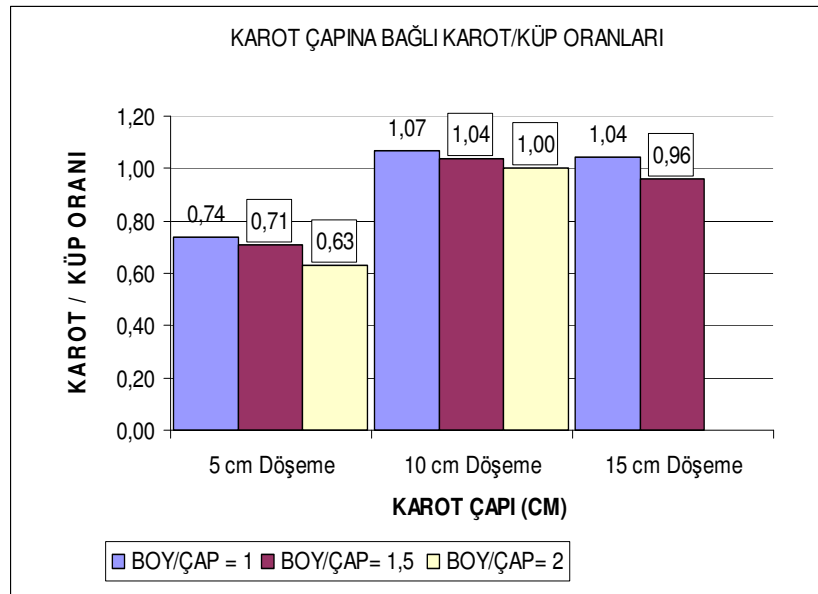
Şekil 6.28. Perde elamanı için karot basınç dayanımının 28 günlük küp numunesi basınç dayanımına oranları dağılımı (Malzeme laboratuvarı kür koşulu).



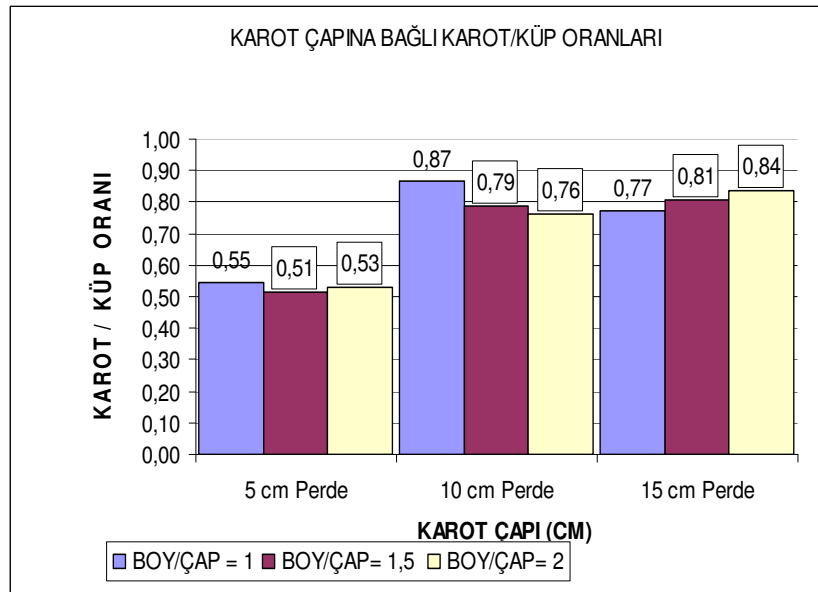
Şekil 6.29. Döşeme elemanı için karot basınç dayanımının 28 günlük silindir numunesi basınç dayanımına oranları dağılımı (Şantiye kürü)



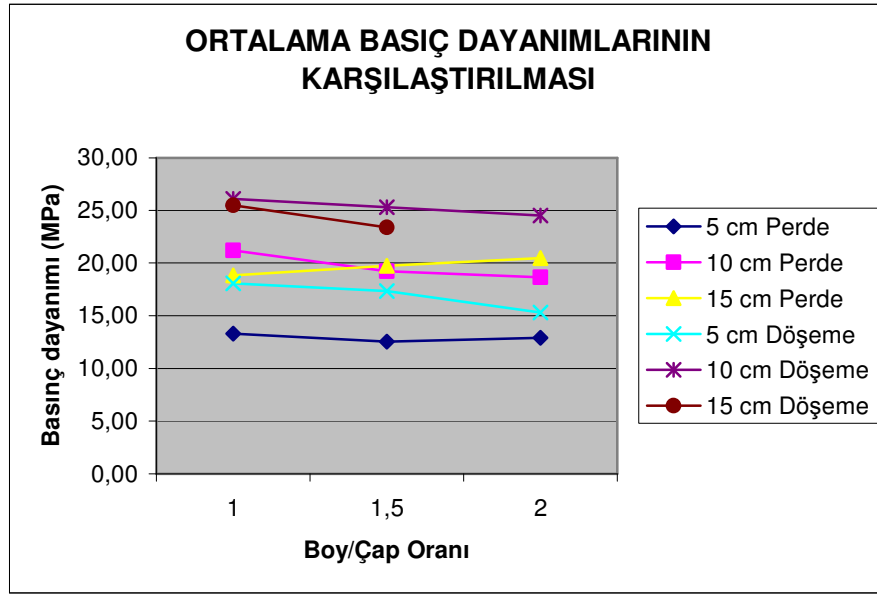
Şekil 6.30. Perde elemanı için karot basınç dayanımının 28 günlük silindir numunesi basınç dayanımına oranları dağılımı (Şantiye kürü).



Şekil 6.31. Döşeme elamanı için karot basınç dayanımının 28 günlük küp numunesi basınç dayanımına oranları dağılımı (Şantiye kürü).



Şekil 6.32. Perde elamanı için karot basınç dayanımının 28 günlük küp numunesi basınç dayanımına oranları dağılımı (Şantiye kürü).



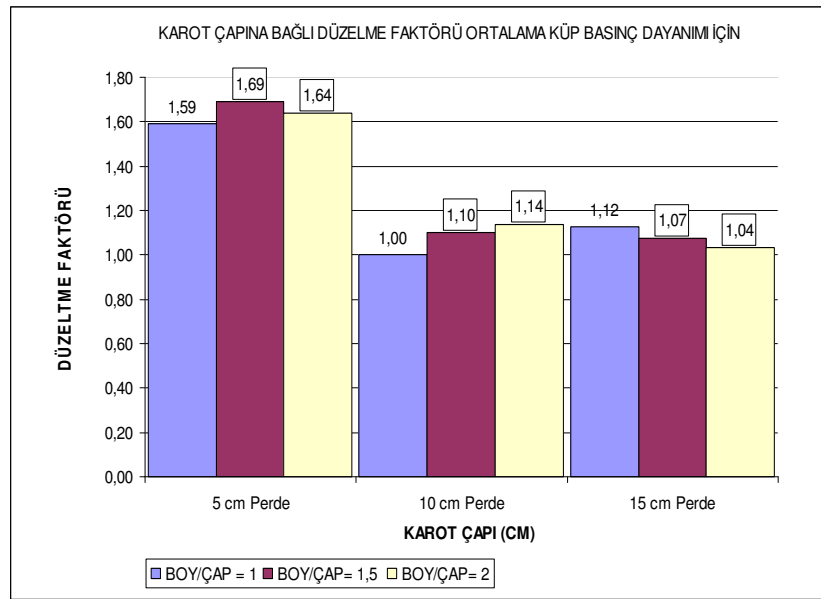
Şekil 6.33. Döşeme ve perde elamanlarından alınan 5 cm, 10 cm ve 15 cm çaplı boy/çap oranı 1, 1.5 ve 2 olan karotlar ile ortalama basınç dayanım ilişkisi eğrileri.

6.2.4. Beton dayanım seviyesinin karot dayanımına etkisi

Bu çalışmada 82 gün sonundaki ortalama silindir basınç dayanımı 23.23 MPa olarak ölçüldü. Perde ve döşeme elemanlarından 150, 100 ve 50 mm olmak üzere üç farklı çapta ve boy/çap oranı 2, 1.5 ve 1 olan karot numuneleri elde edilerek bunlar üzerinde basınç dayanım testleri uygulanmıştır. Karot numuneleri de 82 gün yaşında test edilmiştir. Numunelerin basınç dayanımı en az 3 adet numunenin basınç dayanım ortalaması alınarak hesaplanmıştır. Tablo 6.22. perde elemanından çıkarılan farklı boy/çap oranında karotlar için karot çapının etkisini göstermektedir. Tablo 6.23. döşeme elemanından çıkarılan farklı boy/çap oranında karotlar için karot çapının etkisini göstermektedir. Burada 100 mm çapındaki boy/çap oranı 1 olan karot numunenin dayanımı 1 olarak kabul edilmiş ve diğer çaplara ait karot düzelme faktörleri buna göre hesaplanmıştır.

Tablo 6.22. Perde elemanından elde edilen farklı boy/çap oranında karot numuneler için düzeltme faktörleri. (Ortalama küp basınç dayanımı ile karşılaştırmak için).

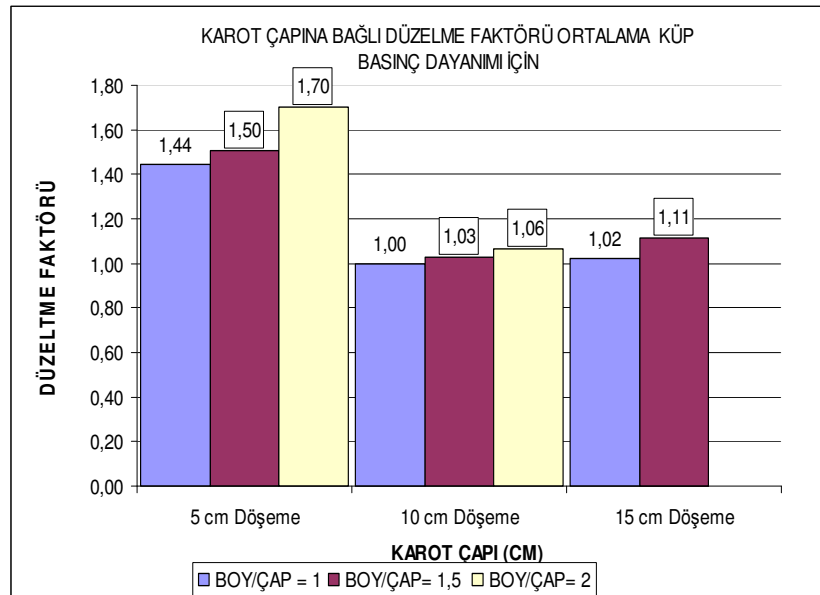
Perde	Karot Çapı (cm)		
	5 cm	10 cm	15 cm
Boy/Çap Oranı 1	1,59	1,00	1,12
Boy/Çap Oranı 1,5	1,69	1,10	1,07
Boy/Çap Oranı 2	1,64	1,14	1,04



Şekil 6.34. Perde elemanından elde edilen farklı boy/çap oranında karotlar için düzeltme faktörleri.

Tablo 6.23. Döşeme elemanından elde edilen farklı boy/çap oranında karotlar için düzeltme faktörleri. (Ortalama küp basınç dayanımı ile karşılaştırmak için).

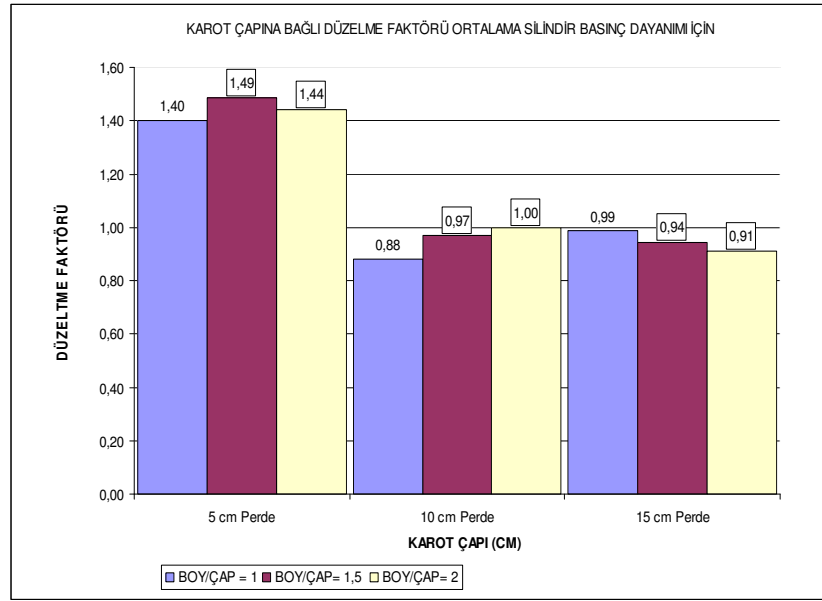
Döşeme	Karot Çapı (cm)		
	5 cm	10 cm	15 cm
Boy/Çap Oranı 1	1,44	1,00	1,02
Boy/Çap Oranı 1,5	1,50	1,03	1,11
Boy/Çap Oranı 2	1,70	1,06	



Şekil 6.35. Döşeme elemanından elde edilen farklı boy/çap oranında karotlar için düzeltme faktörleri.

Tablo 6.24. Perde elemanından elde edilen farklı boy/çap oranında karotlar için düzeltme faktörleri (Ortalama silindir basınç dayanımı ile karşılaştırmak için).

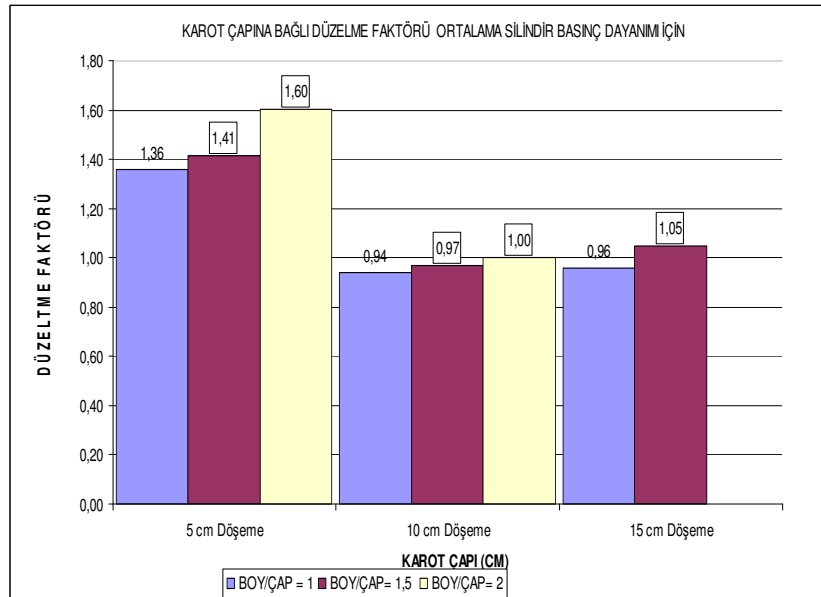
Perde	Karot Çapı (cm)		
	5 cm	10 cm	15 cm
Boy/Çap Oranı 1	1,40	0,88	0,99
Boy/Çap Oranı 1,5	1,49	0,97	0,94
Boy/Çap Oranı 2	1,44	1,00	0,91



Şekil 6.36. Perde elemanından elde edilen farklı boy/çap oranında karotlar için düzeltme faktörleri (silindir numune için).

Tablo 6.25. Döşeme elemanından elde edilen farklı boy/çap oranında karotlar için düzeltme faktörleri (Ortalama silindir basınç dayanımı ile karşılaştırmak için).

Döşeme	Karot Çapı (cm)		
	5 cm	10 cm	15 cm
Boy/Çap Oranı 1	1,36	0,94	0,96
Boy/Çap Oranı 1,5	1,41	0,97	1,05
Boy/Çap Oranı 2	1,60	1,00	



Şekil 6.37. Döşeme elemanından elde edilen farklı boy/çap oranında karotlar için düzeltme faktörleri (silindir numune için).

6.3. Beton Çekici Testlerinin Sonuçları

Tablo 6.26. Perde elamanı kuzey yön için Schmidt okuma değerleri.

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	Ortalama	Açı
5. Nolu 2.Yüz (kuzey)	32	28	34	30	30	28	36	34	30	28	32	28	30,8	0
6. Nolu 2.Yüz (kuzey)	32	34	32	32	28	28	28	28	30	34	32	30	30,7	0
7. Nolu 2.Yüz (kuzey)	30	28	36	32	28	32	32	28	32	28	28	30	30,3	0
8. Nolu 2.Yüz (kuzey)	24	28	28	30	32	28	28	32	30	28	30	26	28,7	0
13. Nolu 2.Yüz (kuzey)	32	32	28	30	30	32	28	28	26	32	26	30	29,5	0
14. Nolu 2.Yüz (kuzey)	26	30	34	28	32	30	28	34	30	26	28	32	29,8	0
15. Nolu 2.Yüz (kuzey)	30	32	30	28	30	32	28	30	28	28	30	28	29,5	0
16. Nolu 2.Yüz (kuzey)	32	28	34	30	30	28	36	34	30	28	32	28	30,8	0
21. Nolu 2.Yüz (kuzey)	32	32	28	32	26	26	30	32	30	28	30	34	30,0	0
22. Nolu 2.Yüz (kuzey)	32	30	28	28	30	34	28	26	34	30	28	28	29,7	0
23. Nolu 2.Yüz (kuzey)	32	34	28	30	28	34	30	30	30	26	34	26	30,2	0
24. Nolu 2.Yüz (kuzey)	32	32	30	30	32	28	32	28	26	28	28	30	29,7	0
29. Nolu 2.Yüz (kuzey)	28	32	30	28	30	28	32	28	28	30	26	26	28,8	0
30. Nolu 2.Yüz (kuzey)	28	28	28	26	26	30	32	30	28	26	28	30	28,3	0
31. Nolu 2.Yüz (kuzey)	34	36	28	30	30	30	28	32	34	30	32	30	31,2	0
32. Nolu 2.Yüz (kuzey)	26	32	30	30	32	34	34	30	26	30	34	30	30,7	0
33. Nolu 2.Yüz (kuzey)	32	28	28	28	28	32	30	28	30	28	34	30	29,7	0
34. Nolu 2.Yüz (kuzey)	26	26	28	26	30	26	30	26	26	26	28	26	27,0	0
35. Nolu 2.Yüz (kuzey)	30	30	32	26	28	26	26	26	28	30	26	26	27,8	0
36. Nolu 2.Yüz (kuzey)	26	26	28	30	30	26	28	28	26	26	24	26	27,0	0
41. Nolu 2.Yüz (kuzey)	32	36	26	28	30	28	28	32	36	36	32	30	31,2	0
42. Nolu 2.Yüz (kuzey)	30	28	26	30	28	26	28	24	28	26	28	26	27,3	0
43. Nolu 2.Yüz (kuzey)	24	30	32	30	28	26	26	28	28	24	26	30	27,7	0
44. Nolu 2.Yüz (kuzey)	26	28	26	26	28	28	26	34	30	26	32	28	28,2	0
49. Nolu 2.Yüz (kuzey)	28	28	26	30	30	26	26	32	32	28	26	28	28,3	0
50. Nolu 2.Yüz (kuzey)	26	26	26	28	28	24	28	26	26	30	26	28	26,8	0
51. Nolu 2.Yüz (kuzey)	30	26	26	26	28	26	30	28	28	30	28	30	28,0	0
52. Nolu 2.Yüz (kuzey)	30	28	28	34	28	26	26	26	28	28	28	26	28,0	0
57. Nolu 2.Yüz (kuzey)	30	36	28	28	28	26	36	30	28	30	30	30	30,0	0
58. Nolu 2.Yüz (kuzey)	26	28	32	26	28	28	30	30	30	26	30	26	28,3	0
59. Nolu 2.Yüz (kuzey)	26	28	26	28	30	26	28	26	30	28	26	26	27,3	0
60. Nolu 2.Yüz (kuzey)	30	28	28	28	28	32	28	26	30	28	26	26	28,2	0
Kuzey Yön Ortalama													29,0	

$$f_c, \text{ küp (20)} = -231,76 + 17,918 N - 0,215N^2 + 0,00438N^3$$

(Anonim

1992a)

TS 10465 (Anonim 1992b) 'de kgf/cm² cinsinden dir. Ortalama değere göre formülde yerine konduğunda ortalama basınç dayanımı 213,87 kgf/cm² değeri elde edilir.

Tablo 6.27 Perde elamanı güney yönü için Schmidt okuma değerleri.

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	Ortalama	Açı
5. Nolu 1.Yüz (Güney)	36	30	32	32	28	36	28	30	32	32	34	32	31,8	0
6. Nolu 1.Yüz (Güney)	32	32	30	32	34	30	36	30	34	32	30	34	32,2	0
7. Nolu 1.Yüz (Güney)	30	34	34	34	34	28	32	30	28	34	34	32	32,0	0
8. Nolu 1.Yüz (Güney)	32	30	34	30	32	28	30	32	34	32	30	32	31,3	0
13. Nolu 1.Yüz (Güney)	32	28	30	34	32	32	36	32	30	28	32	34	31,7	0
14. Nolu 1.Yüz (Güney)	30	30	32	30	32	30	34	32	30	32	30	30	31,0	0
15. Nolu 1.Yüz (Güney)	30	34	32	32	36	34	34	34	36	32	34	33	33,4	0
16. Nolu 1.Yüz (Güney)	36	30	32	32	28	36	28	30	32	32	34	32	31,8	0
21. Nolu 1.Yüz (Güney)	30	28	30	28	34	28	28	34	32	36	30	30	30,7	0
22. Nolu 1.Yüz (Güney)	28	30	28	28	28	32	30	28	30	28	32	28	29,2	0
23. Nolu 1.Yüz (Güney)	30	34	36	35	30	32	34	36	36	32	34	36	33,8	0
24. Nolu 1.Yüz (Güney)	32	30	32	32	32	30	32	32	30	32	30	34	31,5	0
29. Nolu 1.Yüz (Güney)	30	28	30	30	28	30	30	28	30	26	30	28	29,0	0
30. Nolu 1.Yüz (Güney)	28	30	28	28	30	28	32	28	30	30	30	32	29,5	0
31. Nolu 1.Yüz (Güney)	32	36	32	28	32	34	32	28	34	30	28	34	31,7	0
32. Nolu 1.Yüz (Güney)	28	32	32	34	34	32	32	30	32	30	32	30	31,5	0
33. Nolu 1.Yüz (Güney)	30	28	30	28	30	34	30	34	32	28	32	34	30,8	0
34. Nolu 1.Yüz (Güney)	30	32	28	32	28	34	28	28	28	28	30	28	29,5	0
35. Nolu 1.Yüz (Güney)	28	28	30	30	28	28	28	30	32	28	30	34	29,5	0
36. Nolu 1.Yüz (Güney)	28	32	28	28	32	30	28	30	28	28	30	30	29,3	0
41. Nolu 1.Yüz (Güney)	32	28	28	30	28	30	32	28	34	32	26	28	29,7	0
42. Nolu 1.Yüz (Güney)	34	36	32	28	28	30	30	30	30	34	30	34	31,3	0
43. Nolu 1.Yüz (Güney)	30	26	30	30	32	28	30	28	28	30	30	30	29,3	0
44. Nolu 1.Yüz (Güney)	26	30	30	26	28	28	28	28	30	28	30	32	28,7	0
49. Nolu 1.Yüz (Güney)	38	38	38	34	30	28	30	28	28	30	34	32	32,3	0
50. Nolu 1.Yüz (Güney)	26	28	28	26	28	28	26	26	30	30	26	26	27,3	0
51. Nolu 1.Yüz (Güney)	26	32	26	28	30	28	30	30	26	26	28	30	28,3	0
52. Nolu 1.Yüz (Güney)	26	28	28	30	26	30	30	30	26	26	28	28	28,0	0
57. Nolu 1.Yüz (Güney)	30	34	30	30	32	28	26	38	28	32	34	30	31,0	0
58. Nolu 1.Yüz (Güney)	28	32	32	30	30	30	28	26	28	26	28	32	29,2	0
59. Nolu 1.Yüz (Güney)	30	28	30	26	30	28	30	28	28	30	28	34	29,2	0
60. Nolu 1.Yüz (Güney)	28	28	28	30	34	26	30	32	28	22	26	22	27,8	0
Güney Yön Ortalama													30,04	

$$f_c, \text{ küp (20)} = -231,76 + 17,918 N - 0,215N^2 + 0,00438N^3 \quad (\text{Anonim 1992a})$$

TS 10465 (Anonim 1992b) 'de kgf/cm² cinsinden dir. Ortalama değere göre formülde yerine konduğunda ortalama basınç dayanımı 231,21 kgf/cm² değeri elde edilir.

6.4. Ses Üstü Atım Testlerinin Sonuçlar

Tablo 6.28. Karot almadan önce perde elemanında için ses üstü atım (Pundit) okuma değerleri ve ölçülen ultrasonik dalga hızları.

Taşıyıcı eleman kimliği	Pundit süresi	Okuma boyu	Ultrasonik dalga hızı		
kesimden önce	(µs)	(mm)	(km/sn)		
No :5	84	340	4,05		
No :6	85	350	4,12		
No :8	82	350	4,27		
No :9	83	340	4,10		
No :14	82	345	4,21		
No :16	86	350	4,07		
No :21	85	350	4,12		
No :23	83	340	4,10		
No :24	83	340	4,10		
No :30	86	350	4,07		
No :31	86	350	4,07		
No :32	82	350	4,27		
No :42	87	340	3,91		
No :43	85	350	4,12		
No :44	85	340	4,00		
No :49	85	350	4,12		
No :50	86	350	4,07		
No :52	85	355	4,18		
No :57	82	350	4,27		
No :59	84	350	4,17	ORT	4,12
No :60	82	350	4,27	MİN	3,91

Ultrases ortalama hızlarının 4,12 km/sn olması beton kalitesinin Tablo 3.1. 'e göre “ iyi “ kategoride olduğunu gösteriyor..Minimum (3,91 km/sn) ve maksimum (4,27 km/sn) değerlerin oluşması ise beton içindeki boşluklar dan kaynaklanıyor.

$$f_c = -267,5 + 112,7 V - 10,13V^2$$

(Knaze ve Beno 1994)

Ortalama değer 4.12 (km/sn) formülde yerine konduğunda ortalama basınç dayanımı 24,87 N/mm² elde edilir.

Tablo 6.29. Perde elamanından alınan karot numuneleri çıkarıldıktan sonra ses üstü atım (Pundit) okuma değerleri ve ölçülen ultrasonik dalga hızları.

Taşıyıcı eleman kimliği	Pundit süresi	Okuma boyu	Ultrasonik dalga hızı		
kesimden sonra	(μs)	(mm)	(km/sn)		
No :5	84	340	4,05		
No :6	85	350	4,12		
No :8	81	350	4,32		
No :9	84	340	4,05		
No :14	81	345	4,26		
No :16	86	350	4,07		
No :21	83	350	4,22		
No :22	82	350	4,27		
No :23	82	340	4,15		
No :24	84	340	4,05		
No :30	87	350	4,02		
No :31	84	350	4,17		
No :42	84	310	3,69		
No :43	87	350	4,02		
No :49	86	350	4,07		
No :50	91	350	3,85		
No :52	88	355	4,03		
No :57	85	350	4,12		
No :58	85	350	4,12		
No :59	85	350	4,12		
No :59	84	350	4,17	ORT	4,09
No :60	85	350	4,12	MİN	3,69

Ultrases ortalama hızlarının 4,09 km/sn olması beton kalitesinin Tablo 3.1. 'e göre “ iyi “ kategoride olduğunu gösteriyor. Minimun (3,69 km/sn) ve maksimum (4,27 km/sn) değerlerin oluşması ise beton içindeki boşluklar dan kaynaklanıyor.

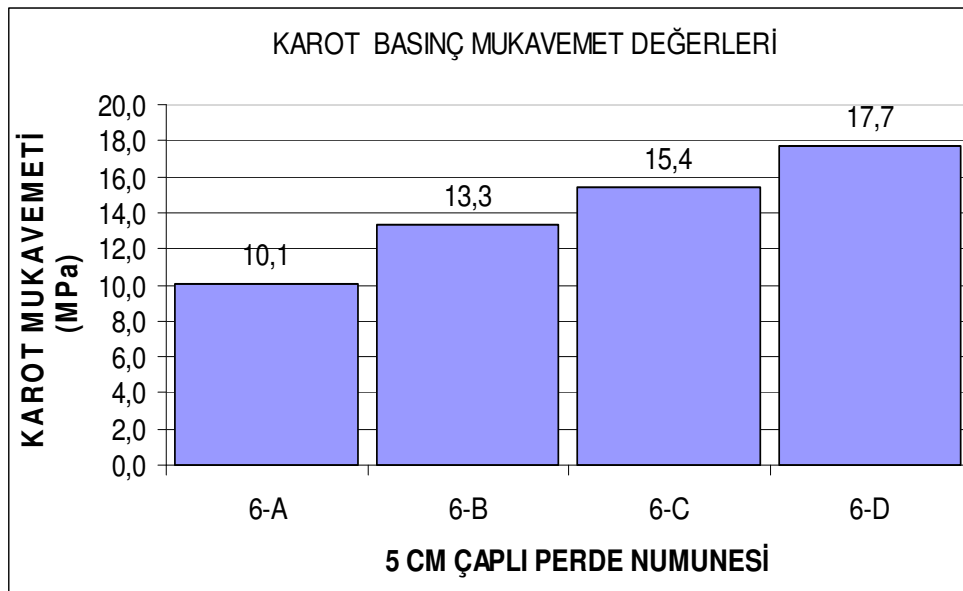
$$f_c = -267,5 + 112,7 V - 10,13V^2$$

(Knaze ve Beno 1994)

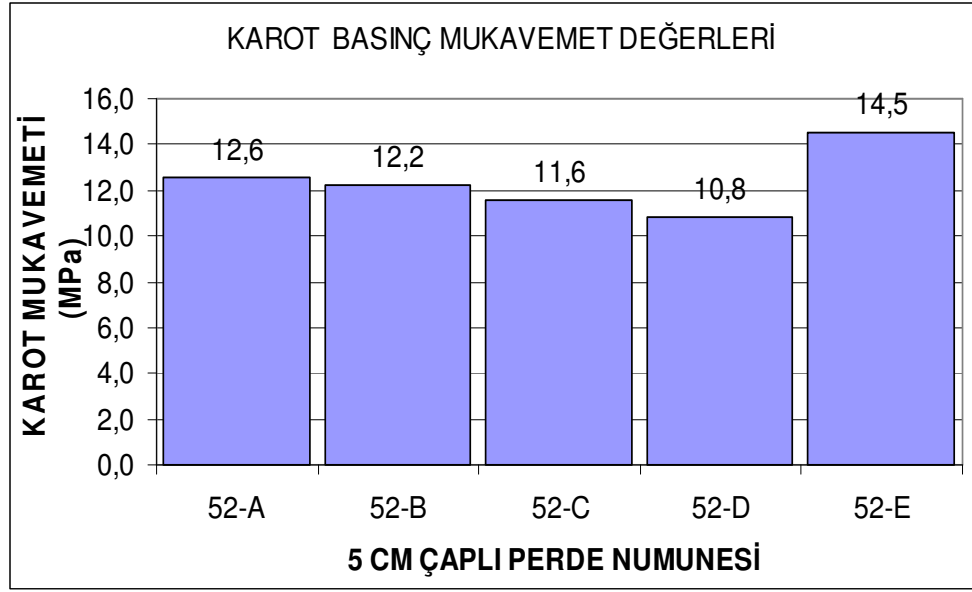
Ortalama değer 4.09 (km/sn) formülde yerine konduğunda ortalama basınç dayanımı 23,99 N/mm² elde edilir.

6.5. Dış Ortam Çevre Şartlarının Deney Numunelerine Etkisi

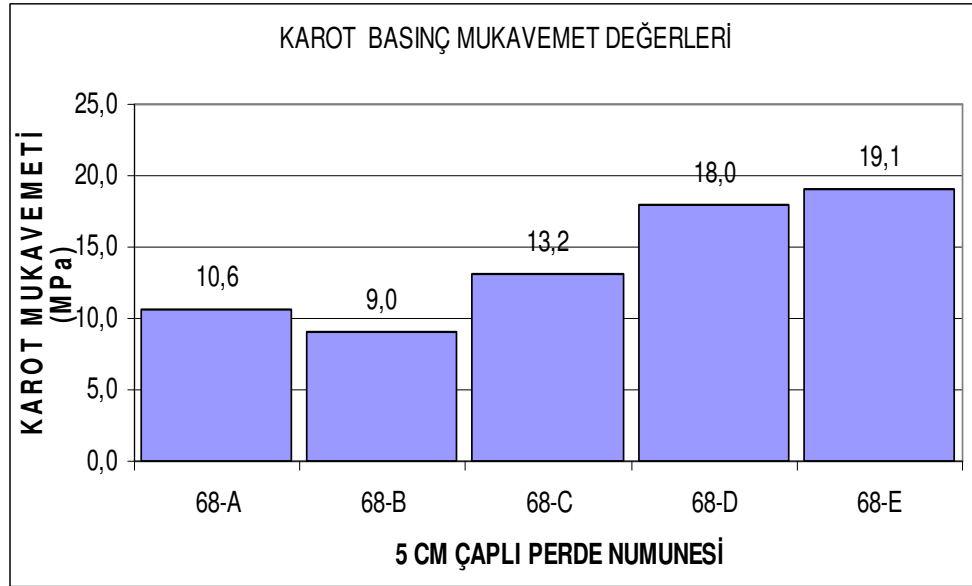
81 günlük süreç boyunca 21 gün içinde L biçimli elemanın bulunduğu ortamda hava sıcaklığı -5°C altına düştü. Perde elemanı sıcaklık ve rüzgar etkisinde kalırken döşeme elemanında temas eden üst kısımlarda basınç dayanımında düşmeler görüldü. Ayrıca, perde elemanında kuzey-güney yönleri basınç dayanımında farklılıklar görüldü. Şekil 6.38. ile Şekil 6.46.'de arasındaki şekillerde bu ilişki gözükmemektedir.



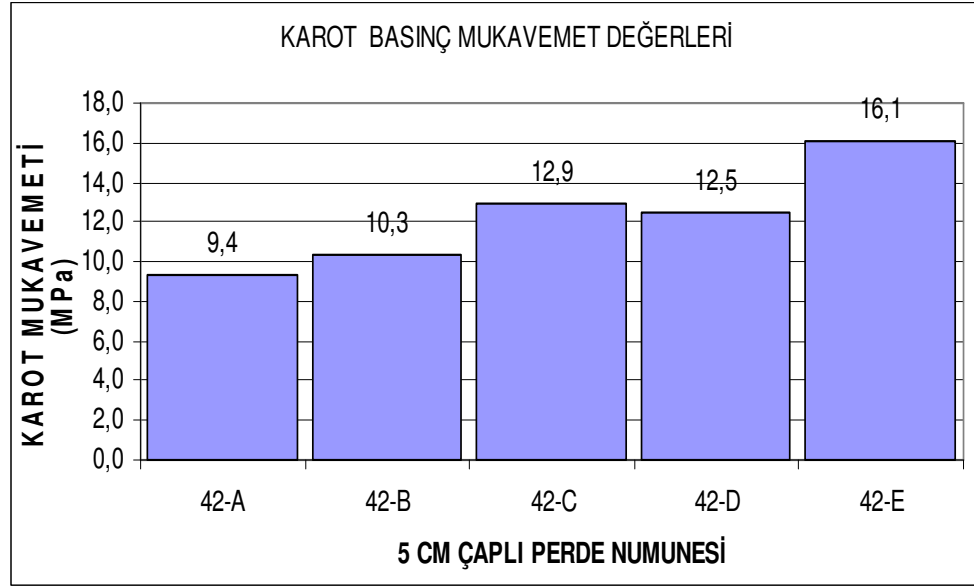
Şekil 6.38. Perde elamanından elde edilen 5 cm çaplı boy/çap oranı 1 olan karot numunelerin basınç dayanımları dağılımı.



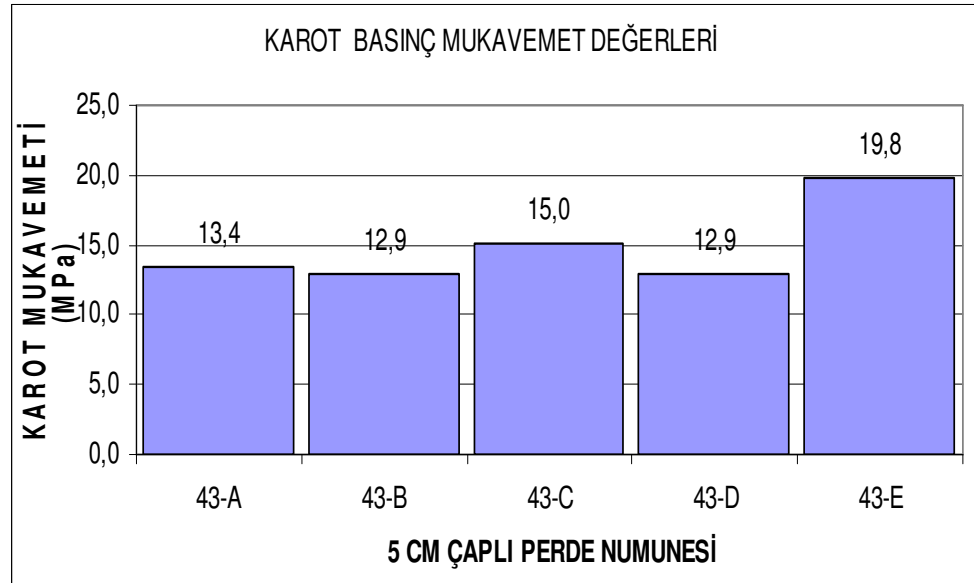
Şekil 6.39. Perde elamanından elde edilen 5 cm çaplı boy/çap oranı 1 olan karot numunelerin basınç dayanımları dağılımı.



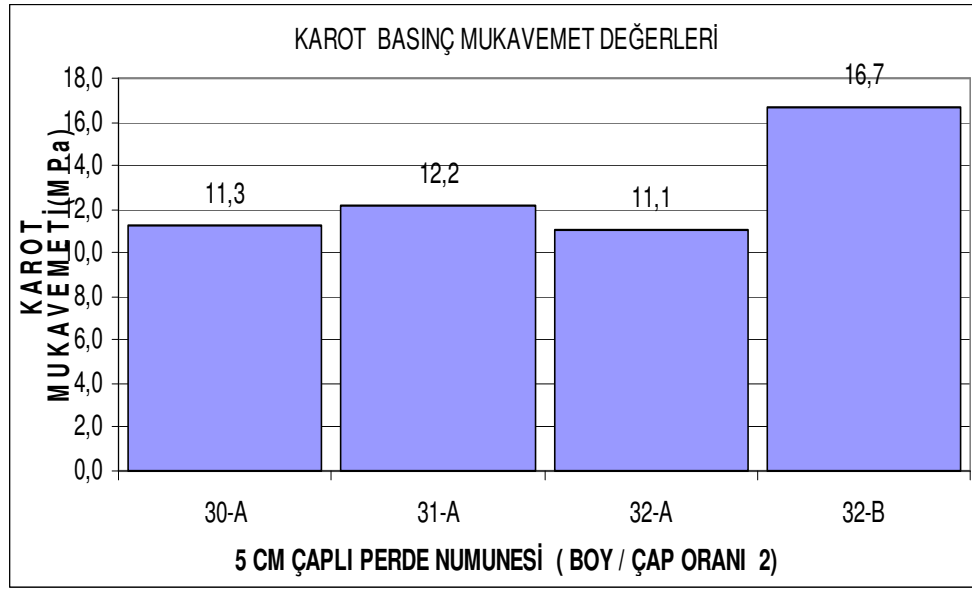
Şekil 6.40. Perde elamanından elde edilen 5 cm çaplı boy/çap oranı 1 olan karot numunelerin basınç dayanımları dağılımı.



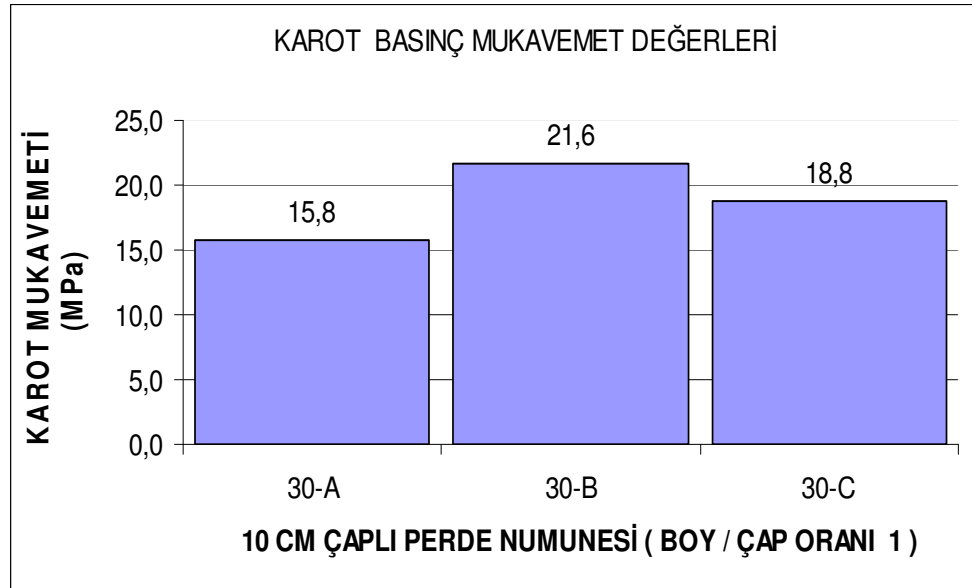
Şekil 6.41. Perde elamanından elde edilen 5 cm çaplı boy/çap oranı 1 olan karot numunelerin basınç dayanımları dağılımı.



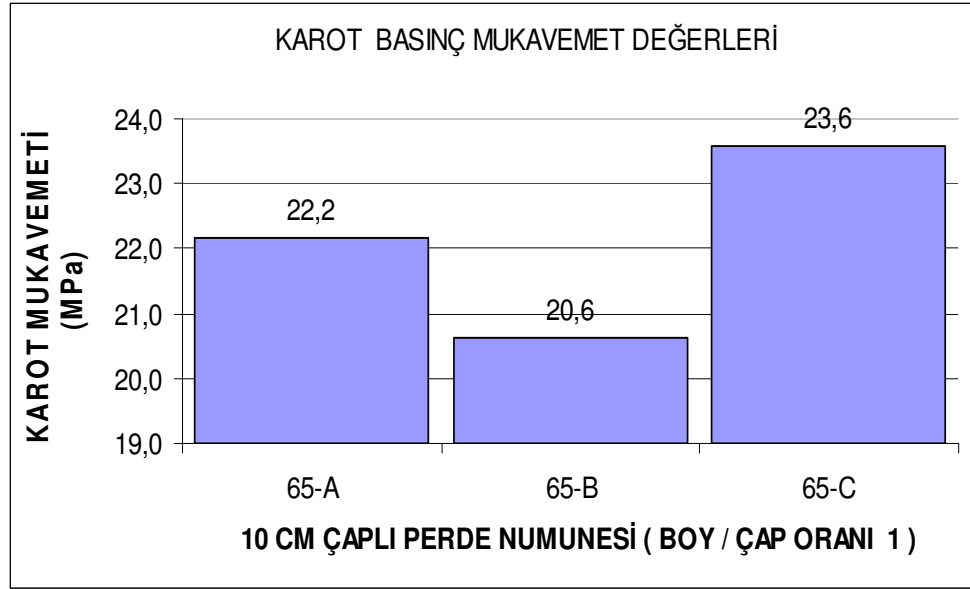
Şekil 6.42. Perde elamanından elde edilen 5 cm çaplı boy/çap oranı 1 olan karot numunelerin basınç dayanımları dağılımı.



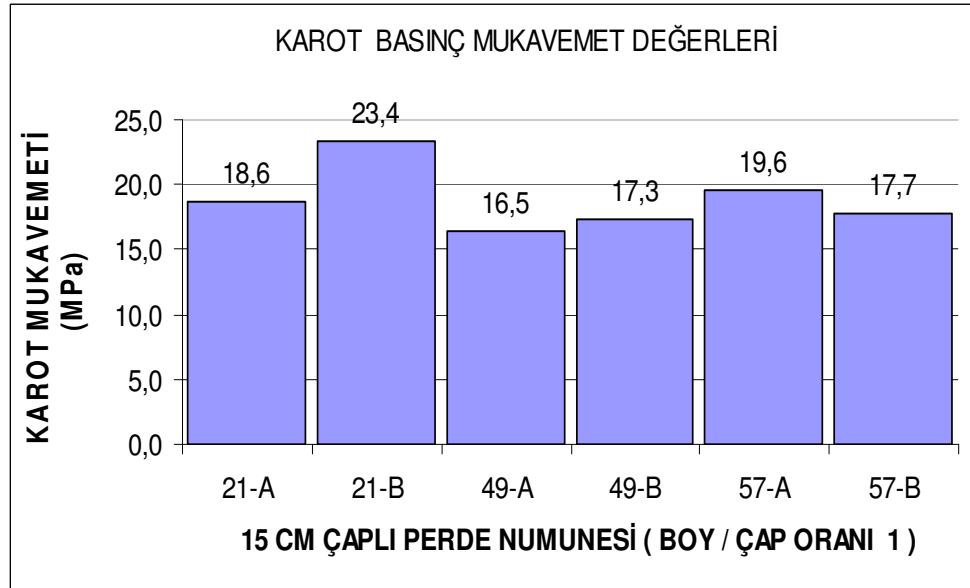
Şekil 6.43. Perde elamanından elde edilen 5 cm çaplı boy/çap oranı 2 olan karot numunelerin basınç dayanımları dağılımı.



Şekil 6.44. Perde elamanından elde edilen 10 cm çaplı boy/çap oranı 1 olan karot numunelerin basınç dayanımları dağılımı.



Şekil 6.45. Perde elamanından elde edilen 10 cm çaplı boy/çap oranı 1 olan karot numunelerin basınç dayanımları dağılımı.



Şekil 6.46. Perde elamanından elde edilen 15 cm çaplı boy/çap oranı 1 olan karot numunelerin basınç dayanımları dağılımı.

7. BÖLÜM

SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR

Bu çalışmada, 28 günlük ortalama silindir basınç dayanımı 21,46 MPa olan beton kullanılarak üretilen, döşeme kısmı: 2×3×0.35 m, perde kısmı: 2×2×0.25 m boyutlarında olan L biçiminde betonarme bir elemandan çok sayıda 50, 100, 150 mm çaplarında karotlar çıkartılmış, bunlardan elde edilen ve uygun biçimde başlıklanan, boy/çap oranı 1, 1.5, 2 olan karot numunelerin basınç dayanımları sertifikalı preste ölçülmüş ve basınç dayanımı ile karot numune çapı ve boy/çap oranı arasındaki ilişkiler nicel olarak incelenmiştir.

TS 10465 ve TS EN 12504-1 standartlarında; karotun düşey ya da yatay alınmasının basınç dayanımına etkisi konusunda herhangi bir açıklama veya düzeltme katsayısı önerisi bulunmamaktadır. Yatay alınmış karotlarla düşey alınmış karotların benzer şekilde önerilmesi önemli bir sakıncadır. Çünkü, betonun heterojen bir yapıya sahip olması ve döküm yönü betonun basınç dayanımı etkilemektedir. Bu konuda yapılmış çalışmalarda; düşey alınmış karotların yatay alınmış karotlardan genel olarak daha yüksek basınç dayanımına sahip oldukları ifade edilmekle birlikte, bu etkinin mertebesi konusunda bir kesinlik bulunmamaktadır. Bu çalışmada döşemeden düşey ve perdeden yatay yönlerde değişik çaplarda karotlar alınmıştır. 5 cm çaplı karot için yatay/düşey yönden alınan karot basınç dayanım ortalama oranı 0,74, 10 cm çaplı karot için aynı oran 0,81 ve 15 cm çaplı karot için ise 0,74 olarak elde edilmiştir. Sonuç olarak döşeme elemanından alınan karot dayanımları perdeye göre yaklaşık % 25 - % 30 oranında yüksek çıkmıştır.

Genelde karot numunelerin boy/çap oranı azaldıkça basınç dayanımı artmaktadır. Bunun nedeni boy/çap oranı küçük olan numunelerin uç etkisine daha fazla maruz kalmalarıdır. Ayrıca, yine küçük boy/çap oranına sahip numuneler hacimsel olarak daha

küçük olanlarından kusur içirme olasılıkları daha düşüktür. Fakat, bu deneysel çalışmada perde elamanından elde edilen 15 cm çaplı karotlar için Karot/Standart silindir dayanımı oranının karot boy/çap oranı azaldıkça düştüğü gözlenmiştir.

Bu çalışmada, deneysel olarak elde edilen ortalama değerlere göre, perde elemanı için karot/standart silindir dayanım oranı, boy/çap oranı 1 olan 15 cm çaplı karot numunelerde 0,81, 10 cm çaplı karot numunelerde 0,91, ve 5 cm çaplı karot numunelerde 0,57 olarak bulunmuştur. Döşeme elemanı için aynı oranlar, boy/çap oranı 1 olan 15 cm çaplı karot numunelerde 1,10, 10 cm çaplı karot numunelerde 1,12, ve 5 cm çaplı karot numunelerde 0,78 olarak bulunmuştur. Görüldüğü üzere, 15 cm ve 10 cm çaplı numunelerde oranlar birbirine yakın çıkarken 5 cm çaplı karotta oran düşmüştür. Bunun nedeni karot alma işlemleri sırasında küçük çaplı numunelerin büyük çaplı numunelere göre daha fazla örselenmesidir. Kullanılan betondaki maksimum agrega tane çapı 22,4 mm olmasına rağmen 5 mm çaplı karot numunelerin mukavemetinde %40 civarında düşüş görülmüştür.

Basınç dayanımları ile geri sıçrama değerleri arasında doğrusal bir ilişki olduğu görülmüştür.

Sesüstü atım hızı yöntemi ile tahribatsız olarak beton mukavemetinin tahmini TS-EN-12504-4'te yer almaktadır, fakat henüz ülkemizde yaygın kullanımı yoktur. Ancak bu yöntem hem kolay uygulanabilen hem de iyi sonuçlar veren bir yöntemdir. Betondaki çatlakların ve diğer kusurların da anlaşılabilmesine olanak sağlayan bir yöntem olduğundan daha fazla deney yapılarak yardımcı bir tahribatsız yöntem olarak beton basınç mukavemetinin tahmininde de daha yaygın olarak kullanılmalıdır.

Beton dayanımlarının kür koşullarından etkilendiği bilinmektedir. Buradaki deneysel çalışmada 4 adet standart silindir numunesinin ikisi 28 gün sonunda deneye tabi tutulmuştur. Diğer ikisi de alınan karot numuneleriyle beraber aynı tarihte TSE Klas-1 sertifikalı beton presinde TS-12390-3'e uygun olarak kırılmış ve basınç mukavemetleri belirlenmiştir. Ayrıca altı adet standart silindir numune kür tankında bekletilerek 28 günlük ve karotlarla aynı tarih olmak üzere kırılmış ve basınç mukavemetleri belirlenmiştir. Dışarıdaki silindirlerin basınç dayanımları standart kür tankı ortamına göre düşük çıkmıştır. Üretilen ve standart kür ortamında saklanan numunelerin basınç dayanımları dış ortamda kür edilen numunelerin basınç dayanımları arasında %12'lik

fark ölçülmüştür. Oluşan bu %12 lik dayanım kaybı, günümüzde genellikle ihmal edilen beton kürünün uygun yöntemlerle yapılmasının gerekli olduğunu göstermektedir.

Perde elemanı dış ortamın sıcaklık ve rüzgar etkisinde maruz kalmış, bu elemanda kuzey–güney yönlerinde basınç dayanımında farklılıklar ölçülmüştür. Döşeme elemanında ise havaya açık üst kısımlarda basınç dayanımında düşmeler görülmüştür. Sonuçta, dış cephedeki kolan ve perdelerin, iç kısımlardaki (dış hava koşullarına maruz kalmayan) kolan ve perdelerden alınan karot numunelerinin basınç dayanımından az olacağı bu çalışmada somut bir biçimde belirlenmiştir. Sorunlu binalarda basınç dayanımı belirlenirken konservatif bir yaklaşımla dış cephedeki perde ve kolonlar tercih edilmelidir.

Özetle, bu çalışmada, sertleşmiş beton dayanımının tahribatsız yöntemlerle belirlenmesinin hatalı olabileceği, bunun için karot numune alınmasının gerektiği, 100 mm veya 150 mm’lik karotların daha uygun olacağı, 50 mm çaplı karotların beton basınç dayanımının tespitinde yanıltıcı olabileceği, karot dayanımlarının değerlendirilmesinde betonun maruz kaldığı kür koşulu, kesme etkisi, karot alınma yönü, ve numunenin boy/çap oranı gibi faktörlerin de göz önüne alınması gerektiği ortaya konmuştur. Burada elde edilen bulgular, 300 dozlu puzolan-katkılı çimento kullanılarak C20 sınıfı beton elde edilmiştir. Farklı dozajlardaki beton karışımları ve farklı maksimum agrega boyutları da dikkate alınarak deneyler yapılmalı ve daha genel bağıntılar çıkartılmalıdır.

EKLER**EK-1****TEZ ÇALIŞMASI SICAKLIK FARKLARI**

Tarih	En Yüksek Sıcaklık	En Düşük Sıcaklık	Sıcaklık Farkı	Donma- Çözülme
12/11/09	17	2	15	'C
13/11/09	8	6	2	'C
14/11/09	9	3	6	'C
15/11/09	9	0	9	'C
16/11/09	6	-1	7	'C
17/11/09	8	3	5	'C
18/11/09	8	-2	10	'C
19/11/09	8	-5	13	'C 1
20/11/09	10	-4	14	'C
21/11/09	11	2	9	'C
22/11/09	11	-3	14	'C
23/11/09	13	-5	18	'C 2
24/11/09	11	-3	14	'C
25/11/09	13	-3	16	'C
26/11/09	11	-5	16	'C 4
27/11/09	11	-5	16	'C 5
28/11/09	12	-5	17	'C 6
29/11/09	12	-6	18	'C 7
30/11/09	10	-2	12	'C
01/12/09	12	-6	18	'C 8
02/12/09	12	-5	17	'C 9
03/12/09	14	-3	17	'C
04/12/09	13	1	12	'C
05/12/09	11	1	10	'C
06/12/09	10	-1	11	'C
07/12/09	8	2	6	'C

Tarih	En Yüksek Sıcaklık	En Düşük Sıcaklık	Sıcaklık Farkı		Donma- Çözülme
08/12/09	6	2	4	'C	
09/12/09	7	-3	10	'C	
10/12/09	9	-3	12	'C	
11/12/09	11	-1	12	'C	
12/12/09	11	3	8	'C	
13/12/09	13	0	13	'C	
14/12/09	3	-4	7	'C	
15/12/09	2	-5	7	'C	10
16/12/09	11	-3	14	'C	
17/12/09	9	5	4	'C	
18/12/09	11	3	8	'C	
19/12/09	7	0	7	'C	
20/12/09	12	-1	13	'C	
21/12/09	15	2	13	'C	
22/12/09	4	2	2	'C	
23/12/09	7	-2	9	'C	
24/12/09	11	-2	13	'C	
25/12/09	13	-3	16	'C	
26/12/09	9	2	7	'C	
27/12/09	14	0	14	'C	
28/12/09	13	3	10	'C	
29/12/09	14	0	14	'C	
30/12/09	3	-4	7	'C	
31/12/09	4	-7	11	'C	11
01/01/10	11	-4	15	'C	
02/01/10	17	0	17	'C	
03/01/10	7	-2	9	'C	
04/01/10	3	-7	10	'C	12
05/01/10	1	-8	9	'C	13
06/01/10	4	-6	10	'C	14
07/01/10	10	-5	15	'C	15
08/01/10	12	-3	15	'C	

Tarih	En Yüksek Sıcaklık	En Düşük Sıcaklık	Sıcaklık Farkı		Donma- Çözülme
09/01/10	10	-1	11	'C	
10/01/10	10	-3	13	'C	
11/01/10	12	-3	15	'C	
12/01/10	2	-5	7	'C	16
13/01/10	8	0	8	'C	
14/01/10	5	1	4	'C	
15/01/10	8	0	8	'C	
16/01/10	11	2	9	'C	
17/01/10	7	3	4	'C	
18/01/10	9	2	7	'C	
19/01/10	8	4	4	'C	
20/01/10	6	1	5	'C	
21/01/10	5	-2	7	'C	
22/01/10	8	-4	12	'C	
23/01/10	12	3	9	'C	
24/01/10	2	-2	4	'C	
25/01/10	-1	-6	5	'C	17
26/01/10	-7	-15	8	'C	18
27/01/10	-6	-18	12	'C	19
28/01/10	0	-9	9	'C	20
29/01/10	5	-10	15	'C	21
30/01/10	8	-1	9	'C	
31/01/10	11	-2	13	'C	
01/02/10	13	1	12	'C	

81 gün de 21 kez - 5 C altına hava sıcaklığı düştü.

Ek-2

ÖZGÜL AĞIRLIK VE SU EMME DENEYİ
HAZIR BETON

OCAĞIN ADI:SARIOĞLAN ALTIN KUM OCAĞI
ALINDIĞI YER:
NUMUNEYİ ALAN:KADİR SARITAŞ

Laboratuara Geliş Tarihi: 14.10.2009
Rapor Tarihi : 15.10.2009
Rapor No :

1.YÖNTEM TEL SEPET YÖNTEMİ									
MALZEME		0-5 MM DOĞAL KUM	0-5 MM KIRMA KUM	7-5 MM KIRMA AGG.	15-22 MM KIRMA AGG.				
Kuru numune+dara	A								
Dara	B								
Kuru Ağırlık	W1=A-B		983,0	982,0	994	994	996	996	
Doğgun yüzey kuru numune+dara	C								
Dara	D								
Doğgun yüzey kuru ağırlık	W2=C-D		1000	1000	1000	1000	1000	1000	

İNCE AGREGADA HACİM TAYİNİ(cm3)									
Ölçü kabı+numune+su	W3		5247,0	5248,0					
Ölçü kabı+su	W4		4622	4622					
Hacim(D.Y.K)	V1=W2+W4-W3	0,0	0,0	375,0	374,0				
Hacim (kuru)	V2=W1+W4-W3	0,0	0,0	358,0	356,0				

KABA AGREGADA HACİM TAYİNİ(cm3)									
Numune+sepet(suda)	E				628	629	630	630	
Sepet(suda)	F				0	0	0	0	
Suda numune ağırlığı	W3=E-F				628	629	630	630	
Hacim(D.Y.K)	V1=W2-W3				372	371	370	370	
Hacim (kuru)	V2=W1-W3				366	365	366	366	

ÖZGÜL AĞIRLIKLAR(g/cm3)									
Kuru özgül ağırlık	W1/V1	#SAYI/01	#SAYI/01	2,62	2,63	2,67	2,68	2,69	2,69
		#SAYI/01		2,62		2,68		2,69	
D.Y.K. Özgül ağırlık	W2/V1	#SAYI/01	#SAYI/01	2,67	2,67	2,69	2,70	2,70	
		#SAYI/01		2,67		2,69		2,70	
Görünür özgül ağırlık	W1/V2	#SAYI/01	#SAYI/01	2,75	2,76	2,72	2,72	2,72	
		#SAYI/01		2,75		2,72		2,72	

SU EMME									
Su emme yüzdesi %	100*(W2-W1)/W1	#SAYI/01	#SAYI/01	1,73	1,83	0,60	0,60	0,40	0,40
		#SAYI/01		1,78		0,60		0,40	

2.YÖNTEM ÖZGÜL AĞIRLIK (CAM KAP METODU)									
MALZEME		0-5 MM DOĞAL KUM	0-5 MM KIRMA KUM	7-5 MM KIRMA AGG.	15-22 MM KIRMA AGG.				
KURU NUMUNE AĞIRLIĞI	A		1000	1000	1000				
KAP+SU+CAM KAPAK	B		4622	4622	4622				
KAP+SU+CAM KAPAK+NUMUNE	C		5245	5250	5252				
HACİM DYK	(A+B)-C=D	0	377	372	370				
ÖZGÜL AĞIRLIK	A/D	#SAYI/01	2,65	2,69	2,70				
DOYGUN YÜZEY KURU AĞIRLIK	A		1000	1000	1000				
ETÜV KURUSU AĞIRLIK	B		983	994	996				
DYK AĞIRLIK-ETÜV KURUSU AG.	A-B=C	0	17	6	4				
SU EMME % (ABSORBSİYON)	(C/B)X100	#SAYI/01	1,73	0,60	0,40				

NOT:Özgül ağırlık ve su emme deneyleri tel sepet yöntemi veya cam kap metoduna göre yapılabilir.

DENEYİ YAPAN
LABORANT

ONAY
TESİS ŞEFİ/TESİS MÜHENDİSİ

HAZIR BETON

ELEK ANALİZ FORMU (TS EN ELEKLERİ)



KAYSERİ HAZIR BETON BÖLGE MÜDÜRLÜĞÜ KUMARLI TESİSİ

TARİH: 10.11.2009

ELEK ANALİZİ

KAYNAK	ELEKLER	0-5mm DERE				0-5mm KIRMA				5-15 mm KIRMA				15-22 mm KIRMA			
		NUM.ADI	TOPLAGIRL.	%	kalan	NUM.ADI	TOPLAGIRL.	%	kalan	NUM.ADI	TOPLAGIRL.	%	kalan	NUM.ADI	TOPLAGIRL.	%	kalan
	ELEK(mm)	TOPLAGIRL.	Kum.Kalan	(gr)		TOPLAGIRL.	Kum.Kalan	(gr)		TOPLAGIRL.	Kum.Kalan	(gr)		TOPLAGIRL.	Kum.Kalan	(gr)	
	31,5	0	0,0	100	0	0,0	100,0	0	0,0	100,0	0	0,0	100,0	0	0,0	100,0	0,0
	22,4	0	0,0	100	0	0,0	100,0	0	0,0	100,0	0	0,0	100,0	130	8,7	91,3	0,0
	16	0	0,0	100	0	0,0	100,0	0	0,0	100,0	0	0,0	100,0	832	55,5	44,5	0,0
	11,2	0	0,0	100	0	0,0	100,0	0	0,0	100,0	88	5,9	94,1	1480	98,7	1,3	0,0
	8	0	0,0	100	0	0,0	100,0	685	45,7	54,3	1500	100,0	0,0	1500	100,0	0,0	0,0
	5,6	0	0,0	100	6	0,6	99,4	1329	88,6	11,4	1500	100,0	0,0	1500	100,0	0,0	0,0
	4	0	0,0	100	125	12,5	87,5	1460	97,3	2,7	1500	100,0	0,0	1500	100,0	0,0	0,0
	2	0	0,0	100	328	32,8	67,2	1500	100,0	0,0	1500	100,0	0,0	1500	100,0	0,0	0,0
	1	0	0,0	100	556	55,6	44,4	1500	100,0	0,0	1500	100,0	0,0	1500	100,0	0,0	0,0
	0,5	0	0,0	100	630	63,0	37,0	1500	100,0	0,0	1500	100,0	0,0	1500	100,0	0,0	0,0
	0,25	0	0,0	100	725	72,5	27,5	1500	100,0	0,0	1500	100,0	0,0	1500	100,0	0,0	0,0
	0,125	0	0,0	100	820	82,0	18,0	1500	100,0	0,0	1500	100,0	0,0	1500	100,0	0,0	0,0
	0,063	0	0,0	100	856	85,6	14,4	1500	100,0	0,0	1500	100,0	0,0	1500	100,0	0,0	0,0
	İNCELİK MODÜLÜ	0,00			2,36				5,43					6,55			
	İNCE MADDE %	100			14,4				0,00					0,00			

NOT:

DENEYİ YAPAN

KALİTE KONTROL MÜH./LAB.SORUMLUSU

Form-GN-049
GN-PR-013

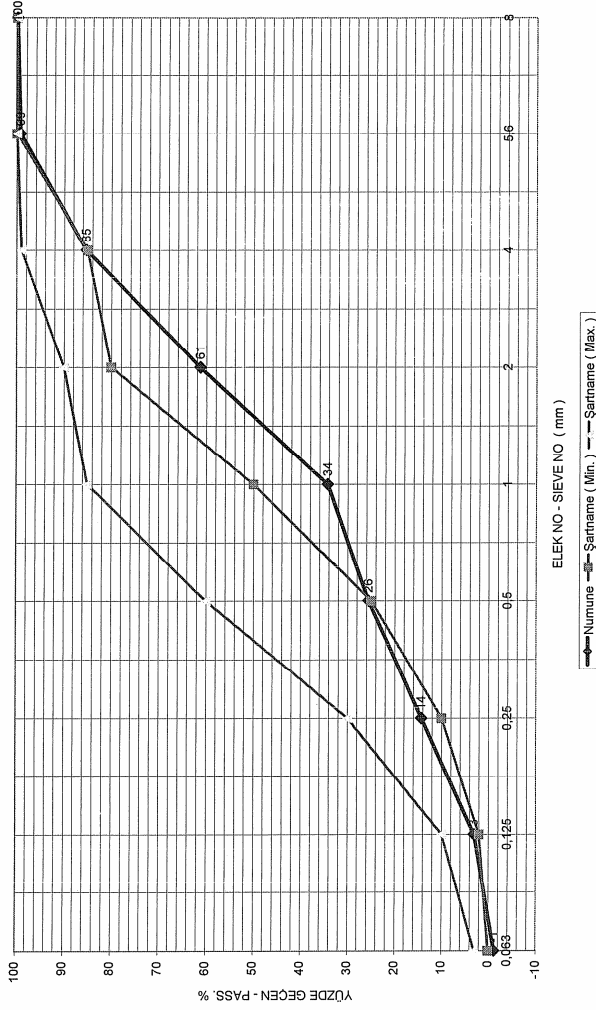
12.12.2005/04



HAZIR BETON

HAZIR BETON

Lab. Ref. No: KASIM1
 Numuneyi Alan - Taken By: KADIR SARTIŞ
 Numune Cinsi - Sample Of: 0-5 MM KİK KUM
 Alındığı Yer - Taken From: KAYSERİ STOK
 Tarih - On: 10.11.2009



ELEK (mm)	MALZEME MATERIAL		846		Şartname TS 706	
	Kal. Rt.	K Kal. C.Rt.	Kal. Rt.	Geç. Pass.	Min. Geç.	Max. Geç.
31.5	0	0	0.0	%	%	%
22.4	0	0	0.0			
16	0	0	0.0			
8	0	0	0.0			
5.6	0	0	0.0			
4	125	14.8	85	100	100	100
2	323	38.8	61	80	90	90
1.00	553	65.7	34	50	85	85
0.500	633	74.5	26	25	60	60
0.250	725	85.7	14	10	30	30
0.125	823	96.9	3	2	10	10
0.063	853	101.2	-1	0	3	3

İNCELİK MODÜLÜ (%)	12.8
----------------------	------

0.063mm ELEKTEN GEÇEN İNCE MALZEME PASSING SIEVE 0.063mm	
Kuru Ağırlık - Dry Weight (A)	1000
Yık. Sonra Kt. Ağı. - Dry Wgt. After Wash (B)	856
% Geçen - % Passing 100 (A-B) / A	14.4

Not: Grafik 0-7(0-4 mm) doğal&krıma agrega şartnamesine (TS 706 EN 12620) göre hazırlanmıştır.

TARİH
 DATE
 10.11.2009

KURU KÖPRÜ

Form-GN-083
 GN-PR-0/3

KALİTE KONTROL MÜHÜRÜ/SORUMLUSU

DENEYİ YAPAN
 TESTED BY

01.11.2005/02



HAZIR BETON

ELEK ANALİZİ - SIEVE ANALYSIS

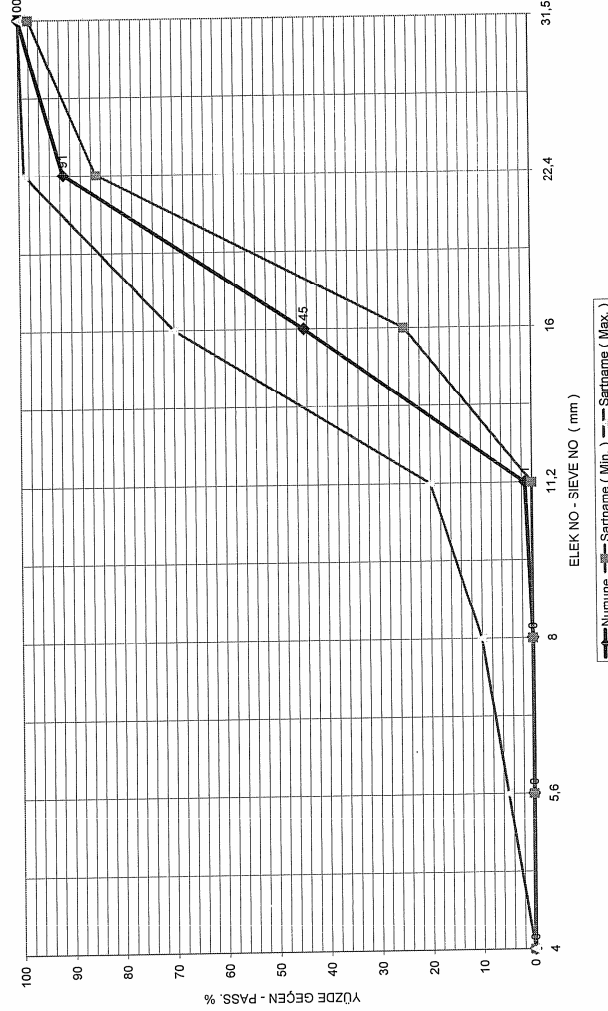


Numune Cinsi - Sample Of :15-22 KIRMA
Alındığı Yer - Taken From :ÇİMSA KUMARLI STOK
Tarih - On :10.11.2009

Lab. Ref. No. :11
Numuneyi Alan - Taken By. :KADİR SARITAŞ

ELEK (mm)	MALZEME MATERIAL		1500		Şartname TS 706	
	Kal. Rt.	Kal. C.Rt.	Kal. Rt.	Geç. Pas.	Min. Geç. %	Max. Geç. %
31,5	0	0	0	100	88	100
22,4	130	8,7	91	85	99	
16	832	55,5	45	25	70	
11,2	1.480	98,7	1	0	20	
8	1.500	100,0	0	0	10	
5,6	1.500	100,0	0	0	5	
4	1.500	100,0	0	0	0	
2	1.500	100,0	0	0		
1,00	1.500	100,0	0	0		
0,500	1.300	100,0	0	0		
0,250	1.300	100,0	0	0		
0,125	1.300	100,0	0	0		
0,063	1.300	100,0	0	0		

0,063mm ELEKTEN GEÇEN İNCE MALZEME PASSING SIEVE 0,063mm	
Kuru Ağırlık - Dry Weight (A)	1500
Yık. Sonra Kt. Ağırlık - Dry Wgt. After Wash (B)	1499
% Geçen - % Passing 100 (A-B)/A	0,1



Not: Grafik 15-22 (11-22 mm) doğal kırma agregası şartnamesine (TS 706 EN 12620) göre hazırlanmıştır.

DENEYİ YAPAN
TESTED BY
TARİH
DATE
10.11.2009

KALİTE KONTROL MÜHÜRÜ LAB. SORUMLUSU

Form-GN-085
GN-PR-013

01.11.2005/02

ELEK ANALİZİ - SIEVE ANALYSIS

HAZIR BETON

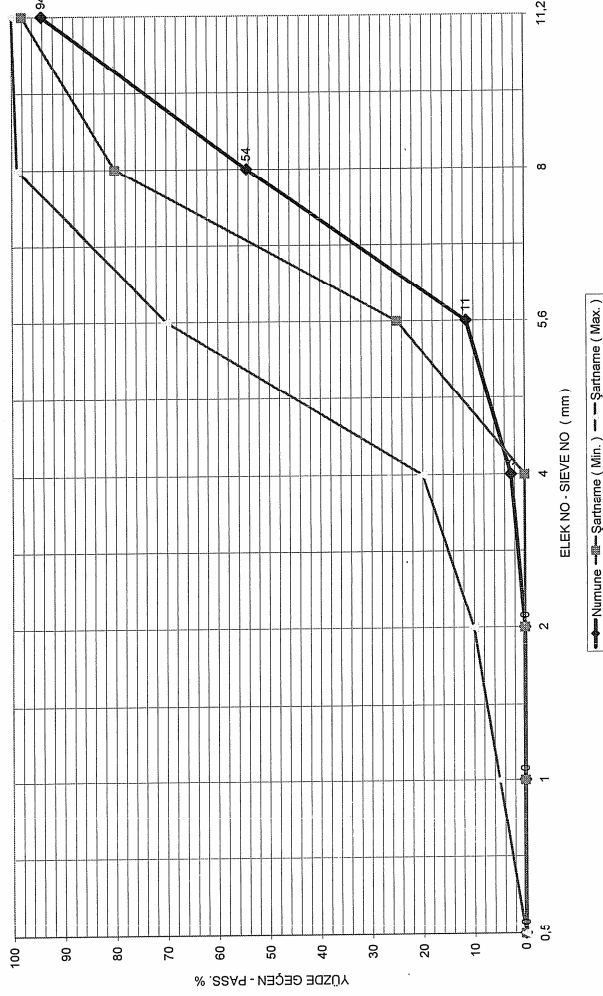
Lab. Ref. No. :11
Numuneyi Alan - Taken By. :KADIR SARITAŞ

Numune Cinsi - Sample Of :5-12MM KIRMA
Alındığı Yer - Taken From :CİMSA KUMARLI STOK
Tarih - On :10.11.2009



ELEK (mm)	MALZEME MATERIAL			1500		Şartname TS 706	
	Kal. C.Rt. g	K.Kal. Rt.	K.Kal. Rt.	Kal. Rt.	Geç. Fıçs. %	Min. Geç. %	Max. Geç. %
31,5	0	0	0,0	0,0	100		
22,4	0	0	0,0	0,0	100		
16	0	0	0,0	0,0	100		
11,2	38	5,9	94	98	100		
8	685	45,7	80	80	99		
5,6	1.329	88,6	11	25	70		
4	1.460	97,3	3	0	20		
2	1.500	100,0	0	0	10		
1,00	1.500	100,0	0	0	5		
0,500	1.500	100,0	0	0	0		
0,250	1.500	100,0	0	0	0		
0,125	1.500	100,0	0	0	0		
0,063	1.500	100,0	0	0	0		

0,063mm ELEKTEN GEÇEN İNCE MALZEME PASSING SIEVE 0,063mm		
Kuru Ağırlık - Dry Weight (A)		1600
Yık. Sonra K. Ağı. - Dry Wgt. After Wash (B)		1400
% Geçen - % Passing 100 (A-B)/A		2,7



Not: Grafik 7-15 (4-11 mm) doğal kırma agrega şartnamesine (TS 706 EN 12620) göre hazırlanmıştır.
TARİH
DATE
10.11.2009

KALİTE KONTROL MÜH/LAB.SORUMLUSU

DENEYİ YAPAN
TESTED BY

Form-GN-084
GN-PR-013

01.11.2005/02

Ek-4

KAYSERİ BOLGE MUDURLUĞU

MÜŞTERİ BETON BASINÇ DAYANIMI DENEY RAPORU

Rapor Tarihi	Rapor No	Lab.Kayıt No	804
--------------	----------	--------------	-----

MÜŞTERİ BİLGİLERİ

Yapı Sahibi	NECEF İNŞ
Yapı Denetim/Kontrol	NECEF İNŞ
Yüklenici Firma	NECEF İNŞ
Yapının Adresi	ATAŞEHİR

NUMUNE BİLGİLERİ :

Numune Alma Tarihi	12.11.2009
Numunenin Ait Olduğu Yapı Bölümü	DENEY
Num.Temsil Ettiği Beton Mik.	3,5M3
Beton Sınıfı	C25/30
Betonun Sıcaklığı (°C)	21C
Betonun Slump (mm)	220MM
Numune Adedi/Cinsi	6/150*150*150 Küp

DENEY BİLGİLERİ :

Numune No	Tarih	Yaş/Gün	Görünür Yoğunluk (gr/cm3)	Numune Kırılma Yüğü F (kN)	Basınç Dayanımı N/mm2
1	14.11.2009	2	2,37	355,5	15,80
2	19.11.2009	7	2,38	585,0	26,00
3	19.11.2009	7	2,38	571,5	25,40
4	10.12.2009	28	2,37	738,0	32,80
5	10.12.2009	28	2,38	747,0	33,20
6	10.12.2009	28	2,37	756,0	33,60

7 GÜNLÜK ORTALAMA DAYANIM (N/mm2)	25,70	28 GÜNLÜK ORTALAMA DAYANIM (N/mm2)	33,20
2/7	0,61	2/28	0,48
			0,77

STANDART SINIR DEĞERLER								
Beton Sınıfı	C18	C20	C25	C30	C35	C40	C45	C50
f _{cm} >f _{ck} +1.0 (ortalama Dayanım)	23	26	31	38	46	51	56	61
f _{cm} >f _{ck} -3.0 (Minimum Dayanım)	19	22	27	34	42	47	52	57

* Laboratuvarımız TS EN 206-1, ISO 9001-2000 ve KGS Belgeleri ile çalışmaktadır.

* Beton numuneleri TS EN 12350-1, TS EN 12350-2 ye göre alınıp, TS EN 12390-2 ye göre kür edilip TS EN 12390-3 göre mukavemeti tayin edilmiştir.

* Bu rapor, deneyi yapılan numuneler için geçerlidir. Lab. izinsiz çoğaltılamaz.

Deneyi Yapan
BETON TEKNİSYENİ

Onaylayan
LABORATUAR SORUMLUSU

KAYNAKLAR

1. ERDOĞAN, T.Y., Beton, ODTÜ Yayınevi, Ankara (2003)
2. Arıoğlu, E. ve Arıoğlu, U., Beton Üretiminde Nitelik Denetimi ve Bir Öneri Yönetmelik, Boğaziçi Üniversitesi Dergisi, 11 (1985) 12-13.
3. TS EN 12504-1, Yapıda Beton Deneyleri-Bölüm 1: Karot Numuneler-Karot Alma, Muayene ve Basınç Dayanımının Tayini, T.S.E., Ankara, Nisan 2002.
4. TS 10465, Beton Deney Metodları-Yapı ve Yapı Bileşenlerinde Sertleşmiş Betondan Numuneler Alınması ve Basınç Mukavemetinin Tayini (Tahribatlı Metot), T.S.E., Ankara, Kasım 1992.
5. BS 1881: Part 4, Methods of Testing Concrete for Strength, British Standards Institution, London, 1982.
6. ASTM C42-84a, Standart Method of Obtaining and Testing Drilled Cores and Sawed Beams of Concrete, American Society for Testing and Materials Standards, Philadelphia, 1990.
7. Kocataşkın, F., Betonda Aranan Özellikler; Yapı Malzemesi Dersleri, İ.T.Ü. Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Yayını, No. 93, İstanbul, 1973.
8. American Concrete Institute Specifications for Structural Concrete for Building, ACI Committee 301, Detroit, 1984
9. TS EN 206-1, Beton- Bölüm 1: Özellik, Performans, İmalat ve Uygunluk, T.S.E., Ankara, Nisan 2002
10. BS EN 12390-5, specifies a method for testing the flexural strength of specimens of hardened concrete, 2000.
11. EN 12390-6, Testing hardened concrete. Tensile splitting strength of test specimens, 2000.
12. Malzeme Bilimi ve Mühendislik Malzemeleri, Çeviri: Dr. Mehmet ERDOĞAN, Nobel Yayın Dağıtım, 1997 / Ankara
13. Metalik Malzemelerin Mekanik Deneyleri, Prof. Dr. Selahattin ANIK, Birsen Yayın Evi, 1999 / İstanbul
14. NEVILLE, A.M., Properties of Concrete, Pitman Boks Limited, London (1981).

15. Kabay, N., Karot Numunelerin Basınç Dayanımına Etki Eden Faktörlerin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Y.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2002.
16. ERDOĞAN, T.Y., Çimentolar, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara (1995)
17. ERDOĞAN, T.Y., Agregalar, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara (1995)
18. ÖZTURAN, T. Ve ÇEÇEN, C., Effect of coarse aggregate type on mechanical properties of concrete with different strengths, Cement and Concrete Research, 27,165-70 (1997).
19. BESHAR, H., ALMUSALLAM, A.A. ve MASLEHUDDİN, M., Effect of coarse aggregate quality on the mechanical properties of high strength concrete, Construction and Building Materials,17 97-103 (2003)
20. YAŞAR, E., ERDOĞAN, Y. ve KILIÇ, A., Effect of limestone aggregate type and water-cement ratio on concrete strength, Materials Letters, 58, 772-77 (2004)
21. ERDOĞAN, T.Y., Karışım ve bakım suları, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara (1995)
22. MİNDESS, S. ve YOUNG, J.F., Concrete, Prentice-Hall, inc, New jersey (1981).
23. OZER, B., VE OZKUL, H., The influence of initial water curing on the strength development of ordinary portland and pozzolanic cement concretes, Cement and Concrete Research,34,13-18(2004).
24. PLANTE, M., CAMERON, G., ve HAMOU, A.T. influence of curing conditions on concrete specimens at construction site, ACI Materials Journal, 97, 2, 120-26 (2000).
25. SHABBAG, M.J. ve SHAIK, H.A., Sulfate resistance of high performance concrete, Cement and concrete Composites, 25, 363-369 (2003).
26. Malhotra, V. M., Testing Hardened Concrete: Non-Destructive Methods, ACI Monograph, No. 9, 1976, 3-164.
27. Baradan, B., Beton Tabancalarının Kullanımı, TMMOB İzmir Şubesi Haber Bülteni, (1986) 5-7.
28. Bahadır, M., Beton Mukavemetinin Karotlar Yardımıyla Saptanması, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 1984.

29. ASTM C215-60, Concrete and Mineral Aggregates(Including Manual of Concrete Testing), Annual Book of ASTM Standarts, Part 14, 1976.
30. TS 500, Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları, T.S.E., Ankara, Şubat 2000.
31. Malhotra, V. M., In-Situ Strength Evaluation of Concrete, Concrete International Design and Construction, 1, 9 (1979).
32. Bhargava, J. K., ve Meininger, R. C., Discussion on Core and Cylinder Strength of Natural and Lightweight Concrete, ACI Journal, 64,10 (1967) 692-694.
33. Kesler, C.E., Effect of Length to Diameter Ratio on Compressive Strength an ASTM Cooperative Investigation, ASTM, 59 (1959) 1216-1229.
34. Lewandowski, R., Relationship Between Cylinder and Cube Compressive Strength of Concrete, Betonstein-Zeitung,37,9 (1971) 562-566.
35. Goncalves, A., Influence of Core Dimensions of Compressive Strength Results and Their Dispersion, Concrete Structures, (1992) 529-542.
36. Bowman, S.A.W., Determining Concrete Strength by Using Small-Diameter Core, Magazine of Concrete Research, 32,111 (1980) 124.
37. Lewis, R.K., Effect of Core Diameter on the Observed Strength of Concrete Cores, Commonwealth Scientific an Industrial Research Organisation, Melbourne, Rapor No: 50, 13, 1976.
38. Campbell, R.H. ve Tobin, R.E., Core and Cylinder Strengths of Natural and Lightweight Concrete, ACI Journal,(April 1967) 190-195.
39. Durmuş, M., Yük Geçmişi ve Donatının Beton Karot Numune Dayanımı Üzerine Etkileri, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 1996.
40. Bartlett, F.M., Precision of In-Place Concrete Strengths Predicted Using Core Strength Correction Factors Obtained by Weighted Regression Analysis, Structural Safety, 19,9 (1997) 397-410.
41. TS EN 12504-1, Yapıda Beton Deneyleri-Bölüm 1: Karot Numuneler-Karot Alma, Muayene ve Basınç Dayanımının Tayini, T.S.E., Ankara, Nisan 2002.

42. Petersons, N., Recommendations for Estimation of Quality of Concrete in Finished Structures, Materials and Structures Research and Testing, 4, 24 (1971) 379-397.
43. Meininger, R.C., Wagner, F.T. ve Hall, K.W., Concrete Core Strength the Effect of Length to Diameter Ratio, Journal of Testing and Evaluation, 5, 3 (1977) 147-153.
44. Akça, A., Beton Mukavemetinin belirlenmesinde Kullanılan Karotların Mukavemetine Etki Eden Faktörlerin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 1991.
45. Bungey, J.H., Determining Concrete Strength by Using Small Diameter Cores, Magazine of Concrete Research, 31,107 (1979) 91-98.
46. Neville A.M., Testing of Hardened Concrete, Properties of Concrete, (1977) 460-509.
47. Concrete Society, Concrete Core Testing for Strength, Technical Report No: 11, 1976.
48. ISO/DIS 7032, Cores of Hardened Concrete-Taking examination and Testing in Compression, International Organization of Standardization,1983.
49. American Concrete Institute Specifications for Structural Concrete for Building, ACI Commitee 301, Detroit, 1984
50. TS EN 12504-2, Yapılarda Beton Deneyleri - Bölüm 2: Tahribatsız Deneyler - Geri Sıçrama Değerinin Tayini, T.S.E., Ankara, Aralık 2004.
51. Mohiuddin, N.A., Use of Small Diameter Cores in Evaluation of In-situ Concrete Strength in Eastern Saudi Arabia, King Fahd University of Petroleum and Minerals Faculty of the College of Graduate Studies, Dhahran, 1995.
52. Chung, H.W., Effect of Length/Diameter Ratio on Compressive Strength of Drilled Concrete Core-a Semi Rational Apporach, Cement, Concrete Aggragates, 1,2 (1979) 68-70.
53. Tam, C.T., Ooi, C.S. ve Ooi, K.L., Factors Influencing Strength of Concrete Cores, Our World in Concrete&Structure 3rd Conference, August 1978, Shangri-laHotel, Bildiriler Kitabı, 607.

54. Yip, W.K., Strength Evaluation Of Small Diameter Cores, Msc Thesis, National University, Singapore, 1982.
55. Yip, W.K. ve Tam, C.T., Concrete Strength Evaluation Through the Use of Small Diameter Cores, Magazine of Concrete Research, 40, 143 (1988) 99-105.
56. Akça, A., Beton Mukavemetinin belirlenmesinde Kullanılan Karotların Mukavemetine Etki Eden Faktörlerin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 1991.
57. Tam, C.T., Ooi, C.S. ve Ooi, K.L., Factors Influencing Strength of Concrete Cores, Our World in Concrete&Structure 3rd Conference, August 1978, Shangri-la Hotel, Bildiriler Kitabı, 607.
58. Bartlett, M.F., ve MacGregor, J.G., Effect of Core Length-to-Diameter Ratio on Concrete Core Strengths, ACI Materials Journal, 91,4 (1994) 339-348.
59. Petersons, N., Should Standart Cube Test Specimens Be Replaced by Test Specimens Taken From Structures, Materials and Structures Research and Testing, 1,5 (1968) 425-435.
60. Bartlett, M.F., ve MacGregor, J.G., Effect of Core Diameter on Concrete Core Strengths, ACI Materials Journal, 91,5 (1994) 460-470.
61. Lewis, R.K., The Interpretation of Core Strength Results-a Review, Building, (November 1969) 20-39.
62. Arioğlu, E., Arioğlu, N., Üst ve Alt Yapılarda Beton Karot Deneyleri ve Değerlendirilmesi, Evrim Yayınevi, İstanbul, 1998.
63. Orchard, D. F., Concrete Technology, Cilt II, 4. Baskı, Applied Science Publishers LTD., Londra, 1979.
64. Bloem, D.L., Concrete Strength Measurement-Cores Versus Cylinders, Proceedings ASTM, 65 (1965) 668-696.
65. Malhotra, V.M., Contact Strength Requirements Cores Versus In-Situ Evaluation, ACI Journal, (April 1977) 163-172.

66. Akça, A., Beton Mukavemetinin belirlenmesinde Kullanılan Karotların Mukavemetine Etki Eden Faktörlerin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 1991.
67. Kabay, N., Karot Numunelerin Basınç Dayanımına Etki Eden Faktörlerin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Y.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2002.
68. Lewandowski, R., Influence of Compressive Strength Results of Concrete Test Cores, *Betonstein-Zeitung*, 36,12 (1970) 745-749.
69. Gözaçan, A., Beton Karotlar Yardımıyla Yapılardaki Beton Dayanımının Daha Gerçekçi Olarak Belirlenmesi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 2002.
70. Bloem, D.L., Concrete Strength in Structures, *ACI Journal Proceedings*, 65,3 (1968) 176-187
71. Şimşek, O., 'Beton ve Beton Teknolojisi', Seçkin Yayıncılık, Ankara, 2004, pp 16-154.
72. FİLİZ, M.H., 2006. Beton Karot Dayanımları ile Standart Silindir Dayanımları Arasındaki İlişkinin Kür Koşullarına Bağlı Olarak Belirlenmesi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Trabzon, 74 s.
73. Griffith, A. A., The phenomena of rupture and flow in solids, *Phil. Trans. Roy. Soc.*, A221, 163-198, 1920.

ÖZGEÇMİŞ

Adı- Soyadı : Hamdi SERT

Baba Adı : Bürhan

Ana Adı : Nimet

Doğum Yeri : Nevşehir

Doğum Tarihi : 01.09.1983

İlköğretimini Nevşehir’ de Gülşehir Alparslan İlköğretim Okulu’ nda tamamladı. Orta öğretimini, 2002 yılında Nevşehir Anadolu Lisesi’ nden mezun olarak tamamladı. Aynı yıl Erciyes Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü’ nü kazandı. 1 yıl hazırlık görerek 2007 yılında mezun oldu. 2008 yılında Erciyes Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü’nde yüksek lisansa başladı. Necef inşaat ltd. şti. de şantiye şefi ve hakkeci mühendisi olarak çalışmaktadır.

Adres :Ahievran Mahallesi 748. sokak

Sancak Apartmanı 27/9

Kocasinan / KAYSERİ

Telefon :05367286851

e-posta :hamdiser@hotmail.com