

**T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BETON KAROT DAYANIMINA AGREGA DANE
ÇAPININ ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnş.Müh. Akın KÖSEOĞLU

Enstitü Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ

Enstitü Bilim Dalı : YAPI MALZEMESİ

Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Mansur SÜMER

Eylül 2010

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BETON KAROT DAYANIMINA AGREGA DANE
ÇAPININ ETKİSİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnş.Müh. Akın KÖSEOĞLU

Enstitü Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ

Enstitü Bilim Dalı : YAPI MALZEMESİ

Bu tez 14/09/2010 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

Yrd.Doç.Dr. Mansur SÜMER

Jüri Başkanı

Prof.Dr. Kemalettin

YILMAZ

Üye

Prof.Dr. Ahmet APAY

Üye

ÖNSÖZ

Günümüzde hemen hemen her yapı cinsinde kullanılabilen beton, teknolojisinin de gelişmesiyle en çok tercih edilen yapı malzemesi haline gelmiştir. Buna bağlı olarak da betonda kalite kontrolü kaçınılmaz bir hal almış olup taze ve sertleşmiş beton için çeşitli kalite kontrol yöntemleri geliştirilmiştir.

Bu çalışmamda desteklerini esirgemeyen başta sayın hocam Yrd.Doç.Dr.Mansur SÜMER'e, İnşaat Teknisyeni Sayın Ali ÇANKAYA'ya, Sakarya Büyükşehir Belediyesi Fen İşleri Dairesi Başkanı İnşaat Mühendisi Sayın Ayhan SÖNMEZ'e, Çevre Mühendisi Sayın Haydar AKBULUT'a, İnşaat Mühendisi Sayın Ertuğrul KULAÇ'a, DÜNYALAR HAFRİYAT'a ve aileme teşekkürü bir borç bilirim.

AKIN KÖSEOĞLU

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	v
ŞEKİLLER LİSTESİ	vii
TABLolar LİSTESİ.....	viii
RESİMLER LİSTESİ.....	ix
GRAFİKLER LİSTESİ.....	x
ÖZET.....	xi
SUMMARY.....	xii
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ.....	1
1.1. Beton.....	1
1.2. Betonda Aranılan Özellikler.....	3
1.3. Betonda Kalite Kontrolü.....	3
BÖLÜM 2.	
TAZE VE SERTLEŞMİŞ BETONDA KALİTE KONTROLÜ.....	5
2.1. Taze Betonda Kalite Kontrolü.....	5
2.1.1. Çökme deneyi.....	5
2.1.2. Vebe deneyi.....	8
2.1.3. Sarsma tablası deneyi.....	10
2.1.4. Kelly topu deneyi.....	11
2.1.5. Sıkıştırma faktörü deneyi.....	12
2.1.6. Birim hacim ağırlık ölçülmesi.....	14
2.1.7. Beton sıcaklığının ölçülmesi.....	15

2.1.8. Hava içeriğinin ölçülmesi.....	15
2.2. Taze Betondan Numune Alma.....	16
2.3. Sertleşmiş Betonda Kalite Kontrolü.....	21
2.3.1. Laboratuvar deneyleri.....	22
2.3.2. Tahribatsız deneyler.....	23
2.3.2.1. Beton tabancası (Schmidt çekici).....	23
2.3.2.2. Ultrasonik hız metodu.....	26
2.3.2.3. Birleşik metotlar.....	27
2.3.3. Tahribatlı Deneyler.....	28
2.3.3.1. Taze betondan alınan numuneyle basınç deneyi.....	28
2.3.3.2. Karot alma yöntemiyle basınç deneyi uygulanması...	29
BÖLÜM 3.	
DENEYSEL ÇALIŞMA.....	39
3.1. Deneyin Amacı ve Kapsamı.....	39
3.2. Deneyde Kullanılan Malzemeler.....	39
3.3. Deneyler.....	40
3.3.1. 1. Grup Deneyler.....	40
3.3.2. 2. Grup Deneyler.....	42
3.3.3. 3. Grup Deneyler.....	43
3.3.4. 4. Grup Deneyler.....	45
3.4. Değerlendirme Grafikleri.....	47
BÖLÜM 4.	
SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	53
KAYNAKLAR.....	55
ÖZGEÇMİŞ.....	58

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

Lt	: Litre
Kg	: Kilogram
B	: Beton sınıfı
mm	: Milimetre
cm	:Santimetre
S	: Slump (çökme)
V	: Vebe sınıfı
h	: Yükseklik
Φ	: Çap
mp	: Taze beton ağırlığı
mf	: Tamamen sıkışmış beton ağırlığı
CF	: Sıkıştırma faktörü
Hz	: Hertz
fc	: Karot dayanımı
f'c	: Standart numune dayanımı
fd	: Düşey alınmış karot dayanımı
fy	: Yatay alınmış karot dayanımı
Fd	: Örselenme ile ilgili düzeltme faktörü
Vh	: Boşluk hacmi
Yb	: İyi dökülmüş ve sıkıştırılmış betonun yoğunluğu
Yk	: Karot yoğunluğu
Fh	: Boşluk oranı düzeltme değeri
Fr	: Donatı düzeltmesi
Fk	: Donatısız karot basınç dayanımı
Fkd	: Donatılı karot basınç dayanımı
Dd	: Donatı çapı
h	: Donatının karot üst tabanından uzaklığı

D	: Karot apı
l	: Karot ykseklėđi
F _t	: t sresindeki beton basınç dayanımı
F (28)	: 28 günlük standart dayanım
t	: Kr süresi (gün)

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Karotların kırılma şekilleri.....	30
Şekil 2.2. Koşullara bağlı karot dayanım değişimi.....	36

TABLolar LİSTESİ

Tablo 1.1.	Beton karışım oranları.....	1
Tablo 1.2.	Kullanım yerine göre beton karışım oranları.....	2
Tablo 2.1.	Sıkıştırma faktörü – İşlenebilirlik ilişkisi.....	14
Tablo 2.2.	Beton sınıfları.....	28
Tablo 2.3.	Narinlik düzeltme faktörleri.....	33
Tablo 2.4.	Karot çapının düzeltme faktörleri.....	34
Tablo 2.5.	Kür farklılıklarına – nemlilik durumuna göre karot basınç dayanım değişimleri	38
Tablo 3.1.	Çimentoya ait özellikler.....	40
Tablo 3.2.	Agregalara ait özellikler.....	40
Tablo 3.3.	1.grup deneylere ait malzeme miktarları.....	41
Tablo 3.4.	1.grup deneylere ait dayanım değerleri.....	41
Tablo 3.5.	2.grup deneylere ait malzeme miktarları.....	42
Tablo 3.6.	2.grup deneylere ait dayanım değerleri.....	43
Tablo 3.7.	3.grup deneylere ait malzeme miktarları.....	44
Tablo 3.8.	3.grup deneylere ait dayanım değerleri.....	44
Tablo 3.9.	4.grup deneylere ait malzeme miktarları.....	45
Tablo 3.10.	4.grup deneylere ait dayanım değerleri.....	46

RESİMLER LİSTESİ

Resim 2.1.	Çökme testi seti.....	6
Resim 2.2.	Çökme testi uygulaması.....	6
Resim 2.3.	Vebe aleti.....	8
Resim 2.4.	Sarsma tablası.....	10
Resim 2.5.	Kelly topu.....	11
Resim 2.6.	Sıkıştırma faktörü düzeneği.....	12
Resim 2.7.	B.H.A. tespiti.....	14
Resim 2.8.	Aerometre.....	15
Resim 2.9.	Taze betondan numune alınması.....	19
Resim 2.10.	Narin elemanlar için beton çekici.....	23
Resim 2.11.	Narin elemanlar için beton çekici.....	23
Resim 2.12.	Kütle betonu için beton çekici.....	24
Resim 2.13.	Düşük dayanımlı elemanlar için beton çekici.....	24
Resim 2.14.	Ultrasonik hız metodu.....	27
Resim 2.15.	Karot alma makinası.....	31
Resim 2.16.	Pres altındaki karot.....	32

GRAFİKLER LİSTESİ

Grafik 3.1.	1.grup deneylere ait karot çapı – dayanım ilişkisi.....	47
Grafik 3.2.	2.grup deneylere ait karot çapı – dayanım ilişkisi.....	47
Grafik 3.3.	3.grup deneylere ait karot çapı – dayanım ilişkisi.....	48
Grafik 3.4.	4.grup deneylere ait karot çapı – dayanım ilişkisi.....	48
Grafik 3.5.	Deney gruplarına göre ortalama dayanım dağılımı.....	49
Grafik 3.6.	58 mm. karot çapına göre dayanım dağılımı.....	49
Grafik 3.7.	83 mm. karot çapına göre dayanım dağılımı.....	50
Grafik 3.8.	100 mm. karot çapına göre dayanım dağılımı.....	50
Grafik 3.9.	150 mm. karot çapına göre dayanım dağılımı.....	51
Grafik 3.10.	Gruplar arası dayanım artış yüzdeleri.....	51
Grafik 3.11.	1.gruba göre dayanım artış yüzdeleri.....	52

ÖZET

Anahtar kelimeler: Beton, Kalite Kontrolü

Beton, günümüzde inşaat sektöründe çok yaygın kullanım alanına sahip olma özelliğini bünyesinde barındırmaktadır.

Çevremize baktığımızda binalar, yollar, köprüler, barajlar, santraller, istinat duvarları ve bunlar gibi yapıların betondan yapıldığını görürüz.

Betonun bu kadar yaygın bir yapı malzemesi olmasının çeşitli nedenleri vardır. Bu nedenleri şu şekilde sıralayabiliriz:

- 1.Ekonomik olması.
- 2.Daha kolay şekil verilebilir olması.
- 3.Fiziksel ve kimyasal dış etkilere dayanıklı olması.
- 4.Her yerde üretilebilir olması.
- 5.Üretiminde az enerji tüketiliyor olması.
- 6.Çelik donatı ile çekme mukavemeti yetersizliğinin dengelenebilir olması.
- 7.Yüksek basınç dayanımlarına erişilebilir olması.
- 8.Hafif agrega ile hafifletilebilir olması.
- 9.Pigmentlerle renklendirilebilir olması.
- 10.Üretim, taşıma ve yerleştirme aşamalarında büyük gelişmelerin sağlanmış olması.

Dolayısıyla bu kadar yaygın kullanılan bir malzeme için de kalite kontrolü kaçınılmaz bir hal almıştır. Kalite kontrolü açısından taze ve sertleşmiş durumda olmak üzere iki halde incelenen beton için bir çok kalite kontrol yöntemi mevcuttur.

Bu çalışmada, taze ve sertleşmiş betonda uygulanan kalite kontrol yöntemleri genel hatlarıyla incelenecek olup, betonun içeriğinde bulunan ve dayanımının temelini oluşturan agregaların dane boyutlarındaki değişikliklerin betondan karot alınması yöntemiyle beton dayanımı üzerindeki etkisi araştırılacaktır.

EFFECTS OF THE DIMENSIONS OF AGGREGATES TO THE ENDURANCE OF DRILLING CORE

SUMMARY

Key Words: Concrete, Quality Control

At the present, concrete is a very common material in construction sector.

When we look around we can see that buildings, roads, bridges, dams, power stations, land ties and so many things like that are built of concrete.

There are some reasons for concrete to be that common. We can list some of these reasons as:

1. Economical
2. Easier to shape
3. Resistance to physical and chemical outside influences
4. Can be produced everywhere
5. Less energy loss while producing
6. Increase of pulling endurance with steel
7. High pressure endurance values
8. Can lose weight with weightless aggregate
9. Can be coloured with pigments
10. Great developments in producing, transporting and placing

Thus for a material like that common quality control is inevitable. There are lots of ways of quality control two types of concrete as wet and hardened.

In this study, we will seek the effects of the dimensions of the aggregates to the endurance of concrete by drilling core method with mentioning about the other ways of quality control in general terms.

BÖLÜM 1.GİRİŞ

1.1.Beton

Beton, çimento, su, agrega ve kimyasal veya mineral katkı maddelerinin homojen olarak karıştırılmasından oluşan, başlangıçta plastik kıvamda olup, şekil verilebilen, zamanla katılaşp sertleşerek mukavemet kazanan bir yapı malzemesidir.

Betonun mutlak hacmini %70 oranında agrega (kum, çakıl, mıcır), %10 oranında çimento, %20 oranında su oluşturur. Gerektiğinde, çimento ağırlığının %5'inden fazla olmamak kaydıyla, kimyasal katkı malzemesi ilave edilebilir.

Betonu oluşturan ana maddelerin çimentoya göre ağırlıkça ve hacimce miktarları Tablo 1.1'de verildiği gibi değerlendirilmiştir.

Tablo 1.1 Beton karışım oranları

Beton karışımları						Karışım
Ağırlıkça (Alman)			Hacimce (ABD)			
Çimento Kg	Kum Kg	Çakıl Kg	Çimento Lt	Kum Lt	Çakıl Lt	
1	2,5	3,6	1	1,5	3	zengin
1	3	4,5	1	2	3,5	standart
--	--	--	1	2,5	4	orta
--	--	--	1	3	5	zayıf

Kullanım yerlerine göre betonu oluşturan ana malzeme miktarlarının, bir fikir vermesi açısından, yaklaşık değerleri Tablo 1.2’de verildiği gibi değerlendirilebilmektedir.

Tablo 1.2 Kullanım yerine göre beton karışım oranları

Miktarlar			Kullanıldığı yerler
Çimento Kg	Kum m ³	Çakıl m ³	
325	0.40	0.80	Yüksek mukavemetli kolon, vibrasyon ve su etkisi
275	0.40	0.80	Betonarme döşeme, kiriş, kolon, makine temelleri
250	0.50	0.80	Toprak üstü beton inşaat, temeller
500	0.50	0.85	Kütle betonu, duvar dolgusu

Betonu günümüzün en yaygın taşıyıcı yapı malzemesi yapan özellikleri şöyle sıralamak mümkündür:

- Ucuzluğu,
- Bilgisayar kontrollü santraller, transmikserler, pompalar vs. ile üretim, taşıma ve yerleştirme aşamalarında büyük gelişmelerin sağlanmış olması,
- Şekil verilebilme kolaylığı,
- Çelik donatı ile (betonarme) çekme mukavemetinin yetersizliğinin dengelenmesi,
- Yüksek basınç dayanımlarına ulaşılması,
- Fiziksel ve kimyasal dış etkilere karşı dayanıklılığı (uzun ömür, bakım kolaylığı),
- Hafif agrega ile hafifletilmesi, pigmentlerle renklendirilmesi

Betonu oluşturan hammaddeler çimento, su, agrega (kum, çakıl, kırmataş), kimyasal katkıları ve mineral katkılarıdır. Kimyasal katkıları (akışkanlaştırıcı, priz geciktirici, geçirimsizlik sağlayıcı, antifriz) mineral katkıları (taş unu, tras, yüksek fırın cürufu, uçucu kül, silis dumanı) betonun performansını istediğimiz yönde iyileştiren çağdaş teknoloji unsurlarıdır. Çimentoyla suyun karışımından oluşan çimento hamuru zamanla katılaşır sertleşerek agrega tanelerini (kum, çakıl, kırmataş) bağlar, yapıştırır, böylece betonun mukavemet kazanmasına imkan verir [2].

Dolayısıyla betonun mukavemeti:

- Çimento hamurunun mukavemetine
- Agrega tanelerinin mukavemetine
- Agrega taneleri ile çimento hamuru arasındaki yapışmanın gücüne (aderans) bağlıdır.

1.2. Betonda Aranılan Özellikler

Bu özellikleri iki grupta sınıflandırmak mümkündür.

i)Taze betonda:

- İşlenebilme özelliği, uygun kıvam,
- Taze betonun sıcaklığı,
- Agrega maksimum dane büyüklüğü,
- Homojenlik, kıvam kaybı, hava miktarı,
- Birim ağırlık

ii)Sertleşmiş betonda:

- Dayanım (basınç, çekme, eğilme, yarıлма mukavemetleri),
- Dış etkenlere karşı dayanıklılık,
- Hafiflik veya ağırlık,
- Isı, ses yalıtımı ve estetik,
- Ekonomi

Beton günümüzde yapıya taşıyıcı elemanlar, dolgu, yalıtım, kaplama elemanları, dekoratif ve hazır elemanlar olarak çeşitli amaçlarla girmektedir. Yapıya taşıyıcılık amacıyla giren normal betonları B16-45 N/mm² olarak belirlememiz mümkündür. B100 betonları ancak özel üretimle sağlanan ön gerilmeli betonlardır [2].

1.3. Betonda Kalite Kontrolü

Taze veya sertleşmiş betonda aranılan özelliklere paralel olarak kalite kontrolü, aşağıdaki yöntemlerle iki grupta incelenebilir.

i)Taze betonda:

- Çökme deneyi,
- Vebe deneyi,
- Sarsma tablası deneyi,
- Kelly topu deneyi,
- Beton özelliklerinin (B.H.A, sıcaklık, hava içeriği vb.) ölçülerek beton reçetesiyle kıyaslanması

ii)Sertleşmiş betonda:

- Beton tabancası deneyi,
- Ses geçirme deneyi,
- Basınç deneyleri,
- Özellik (kılcallık, su geçirimsizlik vb.) tayinleri [21]

BÖLÜM 2. TAZE VE SERTLEŞMİŞ BETONDA KALİTE KONTROLÜ

2.1. Taze Betonda Kalite Kontrolü

2.1.1. Çökme Deneyi: (TS EN 12350 – 2)

Kullanılan araç, gereç ve cihazlar:

Çökme hunisi: Tabanı 200 ± 2 mm, üst yüzü 100 ± 2 mm ve yüksekliği 300 ± 2 mm olan, 1,5 mm veya daha kalın metalden yapılmış, içinde perçin başlığı vb. çıkıntı bulunmayan, kalıbın dışında üst yüzeye yakın tutma parçası ve tabana yakın ayakla basma parçaları bulunan kesik bir hunidir.

Slump tepsi: Çökme hunisinin üzerine yerleştirileceği, su emmeyen, esnemeyen düz bir plakadır.

Sıkıştırma (şişleme) çubuğu: 600 ± 5 mm boyunda, 16 ± 1 mm çapında, ucu yuvarlatılmış daire kesitli düz bir çelik çubuktur.

Şaşula: Kürek

Tekrar karıştırma kabı: Su emmeyen, rijit yapılı, betonun şaşula ile karıştırılmasına uygun bir kaptır.

Mala: Çelik mala [21,24]

Uzunluk ölçüm aleti: Cetvel veya şeritmetre



Resim 2.1 Çökme testi seti



Resim 2.2 Çökme testi uygulaması

Abrams konisi olarak isimlendirilen bu deneyde, ölçüleri belirli tepesi kesik koni şeklindeki metal bir kalıp içine üç eşit tabaka halinde ve her tabakası 25 kez özel bir çubukla şişlenerek standart olarak doldurulan taze betonun, ilk yüksekliği ile kap

kaldırıldıktan sonraki yüksekliği arasındaki farkın ölçülmesi esas alınmıştır. Çökme deneyi sonunda, betonun konik formunu bozmadan deforme olması, koni kaldırıldıktan sonra yanlara doğru kaymaması [shear slump], yıkılmaması ve ayrışacak kadar yayılmaması [collapse] doğru bir çökme değerinin ölçümü için gereklidir.

Kayma şeklinde çökme olması durumunda deney tekrarlanır. Tekrar yapılan deneyde çökme, yine kayma şeklinde olur ise, bu durumun karışımın kaba ve kohezyonunun eksik olduğuna işaret ettiği kabul edilir. Çökme deneyinde gerilmeler, birim alandaki betonun kendi ağırlığı ile oluşmaktadır. Beton, ancak kayma dayanımı aşıldığında hareket etmeye veya çökmeye başlar. Ağırlıktan doğan kayma gerilmesi, çökme sonucu azalınca çökme de durur. Bu nedenle çökme deneyi taze betonun kayma dayanımı ile bağlantılıdır. Bazı araştırmacılar, betonun Bingham kanununa uygun davrandığını varsayarak, sonlu elemanlar yöntemi ile çökmesinin zamanla değişiminin resimlerini üretebilmişlerdir.

Çökme değeri işlenebilmenin tanımlanmasındaki tek değer olmadığından, değişik agregalara özellikle farklı ince agrega içeriğine sahip ve iri agreganın yuvarlak veya köşeli oluşuna göre aynı çökme değeri farklı işlenebilmeleri gösterebilmektedir. Çökme deneyi betonun sıkıştırılma kolaylığı hakkında bir fikir veremez ve betonun vibrasyon, bitirme işlemi, pompalama ve tremi borusunda hareket gibi dinamik koşullar altında davranışını yansıtamaz. Çökme deneyi, şantiye koşullarında, agrega rutubetlerinde meydana gelebilecek olası artışların gözlemlenmesi amacı ile, beton karışımının üniformluğundaki değişkenliklerin takibinde oldukça kullanışlı olmasına ve çok yaygın olarak kullanılmasına rağmen yeterli değildir [24].

Slump değerlerine bağlı kıvam sınıfları:

- K1 (0-5 cm)
- K2 (5-10 cm)
- K3 (10-16 cm)
- K4 (16-22 cm)
- K5 (≥ 22 cm) [13,21]

2.1.2. Vebe Deneyi: (TS EN 12350 – 3)

Vebe deneyi özellikle çok düşük çökme değerine sahip (20mm'den az ya da sıfır çökme) kuru karışımların kıvamını değerlendirmeye yönelik belki de en uygun deney yöntemidir. Maksimum agrega çapının 63mm'den fazla olduğu karışımlar için uygun değildir. Vebe deneyi aynı zamanda prekast, ön gerilmeli beton uygulamaları ve çelik lifli, düşük işlenebilirliğe sahip karışımlar için uygun bir yöntem olabilir.



Resim 2.3 Vebe Aleti

Deneyin esası, titreşim ve ağırlık etkisi altındaki çok kuru kıvamlı taze betonun üzerinde bulunan saydam bir diskin tamamen çimento hamuru ile kaplanması için geçen sürenin ölçülmesine dayanır.

Vebe deneyinin yapılabilmesi için resim 2.3 de görülen deney aparatı ile birlikte 0,5 sn duyarlılıkta bir kronometre de gereklidir.

Silindir kap içerisine standart çökme hunisi (Abrahm's hunisi) kap ortalanacak şekilde yerleştirilir. Taze beton, standart çökme hunisi içerisine 3 tabaka halinde ve her bir tabakada 25 kez standart şişleme çubuğu ile şişlenerek sıkıştırılıp doldurulur. Silindir kap içerisindeki standart çökme hunisi yavaşça kaldırılır.

Çelik bağlantı koluna mafsallı bir şekilde bağlı bulunan ve yatay pozisyonda duran saydam disk taze beton örneğine, koldaki ayar vidaları ve aksamı vasıtası ile yerleştirilir. Düşey yönde diskin hareketini engelleyen vidası gevşetilerek düşey yönde indirilip taze betonun en yüksek noktasına hafifçe temas etmesi sağlanır. Düşey hareketi engelleyen disk vidası yeniden sıkıştırılarak disk sabitlenir. Tüm bunlardan sonra titreşim masası ve kronometre aynı anda çalıştırılır.

Saydam diskin alt yüzeyinin tamamen çimento hamuru ile kaplanmasına kadar titreşime devam edilir. Titreşim masası ve kronometre aynı anda durdurularak geçen süre kaydedilir.

Geçen süre Vebe süresi (sn.) olup sınıflandırma aşağıdaki gibidir.

Vebe sınıfları:

V0: ≥ 31 sn.

V1: 30-21 sn.

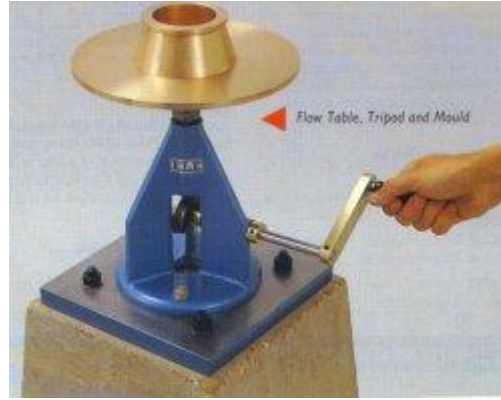
V2: 20-11 sn.

V3: 10-6 sn.

V4: 5-3 sn.

Vebe sınıfları aşırı kurudan (V0), akıcıya (V4) doğru sıralanmaktadır. 5 sn.' den kısa ve 30 sn' den uzun Vebe süreleri elde edilen betonlar, bu deney ile işlenebilirlikleri değerlendirilemeyecek betonlardır [21].

2.1.3. Sarsma Tablası Deneyi: (TS EN 12350 – 5)



Resim 2.4 Sarsma Tablası

Bu deney akıcı ve çok akıcı beton karışımlarının işlenebilme özelliklerinin değerlendirilmesinde kullanılmaktadır. Deneyin ilk aşamasında ölçüleri belirli tepesi kesik koni ($h=200, \Phi=130$ [üst], $\Phi=200$ [alt] mm) şeklindeki bir kalıp içine iki eşit tabaka halinde ve her tabakası 15 kez özel bir çubukla şişlenerek standart olarak taze beton doldurulur. Alet, 70x70 cm ebatlarında, 16 kg ağırlığında ve BS 1881-105'e uygun olmalıdır. Kap kaldırıldıktan sonra bir kenarı menteşeli diğer kenarı ancak belirli bir yüksekliğe kalkmasına izin verilen tabla 15 kez düşürülür. Bu şekilde yayılan betonun çapı ölçülür. Deneyin 400 ila 600 mm yayılma veren betonlar için uygun olduğu düşünülmektedir.

Yapılan lâboratuvar çalışmaları yayılma ve çökme değerleri arasında lineer ilişki olduğunu göstermiştir. Gerçekte, her iki deney aynı fiziksel olayları ölçmediğinden, karışımdaki granülometri, agrega şekli veya ince malzemenin içeriğindeki değişimlerin, her iki deney arasında tek bir bağıntı ile ifade edilmesini bekleyecek bir neden bulunmamaktadır.

Deneyde düşürülen tabla, betona uygulanan kayma gerilmesini artırdığı için, deney kayma gerilmesinin zamanla değişimi, yani viskozite ile ilişkilidir. Yayılma deneyinin, aşırı çökme gösteren yüksek işlenebilirlikteki akışkan betonlar için kullanımı uygun olduğundan, son zamanlarda deneyin kullanımı yaygınlaşmıştır [24].

Yayıma sınıfları: (Yayıma çapına göre)

F1: 340 mm.

F2: 350 – 410 mm.

F3: 420 – 480 mm.

F4: 490 – 550 mm.

F5: 560 – 620 mm.

F6: 630 mm. [21]

2.1.4. Kelly Topu Deneyi



Resim 2.5 Kelly topu

Çapı 152 mm, ağırlığı 13.6 kg olan çelik yarıkürenin kendi ağırlığı ile taze betona batma derinliğinin hesaplanması temeline dayanan basit bir saha deneyidir. Deney, orta işlenebilirlikteki karışımların değerlendirilebilmesi için uygundur. Hafif beton ve ağır beton karışımların içinde bulunduğu birçok özel karışıma da uygulanabilir. Aletin kullanımı kıvamın rutin takibinin kontrolü amacı ile yapılır. Kullanımı, genel olarak A.B.D.'de yaygındır. Kalıpta yerleştirilmiş betona uygulanabilir. Sınır etkilerini yok etmek için deneyi yapılan betonun, derinliğinin 200 mm'den az

olmaması, yanal boyutunun ise en az 460 mm olması istenmektedir. Penetrasyon ile çökme arasında basit bir korelasyon bulunmamaktadır [24].

2.1.5. Sıkıştırma Faktörü Deneyi: (TS 2872)

Deneyin amacı, taze beton örneğine uygulanan standart enerji nedeniyle elde edilen sıkıştırma derecesinin ölçülmesidir. Genelde taze betonda işlenebilirlik olarak tanımlanan tam sıkışma için gerekli olan enerji miktarının doğrudan ölçülmesine yönelik bir deney yöntemi yoktur. Standart enerji uygulanarak elde edilen sıkıştırma derecesi, bu deney ile doğrudan bulunabilmektedir.

Sıkıştırma faktörü olarak adlandırılan sıkıştırma derecesi, standart enerji uygulanarak sıkıştırılan taze beton yoğunluğunun, tam olarak sıkıştırılmış taze betonun yoğunluğuna oranı olarak tanımlanır [13,21].



Resim 2.6 Sıkıştırma faktörü düzeneği

Deney için yaklaşık 7 litre taze beton örneği yeterlidir.

Deney aparatı aralarında 20 cm'lik düşey mesafe bulunan hacimleri birbirlerinden farklı iki adet ters duran kesik koni şekilli, altı kapaklı kesik koni ile 150 mm çaplı, 285 mm boyunda altı kapalı silindirden oluşur. En üstte yer alan ters duran kesik koninin hacmi altındaki kesik koniden daha fazladır.

Deney, özellikle orta işlenebilirlikteki taze beton karışımları için oldukça uygundur. Burada ölçüleri verilen deney aparatı, maksimum agrega çapının 20 mm'ye kadar olduğu karışımlar için kullanılabilir.

Ters duran kesik konilerin kapakları kapatılır ve en alttaki silindir kabın boş ağırlığı tespit edilir ve ters duran kesik koni kaplar ve silindir kap düşey eksenleri çakışık olacak şekilde yerleştirilir. En üst hazneye taze beton hiçbir sıkıştırma enerjisi uygulanmadan bir şaşula veya mala yardımı ile tam olarak doldurulur. En üst haznenin kapağı açılarak taze betonun ortadaki kesik koni kaba serbest düşme ile dolması sağlanır. Daha sonra ortadaki kesik koni kabın kapağı da açılarak taze betonun en alttaki silindir kaba serbest düşme ile dolması sağlanır. Silindir kabın etrafına taşan betonlar temizlendikten sonra içi taze beton dolu silindir kabın ağırlığı bulunur [21]. Daha sonra silindir kap içerisindeki taze beton bir başka kaba boşaltılarak içi temizlenir ve boş silindir kabın ağırlığı (W_0) ve serbest düşme ile silindire dolmuş bulunan taze betonun ağırlığı (W_1) belirlenir. Daha sonra silindir kap aynı beton numunesi ile doldurularak tam sıkışması sağlanır.

Sıkıştırma işlemi vibrasyon uygulanarak yapılabileceği gibi, şişleme yolu ile de yapılabilir. Şişleme uygulanarak yapılan sıkıştırmada, taze beton silindire ince tabakalar halinde (tercihen 5'er cm) doldurulur ve her tabakaya 30 kez şişleme uygulanır. Vibrasyon ile sıkıştırmada ise vibrasyon işlemine beton yüzeyinden hava kabarcığı çıkmayana ve yüzey tamamen düz bir form alana dek devam edilir ve tamamen sıkışmış betonun ağırlığı (W_2) belirlenir [13,21].

Sıkıştırma faktörü değeri CF;

$$-CF = K = (W_1 - W_0) / (W_2 - W_0) \text{ olur. (BAĞINTI 2.1)}$$

Sıkıştırma faktörü değerinin, 0,75 ile 0,95 arasında olması işlenebilir bir beton için uygundur.

Sıkıştırma faktörü sonuçlarının görünür işlenebilirlik açısından değerlendirilmesi:

Tablo 2.1 Sıkıştırma faktörü – İşlenebilirlik ilişkisi

CF SONUCU	GÖRÜNÜR İŞLENEBİLİRLİK
<0,75*	Çok Düşük
0,75-0,85	Düşük
0,85-0,92	Orta
0,92-0,95	Yüksek
>0,95*	Çok Yüksek

* : CF testinin bu karışımlar için uygunluğu şüphelidir.

2.1.6. Birim Hacim Ağırlık Ölçülmesi



Resim 2.7 B.H.A. tespiti

Hacmi belli bir kaba konan betonun ağırlığından yola çıkarak bulunan B.H.A. değerinin beton tasarımında kullanılan değerlerle kıyaslanması esasına dayanır. Ayrıca aynı betondan alınacak farklı numuneler ile de karışımın homojenliği tespit edilebilir [21].

2.1.7. Beton Sıcaklığının Ölçülmesi (TS EN 206 – 1)

Taze betonun içine metal uçlu bir termometre en az 3 cm girecek şekilde saplanır. Sıcaklık sabit bir değere gelene kadar beklenir. Aynı şekilde 3 farklı noktadan sıcaklık tespiti yapıp ortalaması alınarak taze beton sıcaklığı belirlenmiş olur. İdeal taze beton teslim sıcaklığı 15°C olup, $+5^{\circ}\text{C}$ 'nin altında, $+32^{\circ}\text{C}$ 'nin üstünde kesinlikle olmamalıdır [21,25].

2.1.8. Hava İçeriğinin Ölçülmesi (TS EN 12350 – 7)



Resim 2.8 Aerometre

Aerometre yardımı ile betondaki sürüklenmiş hava içeriği ölçülerek beton dizaynının kontrolü yapılabileceği gibi betonun homojenliği de gözlemlenebilir. Ayrıca hava sürükleyici katkı malzemeleri kullanımında bu katkıların verimleri de rahatlıkla görülebilir [9,25].

2.2. Taze Betondan Numune Alma

Taze betonun kalitesi numune alınarak belirlenir. Bu numunelerin, şantiyede dökülen betonun birebir örneği olduğu, onun kalitesini temsil ettiği varsayılır; bu nedenle numune alımı ve korunması, kesinlikle ilgili standartlara uygun olmalıdır. Numunenin şantiyede dökülen betona göre kütlesi az, yüzeyi fazla olduğundan, şantiyedeki betona göre daha çok nem ve ısı kaybına uğrar. Şantiyede dökülen betonlara ortalama 7 gün bakım (kür) yapılırken, numune betonlara 28 gün boyunca bakım (kür) yapılmaktadır. Çünkü, şantiyedeki betonlar 7 günlük kürden sonra kütlece daha büyük olduğu için kurumaktan korunur. Ancak, betona şantiyede yeterli kür yapılmazsa, beton dayanım kaybına uğrar.

Numune alınırken, numunenin beton harmanının tamamını homojen bir şekilde temsil etmesine dikkat edilmelidir.

Numune, alındıktan hemen sonra taşınmamalı, üzeri ıslak bez ve naylonla örtülerek, 1 gün süreyle bekletilmelidir. 28 gün kür havuzunda tutulan numunelerle , dışarıda tutulan numuneler arasında dayanım açısından 3 kata varan farklar oluştuğu saptanmıştır [22].

Betondan Numune Alımıyla İlgili Standartlar

TS 500- Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları Standardı

TS EN 206- Beton (Sınıflandırma, Özellikler, Performans, Üretim ve Uygunluk Kriterleri) Standardı

TS EN 12350-1 “Taze Beton Deneyleri- Bölüm 1: Numune Alma”

TS EN 12390-1 “Sertleşmiş Beton Deneyleri- Bölüm 1: Numune Alma ve Numune Kalıplarının Şekil, Boyut ve Diğer Özellikleri”

TS EN 12390-2 “Sertleşmiş Beton Deneyleleri - Bölüm 2: Dayanım Deneylelerinde Kullanılacak Numunelerin Yapımı ve Kürü”

TS EN 12390-3 “Sertleşmiş Beton Deneyleleri - Bölüm 3: Deney Numunelerinde Basınç Dayanımının Tayini”

TS EN 12390-4 “ Sertleşmiş Beton Deneyleleri - Bölüm 4: Basınç Dayanımı Deney Makinelerinin Özellikleri”

Numune Alınırken Kullanılacak Aletler:

Betondan numune alınırken kullanılacak aletler, su emmeyen ve çimento hamurundan kısa sürede olumsuz etkilenmeyecek bir malzemedden yapılmış olmalıdır. Kullanımdan önce tüm aletler temizlenmelidir.

1.Numune Kalıpları:

TS EN - 206 Beton Standardında 15 x 15 cm küp ve 15 x 30 cm silindir olmak üzere, iki tür numune kalıbı tanımlanmıştır.

Numune kalıpları su sızdırmaz ve su emmez özellikte olmalı, kalıp birleşim yerleri, macun, yağ veya gres yağı ile su sızdırmayacak şekilde kapatılmalıdır.

Numune kalıpları standarda uygun boyutlarda olmalıdır. Standarda uygun olmayan numune kalıpları, beton dayanımında düşüöşlere neden olacağı için kullanılmamalıdır.

2. Numune Betonu Yerleşirme – Sıkıştırma Gereçleri:

a) Sıkıştırma Çubukları: Düz daire kesitli sıkıştırma çubuğu, çelikten yapılmış, yaklaşık çapı 16 mm, uzunluğu 600 mm ve ucu yuvarlatılmış olmalıdır. Nervürlü donatı demiri sıkıştırma çubuğu olarak kullanılmaz.

b) Titreşim Masası: En düşük frekansı 40 Hz olan titreşim masası kullanılabilir.

c) Daldırma Tip Vibratör: En düşük frekansı 120 Hz olan ve çapı deney numunesinin en küçük boyutunun dörtte birini geçmeyen sıkıştırma aletleri de kullanılabilir.

3. Kepçe:

Yaklaşık 100 mm genişlikte olmalıdır.

4. Mala Veya Perdah Malası:

2 adet bulundurulmalıdır.

5. Termometre:

$\pm 1^{\circ}\text{C}$ duyarlılığında olmalıdır.

6. Kürek:

Kare ağızlı olmalıdır.

7. Karıştırma Kabı:

Sert, düz bir tepsi olmalıdır.

8. Kalıp ayırıcı:

Çimento ile etkileşime girmeyecek nitelikte kalıp yağı kullanılmalıdır.

9. Tokmak**10. Numune kalıbı:**

150 mm x 150 mm boyutlarında küp veya 150 mm çapında, 300 mm yüksekliğinde silindir numune kalıpları kullanılabilir [9,11,12,13,21,22].

Numunenin Alınması:

Numune alınmasına ilişkin uyulması gereken kaideler aşağıdaki gibidir:

- Her numune, ayrı harman veya ayrı transmikserden alınmalıdır
- Numune, şantiye teslim yerinde, transmikser oluğundan boşaltılan betonun ilk % 15'inden sonra ve son % 15'inden önce alınmalıdır.
- Deneyler için gerekli olacağı tahmin edilen miktarın en az 1,5 katı miktarda taze beton numunesi alınmalıdır.
- Transmikser oluğundan alınacak numunenin akış halindeki betonun herhangi bir kısmını değil, tamamını temsil etmesi gerekir.
- Numune alma tarihi ve zamanı kaydedilmelidir. Gerektiğinde taze beton sıcaklığı ve ortam sıcaklığı da kaydedilmelidir.
- Numune alma ve numuneleri taşımanın her safhasında beton, kirlenmeye, bünyesine su alma, su kaybetme ve sıcaklık değişimlerine karşı korunmalıdır.





Resim 2.9 Taze Betondan numune alınması

Numunenin Hazırlanması:

Beton numuneleri, kalıplara yüksekliği 10 cm'yi geçmeyen, eşit tabakalar halinde doldurulur. 15 veya 20 cm'lik küpler iki, 15/30 cm'lik silindirler üç tabakada doldurulmalıdır.

Sıkıştırma çubuğunun darbeleri, kalıp en kesit alanına eşit şekilde dağıtılır. İlk dökülen tabakanın sıkıştırılmasında çubuğun kalıp tabanına sertçe çarpmamasına, diğer tabakaların sıkıştırılması sırasında da, bir önceki tabakaya fazla girmemesine dikkat edilmelidir.

Her tabaka, sıkıştırma çubuğu ile en az 25'er defa şişlenmelidir. Sıkıştırma sonrasında, kalıbın dış kenarlarına, sıkıştırma çubuğu darbelerinden geriye kalan boşluklar doluncaya kadar tokmak ile hafifçe vurulmalıdır.

Kalıbın üst yüzeyinden taşan fazla beton, çelik mala veya perdah malasına kesme hareketi yaptırılarak alınmalı ve beton yüzeyi dikkatlice düzeltilmelidir.

Numuneler, zarar verilmeden, görünür ve kalıcı şekilde etiketlenmelidir. Numune kayıtları (alındığı gün ve saat, beton dayanım sınıfı, şantiye kodu, üretici şirket ve tesisin adı, transmikser plakası, irsaliye numarası) titizlikle saklanmalıdır [11,12,13,21,22].

Numunelerin Şantiyede Saklanması ve Taşınması:

Numuneler, alındıkları yerden taşınmadan, kalıp içerisinde (16 saatten az, 3 günden fazla olmamak üzere) yeterli sertliğe ulaşmaya kadar, dış etkilerden, şoktan titreşimden ve kurumadan korunur. Numuneler, 20 ± 2 °C veya sıcak iklimlerde 25 ± 2 °C sıcaklıkta, rüzgardan ve nem kaybından korunacak bir ortamda (ıslak bez ve plastik örtü altında veya kapalı bir kasada) tutulur. Numunelerin, taşıma işlemi sırasında, aşırı sıcaklık değişimleri ve rutubet kaybından etkilenmesi önlenmelidir. Sertleşmiş deney numuneleri ıslak kum veya ıslak talaş içinde saklanabilir veya içerisinde su bulunan sızdırmaz plastik kalıp içerisine konulabilir [11,12,13,21,22].

Numunelerin Kürlenmesi:

Beton numuneleri, kalıptan çıkarıldıktan sonra, deney yapılmaya kadar, 20 ± 2 °C sıcaklıktaki su içerisinde (veya % 95 nemli ortamda) kür görmelidir [11,12,13,21,22].

2.3. Sertleşmiş Betonda Kalite Kontrolü:

Sertleşmiş betonda aranan en önemli özellik olan dayanım üzerinde etkili olan faktörleri şu şekilde sıralamak mümkündür;

İç faktörler:

- S / Ç oranı,
- Çimento özellikleri,
- Hidratasyon derecesi,

- Karışım suyu,
- Katkı maddeleri,
- Agrega dayanımı,
- Agrega şekli,
- Agrega kirliliği,
- Agrega dane boyutu.

Dış faktörler:

- Numunenin kür koşulları,
- Numunenin yüzey düzgünlüğü,
- Numunenin şekli,
- Numuneye uygulanacak deney yöntemi.

2.3.1. Laboratuvar Deneyleri:

Sertleşmiş betonda uygulanan en yaygın laboratuvar deneyi olan basınç testinin yanı sıra, istenen özelliğe bağlı olarak şu testler de sertleşmiş beton üzerinde uygulanmaktadır:

- Kimyasal analizler
- Birim hacim ağırlık
- Su emme
- Boşluk oranı
- Kılcallık
- Geçirimsizlik
- Boy değişimi
- Don deneyleri
- Rötre deneyleri
- Sünme deneyleri

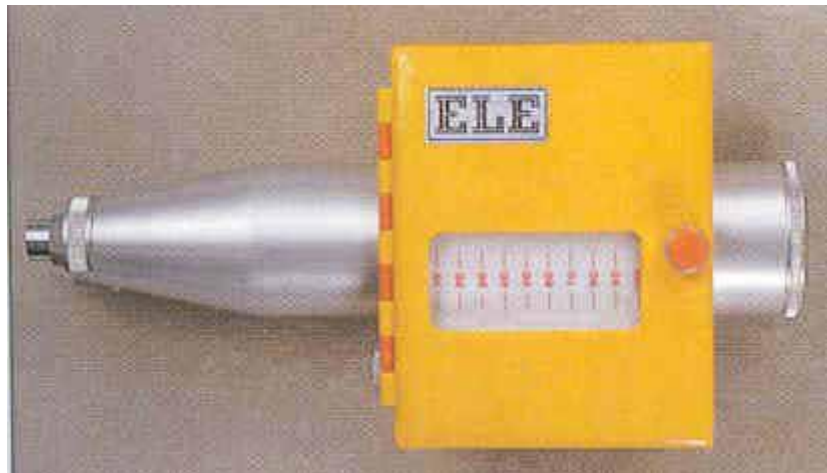
2.3.2. Tahribatsız Deneyler:

2.3.2.1. Beton Tabancası (Schmidt Çekici) (TS EN 12504 - 2 ve TS 3260)

Schmidt çekici betonun yüzey sertliğini belirlemede kullanılan bir yöntemdir. Okumaların yapıldığı noktaların ara mesafelerinin en az 3 cm olmasına dikkat edilmelidir [19].



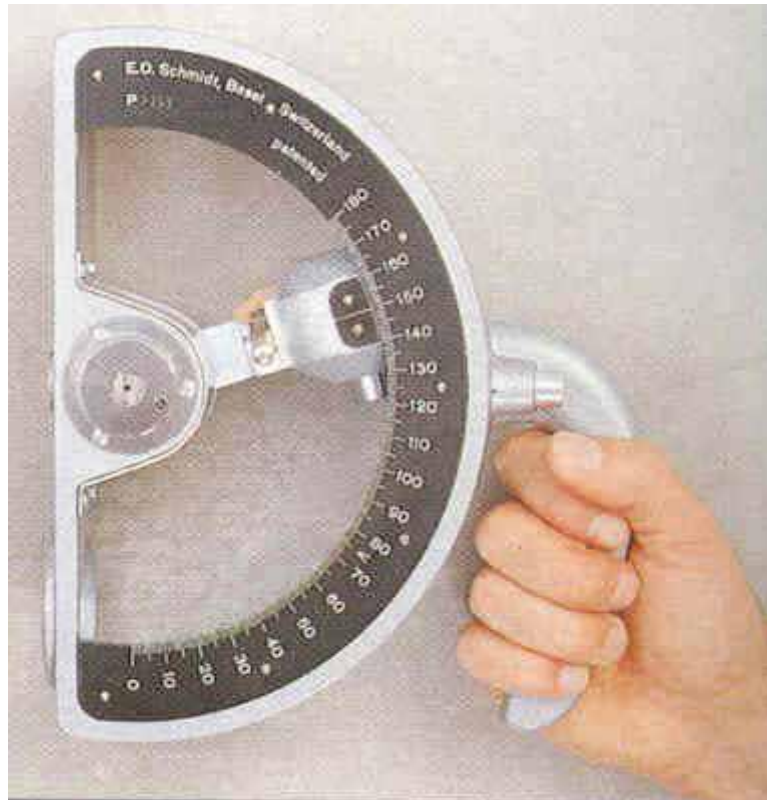
Resim 2.10 Narin elemanlar için beton çekici



Resim 2.11 Narin elemanlar için beton çekici



Resim 2.12 Kütle betonu için beton çekici



Resim 2.13 Düşük dayanımlı elemanlar için beton çekici

1948'de Ernst Schmidt, beton sertliğini geri tepme metodu ile ölçen bir test çekici geliştirdi. Schmidt geri tepme çekici, temel olarak geri tepme numarası ve beton mukavemeti arasında çok az bir teorik ilişki olmasına dayanan bir yüzey sertlik deney cihazıdır. Bununla birlikte limitler dahilinde geri tepme değeri ve mukavemet özellikleri arasında ampirik korelasyonlar yapılmıştır [1,4,5,15,20].

Schmidt geri tepme çekici, yaklaşık olarak 1.8 kg gelmekte ve hem laboratuvar hem de arazide kullanılmaya uygundur. Cihazın temel bileşenleri; dış kısım, çekiç kütlesi, ana yay ve pistondan oluşmaktadır. Diğer parçalar, çekiç kütlesini pistonla kilitleyen bir kilit mekanizması ve çekiç kütlesinin geri tepmesini ölçen bir mekanizmadan oluşmaktadır. Geri tepme uzaklığı, 10'dan 100'e kadar olan bir ölçek üzerinden belirlenir [6,7,15].

Deney; yatay, dikey, yukarıya doğru, aşağıya doğru veya herhangi bir açıda yapılabilir. Geri tepmedeki değişik yerçekimi etkilerinden dolayı, değişik açılardaki geri tepme değeri değişiklik gösterecektir. Bu durumu düzeltmek için kalibrasyon veya düzeltme abakları kullanılmalıdır.

Gerçek tepme çekici hızlı ve ucuz bir yöntem olmakla birlikte farkına varılması gereken ciddi sınırlamalar içermektedir. Schmidt geri tepme çekici sonuçları, aşağıda sıralanan faktörlerden etkilenmektedir.

- Deney yüzeyinin pürüzlülüğü,
- Numunelerin büyüklüğü, şekli ve rijitliği,
- Deney numunelerinin yaşı,
- Betonun yüzey ve iç nem durumu,
- Kaba agreganın özellikleri,
- Çimento tipi (portland, süper sülfatlı, yüksek alümina),
- Kalıp tipi,
- Beton yüzeyindeki karbonatlaşma gibi.

Birçok araştırmacıya göre, betonun tek eksenli dayanımı ve çekiç geri tepme numarası arasında genel bir korelasyon vardır. Bununla birlikte çeşitli çalışmacılar,

geri tepme okuması kullanılarak yapılan mukavemet belirlenmesinin hassasiyetine inanmamaktadır. Çeşitli numunelerden tahmin edilen tek eksenli mukavemet farklılığı yaklaşık olarak %18.8'dir. Fakat bazı numunelerde bu oran % 30'u geçmiştir. Mukavemetteki ciddi sapmalar, daha önce bahsedilen değişkenler göz önüne alınarak yapılan uygun bir korelasyon eğrisi geliştirilerek azaltılabilir. Deney numunelerindeki tek eksenli mukavemet tahminleri (laboratuar koşullarında dökülmüş, kür edilmiş ve test edilmiş), \pm % 15 ve \pm % 20 hassasiyetindedir. Bununla birlikte bir yapıdaki betonun mukavemet tahmini \pm %25 civarındadır [6,15]. Schmidt çekicinin sınırları, çekiç kullanırken dikkate alınmalı ve farkına varılmalıdır. Çekicinin, standart tek eksenli deneyler yerine kullanılması mümkün değildir. Fakat çekiç, yapılarda betonun kalitesini, homojenliğini belirlemede ve betonların birbirleriyle kıyaslanmasında kullanılabilir. Geri tepme metodu, birçok ülkede ASTM ve ISO standartlarında ciddi anlamda yeterlilik kazanmıştır. Standart prosedür, ASTM C 805'te tanımlanmıştır [5,8,15,16].

2.3.2.2. Ultrasonik Hız Metodu (ASTM C 597)

Ultrasonik hız metodu, beton içerisinden geçen ultrasonik dalganın, geçme hızını ölçmekten ibarettir. Hızın hareket zamanı, elektronik olarak ölçülür. Algılayıcılar arasındaki uzaklık hareket zamanına bölüldüğünde dalga ilerlemesinin ortalama hızı elde edilir [3,6,8,14,15,17].

Ölçülen bu hız, betonun birçok özelliğinin belirlenmesinde kullanılır. Bu teknik, yerinde ve laboratuar numunelerinde rahatlıkla kullanılabilir. Elde edilen sonuçlar betonun şeklinden ve büyüklüğünden etkilenmemektedir. Ancak yine de çok küçük numuneler deneye tabi tutulurken dikkatli olunmalıdır. Bu anlatılanlar, ultrasonik hız tekniğinin, birçok konuda rezonant frekansı deneyinden daha kullanışlı olduğunu göstermektedir [8,15,17,18].

Ultrasonik hız tekniği, betonun mukavemetinin, homojenliğinin, elastisite modülünün, döküm özelliklerinin ve çatlakların varlığının belirlenmesinde kullanılabilir. Eğer çatlaklar, tamamıyla su ile dolu ise çatlakların yerinin belirlenmesi oldukça zorlaşmaktadır [8,15].

Genel olarak çok yüksek hızların (> 4570 m/s) çok kaliteli betonun göstergesi ve çok düşük hızların da (< 3050 m/s) kalitesiz betonun göstergesi olduğu bilinmektedir. Hızdaki periyodik ve sistematik değişimler, betonun kalitesinde de aynı şekilde değişimler olduğunu göstermektedir. Bütün bunlara rağmen araştırmacı, hız ölçümünden dayanımı veya diğer özellikleri belirlemeden önce çalıştığı beton hakkında yeterli bilgiye sahip olmalıdır. Bu durum özellikle kullanılan agrega, düşük ağırlıkta agrega ise geçerlidir [7,8 ,15].

Ultrasonik hız ve mukavemet arasındaki ilişkiler, birçok değişkenden etkilenir. Betonun yaşı, su muhtevası, agrega/çimento oranı, agrega tipi ve donatı yeri, bu değişkenlerden sayılabilir. Bu sebepten dolayı ultrasonik hız metodu, sadece betonun kalite kontrolünde kullanılmalıdır. Genel olarak hız datasının mukavemet parametreleriyle korelasyonu başarılı olmamaktadır [8,15]. Standart prosedür, ASTM C 597'de verilmektedir [3].



Resim 2.14 Ultrasonik hız metodu

2.3.2.3. Birleşik Metotlar:

Tahribatsız deneylerle beton mukavemetini daha iyi bir yaklaşımla belirlemek için, iki veya daha fazla tahribatsız yöntem bir arada kullanılabilir. Bu yöntemlerin hemen hepsinde ultrases geçiş hızı uygulama kolaylığı nedeniyle yer almaktadır [23].

Avrupa’da özellikle Romanya’da, bir taneden fazla yerinde tahribatsız deney teknikleri, tahmin hassasiyetini arttırmakta bir miktar yaygınlık kazanmıştır. Bazı araştırmacılar, geri tepme çekici ve ultrases hızı tekniklerini, bazıları ise diğer birleşik metotların kullanılmasını önermişlerdir. Bu metot yaklaşımını önerenler, iki metot kullanılmasının her bir metottaki sınırlamaların üstesinden gelebileceğini iddia etmektedirler. Bazı yayınlanmış eserler, bu iddiayı doğrulamaktadır. Fakat bu iddiayı doğrulamayan verilerde bulunmaktadır [8,15].

2.3.3. Tahribatlı Deneyler

2.3.3.1. Taze Betondan Alınan Numuneye Basınç Deneyi

“2.2. Taze Betondan Numune Alma” başlığı altındaki yöntemlere göre alınan, saklanan, taşınan ve kürlenmiş beton numunelerine 7 ve 28 günlük basınç dayanım deneyleri uygulanarak sertleşmiş beton için kalite kontrolü sağlanmış olur.

Tablo 2.2 Beton sınıfları

Basınç Dayanımı Sınıfı	Silindir dayanımı	Küp dayanımı
	fck, silindir N/mm ²	fck, küp N/mm ²
C 8/10	8	10
C12/15	12	15
C16/20	16	20
C20/25	20	25
C25/30	25	30
C30/37	30	37
C35/45	35	45
C40/50	40	50
C45/55	45	55
C50/60	50	60
C55/67	55	67
C60/75	60	75
C70/85	70	85
C80/95	80	95
C90/105	90	105
C100/115	100	115

2.3.3.2. Karot Alma Yöntemiyle Basınç Deneyi Uygulanması

Bu yöntem, sorumlu mühendisçe, yapıdan, taşıyıcı elemanların güvenliğini etkilemeyecek konum ve büyüklükte, sorunlu yerlerden alınan karot adı verilen silindirik beton numunelere başlık yapılarak üzerinde gerçekleştirilen basınç deney ve sonuçlarının değerlendirilmesi esasına dayalı bir yöntemdir. Diğer yöntemlere göre maliyet, deney hızı ve hasar açısından sakıncalarına rağmen betonun yerinde dayanımını en yüksek güvenlikle verdiği yapılan deney sonuçlarıyla sabitlenmiştir.

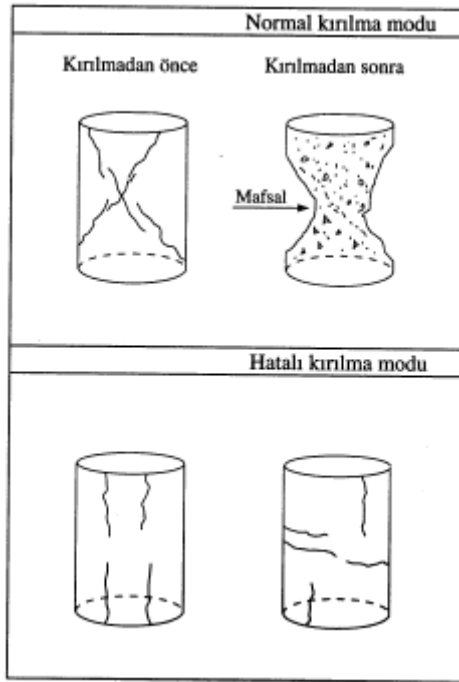
Eğer bir taşıyıcı elemanın taşıma gücünün yerinde beton dayanımı ve kesit geometrik boyutları ile tahkiki isteniyorsa taşıyıcı elemanın gerilme yönünden en kritik bölgesinden karot alınmalıdır. Bazı durumlarda alınan karotların boyutları yapının stabilitesi açısından uygun olmayabilir, örneğin döşeme kalınlığının yetersiz olduğu ve çok narin kolonda büyük boyutlu numunelerin alınması durumunda olumsuz etkilerin oluşmaması için daha küçük çaplı karotlar alınmalı ve küçük çap kullanımından kaynaklanacak değişkenlik katsayısına bağlı olarak oluşabilecek hata oranının düşürülmesi için de çok sayıda karot numune sorumlu mühendisçe belirlenecek bir güven aralığına bağlı olarak alınmalıdır.

Karot alınmasında dikkat edilecek bir diğer hususta; özellikle eğilme gerilmesine maruz kalan taşıyıcı sistemlerde, mevcut kılcal ve numune alınırken örselenmelerin etkisiyle ortaya çıkan çatlakların sonuçları olumsuz etkilemesinden dolayı, çekme bölgesinden elverdiği ölçüde örnek alınmamalıdır. Numunelerin alınma zorluklarının ve alındıkları yerlerde oluşan boşlukların tekrar doldurulmasının getirdiği maliyetleri yani karot alma + deney masrafı + değerlendirme masrafı da göz önünde bulundurarak hesaplarda kullanılacak dayanım değerinin etkin bir şekilde bulunabilmesi için yapının toplam beton hacmine bağlı olarak değişik bölgelerinden uygun sayıda karot numune alınmalıdır.

Dayanıma etkidiği bilinen karot boyutları ise; pratikte kullanılan en büyük karot çapı 200 mm, en küçük çap ise 50mm, kullanılan yaygın karot çapları ise 100mm ve 75mm dir. Karotun uzunluğu yerinden çıkarılırken yaklaşık 50-40mm uzun olmalıdır ve deney öncesinde homojenliği sağlamak için baş kısımlarından bu fazlalıklar

alınmalıdır. Basınç deneylerinin uygulamasında dikkat edilecek en önemli husus, karotun kırılma modunun doğru yapılmasıdır. Hatalı kırılma modu ile sonuçlanan deneyler değerlendirmeye alınmamalıdır. Hatalı kırılma modunun oluşmasının nedenleri: karot alımında hatalı örnek, karot boyutlarının hatalı olması ve karotun yükleme başlığı altında yanlış yerleştirilmesi, başlık malzemesinin yanlış seçimi ve elastik modülünün betondan çok farklı olması, karotun çok nemli ve boşluklu olması, su içinde çok uzun süre unutulmuş olması, basınç deney aletinin kalibrasyonunda bir bozukluk olması gibi faktörlere bağlıdır.

Normal kırılma modunda; karotun yan yüzeylerinde diyagonal kırılma çizgileri oluşur, karotun yaklaşık orta noktasında “mafsal” gözlenir. Hatalı kırılma modunda ise; karotun başlık kısımlarında paralel çizgiler oluşur, karotta yatay çekme çatlakları gözlenebilir, yarıлма ve kırılma çizgileri karotun bir köşesinde toplanmıştır.



Şekil 2.1 Karotların kırılma şekilleri

Bir başka konu olan numune adedinin tespiti hususunda TS10465, her 50 m³'lük beton imalatı için en az 3 adet karot numunesi alınmasını tavsiye etmektedir. Yine bir binanın 50 m³'ten az beton içeren her katı için de en az 3 numune alınması gerekliliği standartlarda yer alırken, bu sayının C 20/25 sınıfından daha yüksek

dayanımlı betonlar için iki katına çıkarılmasını önermektedir. Ancak karot numune sayısının ne kadar fazla olursa sonuçların da o kadar gerçekçi olacağı da unutulmamalıdır [10,19,21,24,25].



Resim 2.15 Karot alma makinası



Resim 2.16 Pres altındaki karot

Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi

TS10465'e göre:

Bu standarda göre karotlara ait bulunan basınç mukavemeti sonuçları basınç deneyi sonucu bulunan yükün kesit alanına bölünmesiyle bulunur ve denenen betonun sadece içinde bulunmuş olduğu deney yaşı için geçerlidir. Diğer bir yaşa dönüşüm genellikle mümkün değildir. 100 mm ve 150 mm çapında veya kenar uzunluğundaki deney numunelerine ait basınç mukavemeti değerleri kenar uzunluğu 200 mm olan standart küp basınç mukavemeti değerlerine eşit kabul edilebilir. Karot yüksekliğinin çapına eşit olması durumunda;

Karot çapı (d) = 100 mm veya 150 mm ise $fküp200 = fsil100$ veya $fsil150$ ' dir.

Karot çapı (d) = 50 mm olan bir numune için $0,9 fsil50 = fküp200$ eşitliği geçerlidir.

Burada;

$fküp200$ = kenar uzunluğu 200 mm' lik küp basınç mukavemeti,

$fsil100$ = çapı 100 mm olan silindir basınç mukavemeti,

$fsil150$ = çapı 150 mm olan silindir basınç mukavemeti' dir [24,25].

Diğer standartlar'a göre:

Dünya genelinde kullanılan birtakım standartlara göre elde edilen sonuçlar yardımıyla beton sınıfının belirlenebilmesi için bir takım düzenlemeler yapılmalıdır. Yönetmeliklerde beton sınıfı, ideal koşullarda üretilen, saklanan ve denenilen standart numune dayanımları cinsinden tanımlandığından karot dayanımlarını (f_c) standart numune dayanımına (f'_c) 'ye alınan karotların uygunluğu, ebatları, doygunluk ve donatı parçası gibi beton dayanımına etkiyen parametrelerin de etkileri düşünülerek yeniden düzenlenmesi gerekir [19,21,24,25].

Karot Narinliği:

Karot yüksekliği / karot çapı = h/d büyüklüğü basınç dayanımını önemli ölçüde etkilemektedir. Bu değer bir düzeltme faktörü ile yeniden gözden geçirilmelidir, bununla ilgili kullanılan yöntemler birbirlerine çok yakındır [19,21,24,25].

Tablo 2.3 Narinlik düzeltme faktörleri

Narinlik düzeltme faktörleri	Ortalama Değer
FEMA 274 (Barlett ve McGregor)'a göre	
Doygun halde	$1-[0,117-4,3*(10^{-4})*f_c]*(2-(h/d))^2$
Kuru halde	$1-[0,144-4,3*(10^{-4})*f_c]*(2-(h/d))^2$
İlk nem şartlarıyla	$1-[0,1305-4,3*(10^{-4})*f_c]*(2-(h/d))^2$
Concrete Society Bağıntısı	$2/(1,5+1/(h/d))$

Karot Çapı:

Karot çapı (d) küçüldükçe “yüzey alanı / karot hacmi” oranı artmakta ve buna bağımlı olarak basınç dayanım değerleri değişmektedir. Karot çapı kullanılan maksimum agrega çapının 3 katı seçilmelidir. Uygulamada karot çapının 100mm seçilmesi önerilir. Karot çapının dayanıma olan etkilerinden dolayı minimum 50mm seçilmelidir [19,21,24,25].

Tablo 2.4 Karot çapının düzeltme faktörleri

Karot çapının düzeltme faktörleri	Ortalama değer
FEMA 274 (Barlett ve McGregor) 'a göre	
50mm	1,06
100mm	1,00
150mm	0,98

Karotun Düşey Veya Yatay Alınması İle İlgili Düzeltme Faktörü:

Beton döküm bakımından, malzemenin heterojenliği basınç dayanımını etkiler. Bu konuya yönelik yapılan deney sonuçlarının ışığında yatay alınmış karotlar düşey alınmış karotlara kıyasla (narinlik ve yaştan bağımsız) dayanımları daha zayıftırlar.

$$F_y = f_d / f_y = 1,08 \text{ (BAĞINTI 2.2)}$$

f_d ve f_y sırasıyla düşey ve yatay alınmış karotlara ait basınç dayanımlarını göstermektedir [19,21,24,25].

Örselenme İle İlgili Düzeltme Faktörü:

Karotların alınması esnasında kesilen agreganın karottan ayrılma olasılığı çok yüksektir ve bu nedenle karotların basınç dayanımları aynı narinlik ve çaptaki döküm silindir numunelerin dayanımlarından daha düşüktür. FEMA 274 (Bartlett ve MacGregor)'e göre düzeltme faktörü $F_d = 1,06$ değeri kabul edilmektedir [19,21,24,25].

Boşluk Oranı İle İlgili Düzeltme Faktörü:

Karotlarda bulunan fazla boşluk miktarı, yerinde sıkıştırılarak dökülmüş beton numunelere göre sahip oldukları fazla boşluk miktarını gösterir. Bu miktarın dayanıma olan etkilerinden dolayı belirlenip düzeltmelerde göz önünde bulundurulması gerekir [19,21,24,25].

Concrete Society ,1987 'ye göre :

$$V_h = [(Y_b - Y_k) / (Y_b - 500)] * 100, \% \text{ (BAĞINTI 2.3)}$$

Y_b : İyi dökülmüş ve sıkıştırılmış betonun

yoğunluğu – kg/m^3 – 28 günlük

Y_k : Karot Yoğunluğu

Normal şantiye şartlarında bu değer % 0,5-2,5 arasında beklenir.

Düzeltilme Değeri:

$$F_h = 0,1022V_h + 0,98 \text{ olur. (BAĞINTI 2.4)}$$

Donatı Etkisi:

Karotun içinde yer alan donatı miktarının basınç dayanımı üzerindeki etki bir düzeltme yoluyla dikkate alınmalıdır. Genelde bu etkiden dolayı beklenen azalma %10'dan azdır. FEMA 274 (Bartlett ve MacGregor)'e göre içerisinde bulunan tek donatı ve çift donatı adedi için düzeltme faktörü $F_r = 1,08$ ve $1,13$ değeri kabul edilmektedir [19,21,24,25].

Concrete Society,1988 'ye göre:

$$F_r = F_k / F_{kd} = 1 + 1,5 * [(\sum D_d * h) / D] \text{ olur. (BAĞINTI 2.5)}$$

- F_r :Donatı düzeltmesi

- F_k :Donatısız karot basınç dayanımı

- F_{kd} :Donatılı karotun basınç dayanımı

- D_d :Donatı çapı

- h :Donatının karot üst tabanından uzaklığı

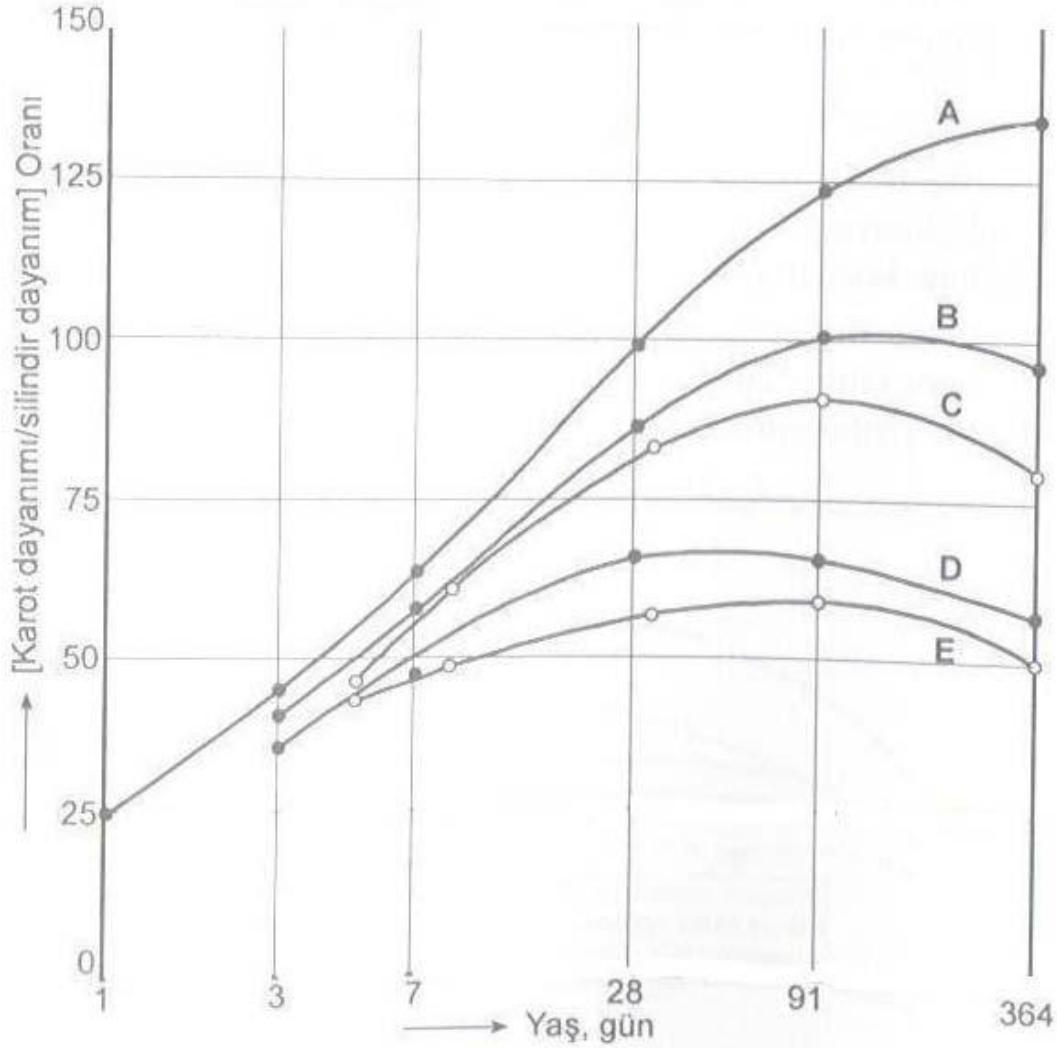
- D :Karot çapı

l :Karot yüksekliği

Kür Süresi Ve Koşulları (Sıcaklık – Nem):

Şantiye koşullarında üretilen betonların yerinde dayanımları laboratuvar koşullarında üretilen betonların %77'si kadardır. Eleman bazında bu oran, bağıl nem içerisinde, kolonlarda %65, döşemelerde %50,kirişlerde %75 alınmaktadır. Kür süresi ve koşullarına bağlı olarak üretilen silindirik karot numuneler üzerinde yapılan basınç

dayanım testlerine dayanarak su içerisinde kür edilen numunelerde sürekli bir artış gözlenmektedir, yapı içinde kuru durumda bulunan betondan alınan karot kesinlikle kuru olarak deneye tabi tutulmalıdır [19,21,24,25].



Şekil 2.2 Koşullara bağlı karot ve silindir numune dayanım değişimi oranları (%)

Üstteki şekilde;

A:Standart silindir ,

B: İyi kür edilmiş döşeme, kurur karot test edilmiş,

C: İyi kür edilmiş döşeme, karot ıslak test edilmiş,

D: Kötü kür edilmiş döşeme, karot kuru test edilmiş,

E: Kötü kür edilmiş döşeme, karot ıslak test edilmiş. (Normal portland çimento,28 günlük standart silindir dayanım: 38 N/mm²)

Beton üzerinde yapılan kalite kontrollerinde olası hataları önlemek için 28 günlük standart kür koşullarında ki beton dayanımına çevrilmesi gerekmektedir.

ACI Committee 209 (MacGregor,1997)'ye göre

bu düzeltme :

$F_t = F(28) * [t / (A + Bt)]$ olur. (BAĞINTI 2.6)

- F_t : t süresindeki beton basınç dayanımı

- $F(28)$: 28 günlük standart dayanım - 22,8°C sıcaklık ve nemli kür koşullarında - 150x300 mm silindir

-t: Kür süresi (gün)

-A, B: Ampirik formüller, Çimento türüne göre değerler alırlar. Normal portland çimento için A=4 , B=0.85. Çimento III için A=2.3 ,B=0.92

Karot Numunelerinin Nemliliği:

Nemliliğin basınç dayanımına olan etkisi önemli bir faktördür. Yapılan deneylerde, suya doymuş karotların dayanım değerleri kuru ortamda kür edilmiş karotlara oranla %10-15 daha düşüktür [19,21,24,25].

Tablo 2.5 Kür Farklılıklarına-nemlilik durumuna göre karot basınç dayanım değişimleri

F_n	$f_{c,kuru} / f_{c,ıslak}$	$f_{c,yerinde} / f_{c,ıslak}$	Kür Koşulları
Bartlett,MacGregor (1994) 100 mm Karot	1.144	1.09	Kuru : % 40-60 rutubet ortamında 7 gün kür Islak : En az 40 saat kireçli suda kür Yerinde : Kesildiği anki şartlarda tutma (Plastik torba içinde)
Yip, Tam (1998) 100 mm karot 50 mm karot	1.04 1.11 (düşey) 1.22 (yatay)	-	Kuru : 2 veya 3 haftalık döküm betondan alınan karot 28 güne kadar açık havada bekletilip 28. günde test edilmiştir. Islak : 2 veya 3 haftalık döküm betondan alınan karot 26 güne kadar suda bekletilmiş 28. güne kadar açık havada kurumaya bırakılmış, 28. günde test edilmiştir.

Nemlilik ile dikkat edilecek kısım karotun alındığı nem durumuyla deneye tabi tutulmasıdır, yani karot orijinalinde “kuru” olarak alınmış ise, “kuru” olarak test edilmeli, “nemli” durumda alınmış ise alınan karot bir süre suda bekletilip, en azından aynı deneysel koşullarda test edilmelidir.

BÖLÜM 3. DENEYSEL ÇALIŞMA

3.1. Deneyin Amacı Ve Kapsamı

Yapılan deneylerde, diğer tüm içerik özellikleri aynı olan bir betonun yalnızca maksimum agrega dane çapının değiştirilmesi ile karot dayanımının ne yönde değişeceğini gözlemlemek amaçlanmıştır. Deneyde, yalnızca kum ile üretilen harç 1.grup, kum ve 1 numara kırmataş kullanılarak üretilen beton 2.grup, kum, 1 numara kırmataş ve 2 numara kırmataş kullanılarak üretilen beton 3.grup, kum, 1 numara kırmataş, 2 numara kırmataş ve 3 numara kırmataş kullanılarak üretilen beton ise 4.grup deney çalışmaları kapsamında incelenmiştir. Toplam 4 grup halinde ve her grupta 4'er adet numune olacak şekilde üretilen betonlar, 200 x 200 x 500 mm. boyutlarındaki kalıplara doldurulmuştur. Üretilen betonlardan 28 gün sonra, her numuneden ayrı ayrı olacak şekilde 60, 80, 100 ve 150 mm. çaplarında karot numuneleri alınmıştır. Bu numuneler $h/d = 1$ olacak şekilde kesilmiş ve başlıklararak basınç dayanımı testine tabi tutulmuşlardır.

3.2. Deneyde Kullanılan Malzemeler

Deneyler kapsamında betonun içeriğini oluşturmak üzere Tablo 3.1'de görünen özelliklerdeki çimento, Tablo 3.2'de görünen özelliklerdeki kum, 1 numara kırmataş, 2 numara kırmataş ve 3 numara kırmataş ve su ile birlikte numunelerin hazırlandığı 200 x 200 x 500 mm boyutlarındaki kalıplar, yerleştirme için çelik çubuk ve 60, 80, 100 ve 150 mm çaplarındaki karot uçlarıyla karot makinası kullanılmıştır.

Tablo 3.1 Çimentoya ait özellikler

ÇİMENTO (CEM IV/B (P) 32,5 R PUZOLANİK ÇİMENTO)	
FİZİKSEL ÖZELLİKLER	
PRİZ BAŞLANGICI	190 dakika
PRİZ SONU	240 dakika
HACİM GENLEŞMESİ	1 cm
ÖZGÜL YÜZEY (BLAİNE)	5357 cm ² /gr
LİTRE AĞIRLIĞI	847 gr/lt
2 GÜNLÜK DAYANIM	14.5 Mpa
28 GÜNLÜK DAYANIM	35.7 Mpa
KİMYASAL ÖZELLİKLER	
SO ₃	2.74%
CL-	>0.01%
PUZOLANLIK TESTİ	Olumlu

Tablo3.2 Agregalara ait özellikler

ELEK NO	31,5	16	8	4	2	1	0.5	0.25	ÖZGÜL AĞIRLIK gr/cm³
KUM	100	100	100	97	58	39	25	4	2.49
1 NO	100	100	60	7	1	0	0	0	2.72
2 NO	100	100	1	0	0	0	0	0	2.76
3 NO	100	83	0	0	0	0	0	0	2.77

3.3. Deneyler

3.3.1. 1.Grup Deneyler

1.grup deneylerde beton içeriği olarak, Tablo 3.3'deki miktarlarda su, çimento ve kum kullanılmıştır. Bu grupta hazırlanan karışım, 200 x 200 x 500 mm boyutlarındaki 4 adet kalıba konmuş ve 28 günlük kürün ardından 60, 80, 100 ve 150 mm çaplarındaki karotlar her numuneden 4 farklı çap olacak şekilde alınmıştır.

1:1 olarak kesilen karotlara basınç testi uygulanmış olup Tablo 3.4’de toplu olarak görülebilen test sonuçlarından ortalama 9,56 MPa dayanım elde edilmiştir.

Tablo 3.3 1. grup deneylere ait malzeme miktarları

1.GRUP DENEY MALZEME MİKTARLARI (KG/M3)	
KUM	1666.25
ÇİMENTO	350.00
SU	250.13

1.GRUP DENEY MALZEME MİKTARLARI (KG) (80 lt için)	
KUM	133.30
ÇİMENTO	28.00
SU	20.01

Tablo 3.4 1. grup deneylere ait dayanım değerleri

1.GRUP DENEYLER				
KAROT ÇAPI (mm)	KESİT ALANI (mm²)	KESİT ALANI (100’LUK KAROT 1.00 BİRİM ALINARAK)	DAYANIM (MPa)	
58	2642.08	0.34	11.30	12.00
			11.41	
			12.57	
			12.72	
83	5410.61	0.69	7.73	8.42
			8.35	
			8.45	
			9.15	
100	7853.98	1.00	10.18	10.94
			10.71	
			10.94	
			11.95	
150	17671.46	2.25	6.67	6.87
			6.81	
			6.85	
			7.13	
ORTALAMA DAYANIM (MPa)			9.56	

3.3.2. 2.Grup Deneyleer

2. grup deneyleerde beton içeriği olarak, Tablo 3.5'deki miktarlarda su, imento, kum ve 1 numara kirmataş kullanılmıştır. 1. grupta olduğu gibi karışım, 200 x 200 x 500 mm boyutlarındaki 4 adet kalıba konmuş ve 28 günlük krn ardından 60, 80, 100 ve 150 mm çaplarındaki karotlar, her numuneden 4 farklı çap olacak şekilde alınmıştır. 1:1 olarak kesilen karotlara basınç testi uygulanmış olup Tablo 3.6'da toplu olarak görülebilen test sonularındn ortalama 12,75 MPa dayanım elde edilmiştir.

Tablo 3.5 2. grup deneyleere ait malzeme miktarları

2.GRUP DENEY MALZEME MİKTARLARI (KG/M3)	
1 NUMARA KIRMATAş	916.63
KUM	833.38
ÇİMENTO	350.00
SU	250.13

2. GRUP DENEY MALZEME MİKTARLARI (KG) (80 lt için)	
1 NUMARA KIRMATAş	73.33
KUM	66.67
ÇİMENTO	28.00
SU	20.01

Tablo 3.6 2. grup deneylere ait dayanım değerleri

2.GRUP DENEYLER				
KAROT ÇAPI (mm)	KESİT ALANI (mm²)	KESİT ALANI (100'LUK KAROT 1.00 BİRİM ALINARAK)	DAYANIM (MPa)	
58	2642.08	0.34	14.74	14.20
			12.96	
			14.91	
			14.17	
83	5410.61	0.69	14.51	14.84
			13.59	
			15.26	
			16.01	
100	7853.98	1.00	11.94	13.06
			13.85	
			13.02	
			13.45	
150	17671.46	2.25	8.92	8.90
			8.43	
			8.96	
			9.29	
ORTALAMA DAYANIM (MPa)			12.75	

3.3.3. 3.Grup Deneyler

3. grup deneylerde beton içeriği olarak, Tablo 3.7' deki miktarlarda su, çimento, kum, 1 numara kırmataş ve 2 numara kırmataş kullanılmıştır. Diğer deney gruplarında uygulanan standart prosedürün aynısı uygulanarak, 1:1 olarak kesilen karotlara basınç testi uygulanmış olup Tablo 3.8'de toplu olarak görülebilen test sonuçlarından ortalama 15 MPa dayanım elde edilmiştir.

Tablo 3.7 3. grup deneylere ait malzeme miktarları

3.GRUP DENEY MALZEME MİKTARLARI (KG/M3)	
1 NUMARA KIRMATAŞ	462.50
2 NUMARA KIRMATAŞ	566.62
KUM	837.50
ÇİMENTO	350.00
SU	250.13

3.GRUP DENEY MALZEME MİKTARLARI (KG) (80 lt için)	
1 NUMARA KIRMATAŞ	37.00
2 NUMARA KIRMATAŞ	45.33
KUM	67.00
ÇİMENTO	28.00
SU	20.01

Tablo 3.8 3. grup deneylere ait dayanım değerleri

3.GRUP DENEYLER				
KAROT ÇAPI (mm)	KESİT ALANI (mm²)	KESİT ALANI (100'LUK KAROT 1.00 BİRİM ALINARAK)	DAYANIM (MPa)	
58	2642.08	0.34	17.61	17.75
			17.88	
			18.01	
			17.50	
83	5410.61	0.69	17.20	16.92
			16.35	
			18.16	
			15.99	
100	7853.98	1.00	14.40	15.11
			15.40	
			14.67	
			15.95	
150	17671.46	2.25	9.81	10.21
			10.24	
			10.71	
			10.08	
ORTALAMA DAYANIM (MPa)			15.00	

3.3.4. 4.Grup Deneyleer

4. grup deneyleerde beton içeriği olarak Tablo 3.9'daki miktarlarda su, imento, kum, 1 numara kirmataş, 2 numara kirmataş ve 3 numara kirmataş kullanılmıştır. 1, 2 ve 3. grup deneyleerde uygulanan işlemler bu grupta da uygulanmış olup Tablo 3.10'da toplu olarak görülebilen test sonuçlarından ortalama 18,56 MPa dayanım elde edilmiştir.

Tablo 3.9 4. grup deneyleere ait malzeme miktarları

4.GRUP DENEY MALZEME MİKTARLARI (KG/M3)	
1 NUMARA KIRMATAŞ	262.50
2 NUMARA KIRMATAŞ	287.50
3 NUMARA KIRMATAŞ	362.50
KUM	837.50
ÇİMENTO	350.00
SU	250.13

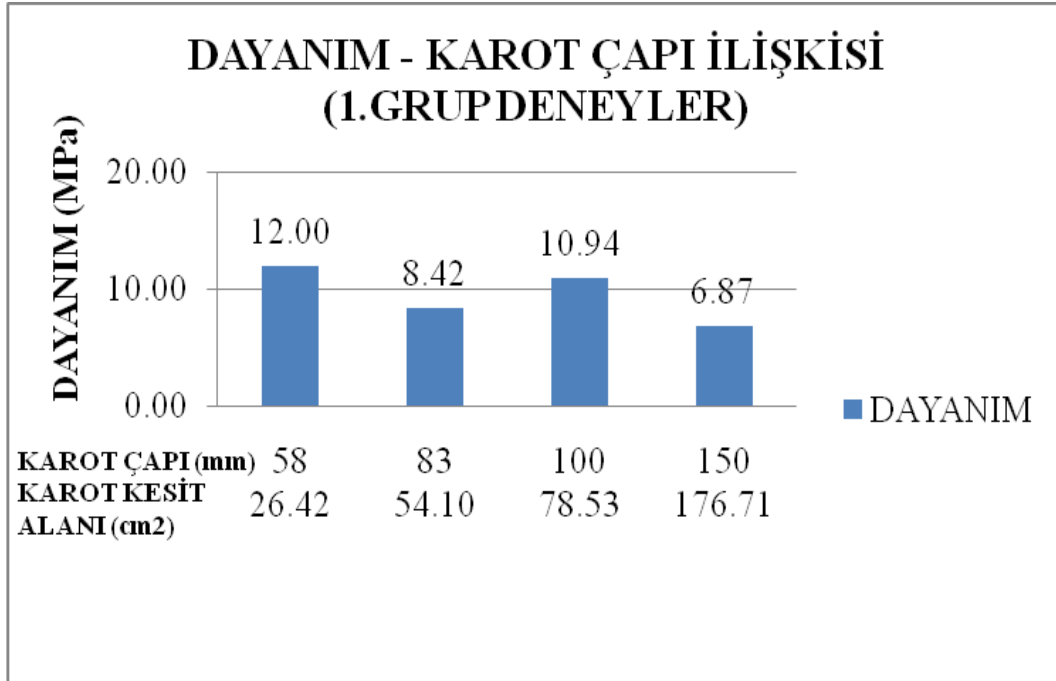
4.GRUP DENEY MALZEME MİKTARLARI (KG) (80 lt için)	
1 NUMARA KIRMATAŞ	21.00
2 NUMARA KIRMATAŞ	23.00
3 NUMARA KIRMATAŞ	29.00
KUM	67.00
ÇİMENTO	28.00
SU	20.01

Tablo 3.10 4. grup deneylere ait dayanım değerleri

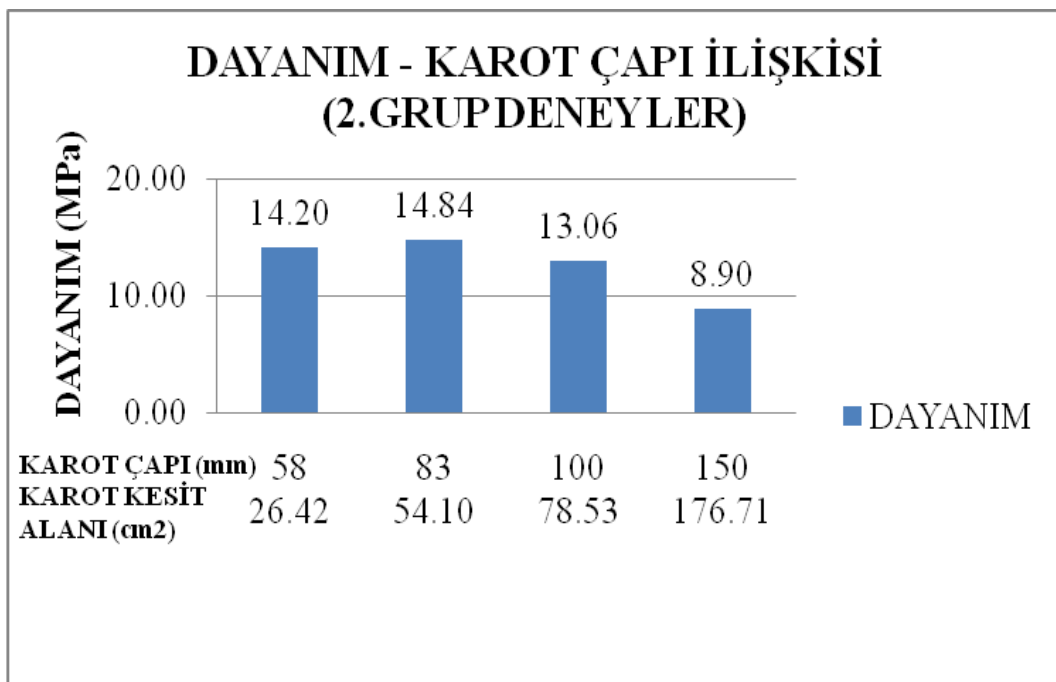
4.GRUP DENEYLER				
KAROT ÇAPI (mm)	KESİT ALANI (mm²)	KESİT ALANI (100'LUK KAROT 1.00 BİRİM ALINARAK)	DAYANIM (MPa)	
58	2642.08	0.34	25.20	23.72
			24.30	
			24.23	
			21.15	
83	5410.61	0.69	20.37	21.28
			21.22	
			21.69	
			21.83	
100	7853.98	1.00	20.26	18.26
			17.75	
			18.36	
			16.66	
150	17671.46	2.25	10.54	11.00
			10.81	
			11.41	
			11.24	
ORTALAMA DAYANIM (MPa)			18.56	

3.4. Değerlendirme Grafikleri

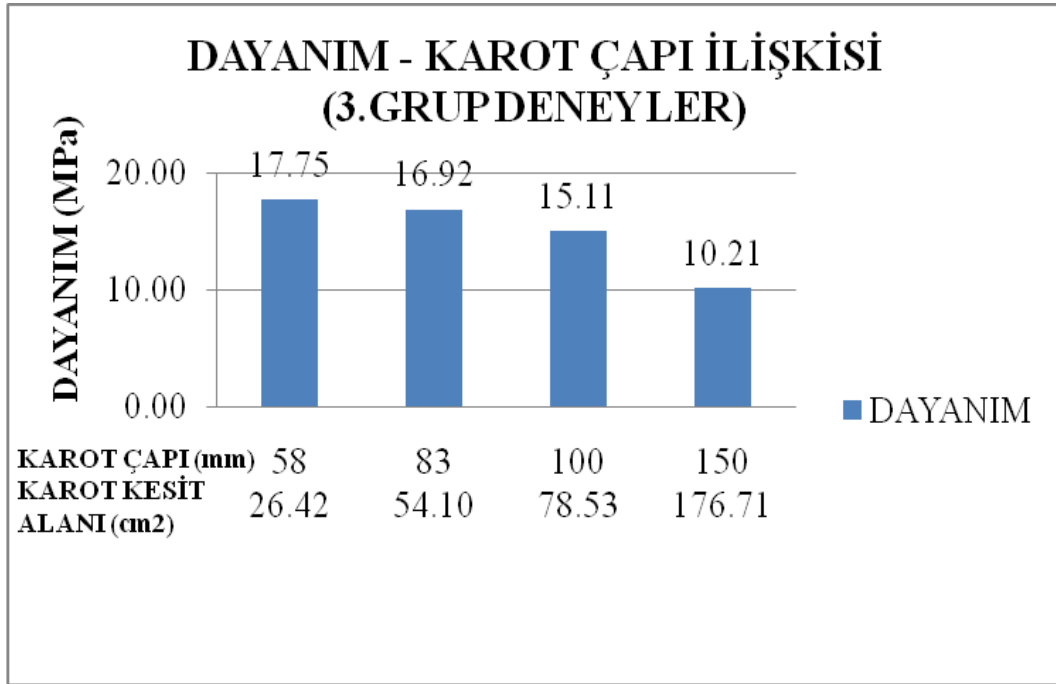
Grafik 3.1 1. grup deneylere ait karot çapı – dayanım ilişkisi



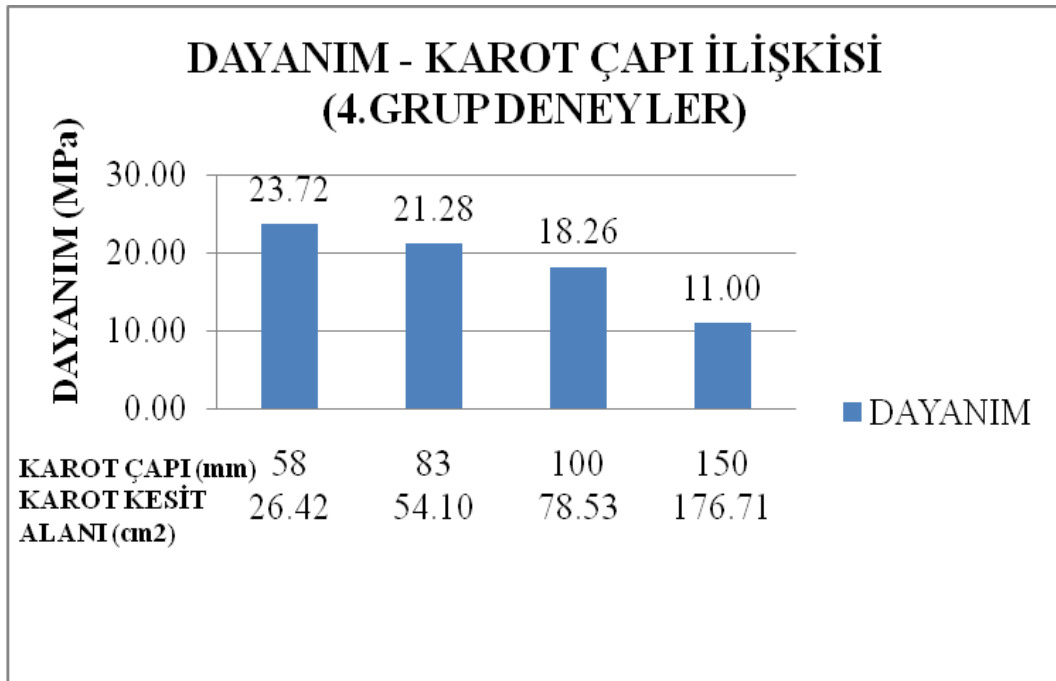
Grafik 3.2 2. grup deneylere ait karot çapı – dayanım ilişkisi



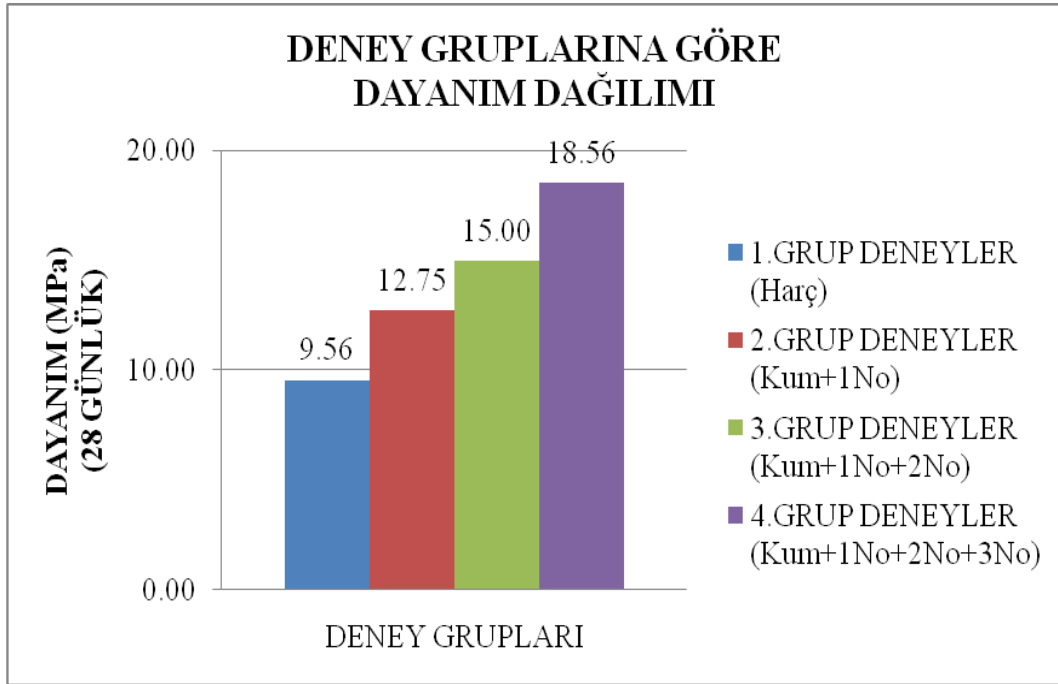
Grafik 3.3 3. grup deneylere ait karot çapı – dayanım ilişkisi



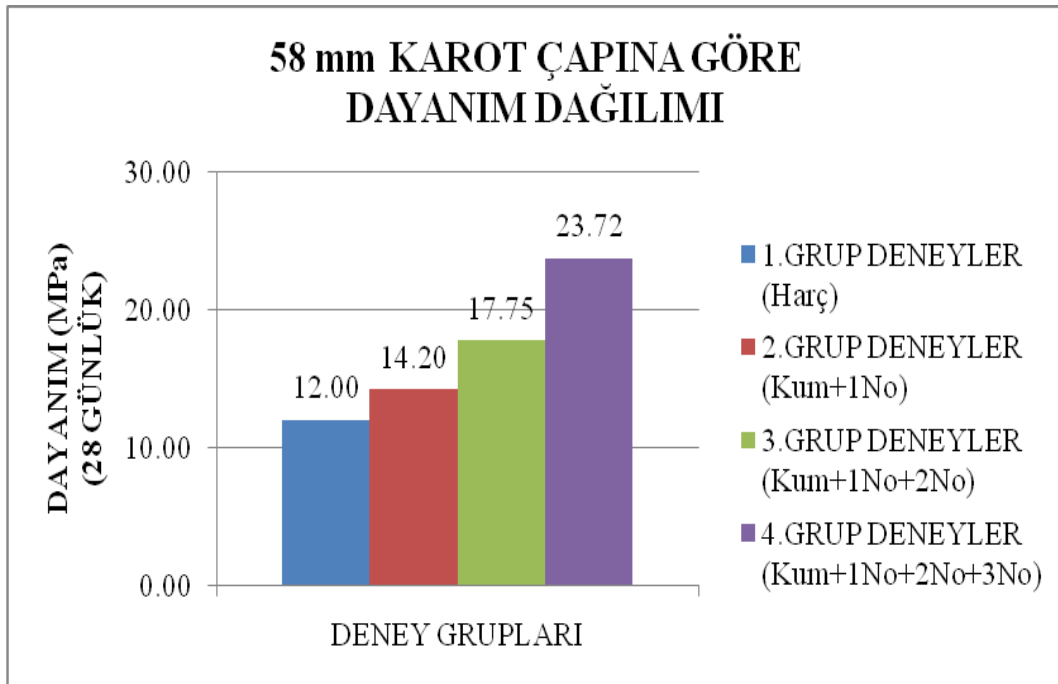
Grafik 3.4 4. grup deneylere ait karot çapı – dayanım ilişkisi



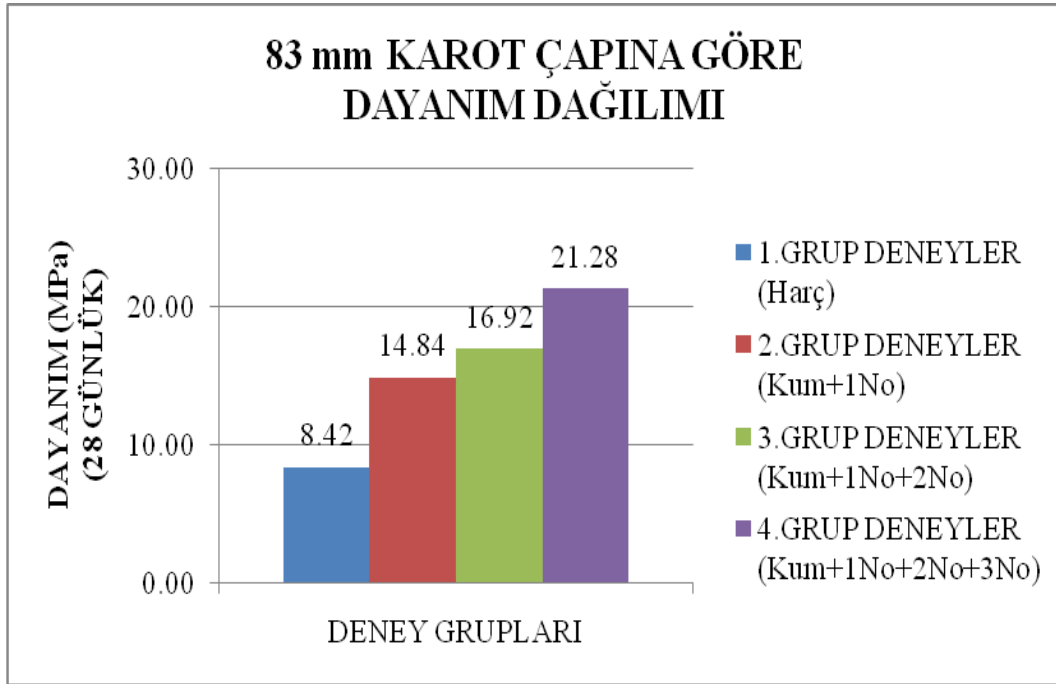
Grafik 3.5 Deney gruplarına göre ortalama dayanım dağılımı



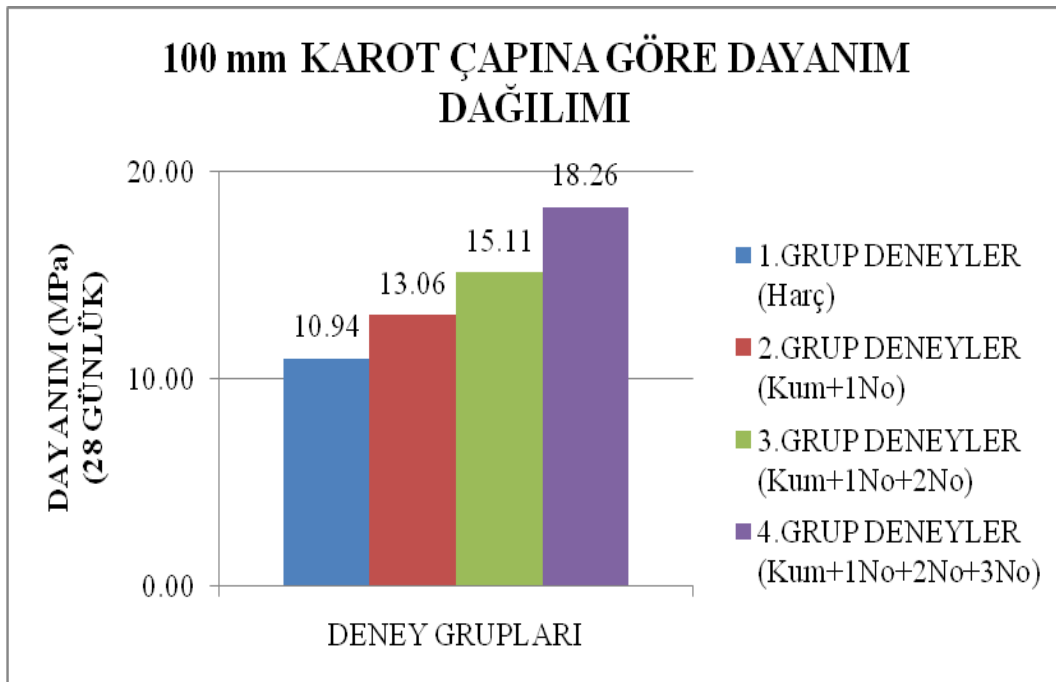
Grafik 3.6 58 mm karot çapına göre dayanım dağılımı



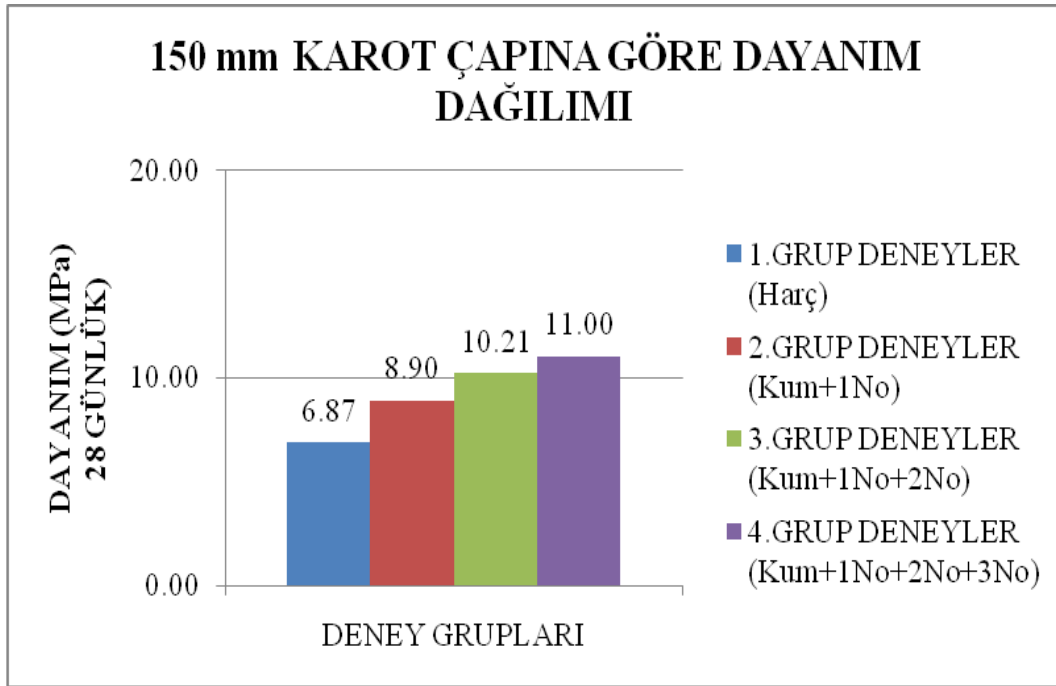
Grafik 3.7 83 mm karot çapına göre dayanım dağılımı



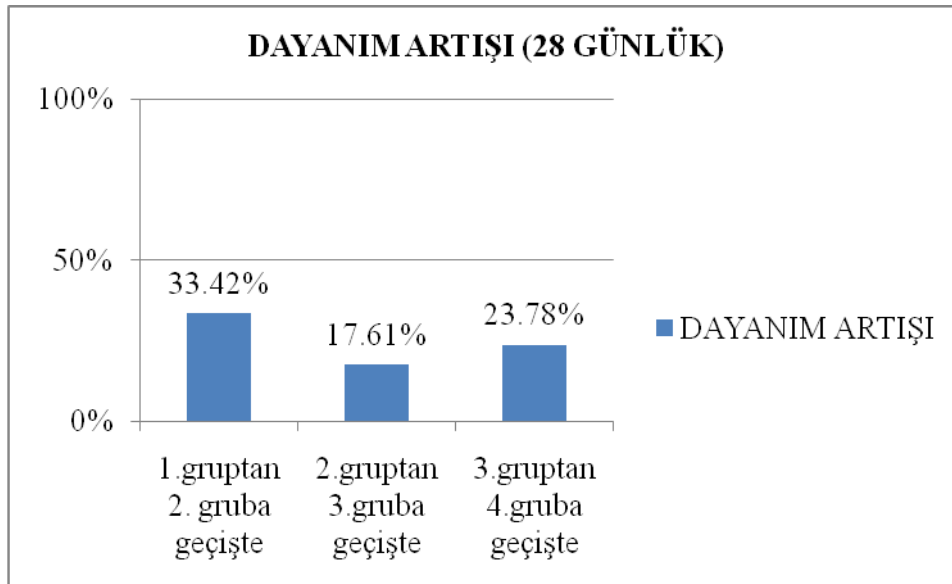
Grafik 3.8 100 mm karot çapına göre dayanım dağılımı



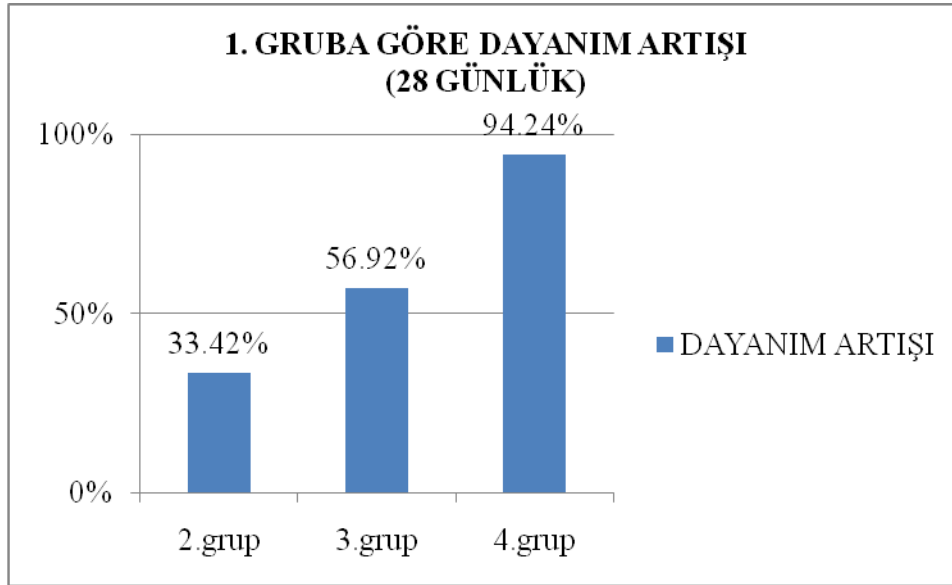
Grafik 3.9 150 mm karot çapına göre dayanım dağılımı



Grafik 3.10 Gruplar arası dayanım artış yüzdeleri



Grafik 3.11 1.gruba göre dayanım artış yüzdeleri



BÖLÜM 4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yapılan deneylerde görülmüştür ki agrega dane çapının artması ile karot dayanımı arasında doğrudan bir ilişki vardır. Beton içindeki ortalama agrega dane çapı ne kadar büyük olursa dayanımın da o kadar artacağı gözlemlenmiştir. Özellikle 1. grup deneyler ile diğer deney grupları karşılaştırıldığında dayanım artışı net bir şekilde görülebilmektedir.

TS 10465’de belirtildiği gibi bir yapıdan beton kalitesini belirlemek amacıyla 100 ve 150 mm.lik karotların alınması durumunda bulunan sonuçlar 200 mm.lik küp dayanımlarına eşdeğer kabul edilir.

Daha küçük boyutta karot alınması durumunda bulunan dayanımların daha yüksek değerler aldığı görülmektedir. Bu çalışmada da 100 mm.lik karot çapını baz aldığımızda 1.grupta 60’lık karotların %9,6 kadar daha yüksek değerler verdiği saptanmıştır. Diğer gruplarda da 80’lik ve 60’lık karotlar 100’lük karota göre sırasıyla 2.grupta %13,6 ve %8,7, 3.grupta %12 ve %17,5, 4.grupta %16,5 ve %30 daha fazla dayanım vermişlerdir.

Bu durum, karot çapının agrega dane çapından 3 kat daha büyük olması durumunda geçerli olup, daha büyük çaptaki agregalar seçildiğinde dayanımda düşüş söz konusu olmaktadır.

Sonuç olarak, agrega dane çapı arttıkça beton mukavemeti artacağından karot numune dayanımları da artacaktır. Bu çalışmada da agrega çapı arttıkça dayanımların arttığı ve ayrıca karot çapı arttıkça dayanımın düştüğü, karot çapı azaldıkça dayanımın arttığı gözlemlenmiştir.

Karot apı ile dayanım arasındaki bu ilişkinin sebebi, daha büyük kütledeki betonların kusur miktarının artması olarak gösterilebilir.

Ayrıca bu çalışma kapsamında, agrega dane çapının artmasıyla küçük çaplı karotlarda oluşabilecek dayanım düşmelerini de gözlemlemek amaçlanmıştır. Ancak sonuçlar incelendiğinde seçilen agrega dane çaplarının bu gözlemi yapabilmek için yeterli büyüklükte olmadıkları da görülmüştür. Bundan sonra yapılacak çalışmalarda, daha büyük agrega çapı seçilerek dane çapının etkisinin karot çapının küçülmesiyle ne yönde etkileneceği araştırılabilir.

KAYNAKLAR

- [1] .ACI 228.1R., 1995, “In-place methods to estimate concrete strength”, ACI, s.5, U.S.A.
- [2] KÖSEOĞLU, A., İnş.Müh.; “Özel Betonlar”, Sakarya Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Lisans Bitirme Tezi.
- [3] ASTM C 597, 1998, “Standart test method for pulse velocity through concrete”, ASTM, U.S.A.
- [4] ASTM C 805., “Standart test method for rebound number of hardened Concrete”, ASTM, U.S.A.
- [5] Bungey, J.H., Testing of concrete in structures, 2nd edition, Surrey University Press, 65-75, New York, U.S.A. 1989
- [6] Long, A.E., Henderson, G.D., Montgomery F.R., “Why assess the properties of near-surface concrete”, Construction and Building Materials, Volume 15, p 65-79. 2001.
- [7] Malhotra, V.M., “Concrete technology past, present, and future”, ACI, Detroit, U.S.A. 1994.
- [8] Malhotra V. M., “NDT techniques, handbook of analytical techniques in concrete science and technology”, William Andrew Publishing, Norwich, 747- 750, New York, U.S.A. 1999.
- [9] Megep yayınları, Beton deneyleri 1

- [10] Megep yayınları, Beton deneyleri 2
- [11] Megep yayınları, Beton 1
- [12] Megep yayınları, Beton 2
- [13] Megep yayınları, Taze beton
- [14] Mehta, P.K., “Concrete structure, properties and materials”, Prentice-Hall, Inc., s.336, New Jersey, U.S.A. 1986.
- [15] ERDAL, M.; “Beton basınç dayanımının bazı tahribatsız test yöntemleriyle belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üni., Fen Bil. Enst., Ankara, 2002.
- [16] Nasser, K.W. and Al-Manaseer A.A., “New non-destructive test”, Concrete International, 9, No. 1, p.41-44, U.S.A. 1987.
- [17] Neville, A. M., “Properties of concrete”, Longman Scientific & Technical, 576-580, New York, U.S.A., 1993.
- [18] Orchard, D.F., “Concrete technology”, Applied Science Publishers Ltd., Volume 2, p120-167, London, England, 1979.
- [19] KÜLEÇİ, S.; İnş.Yük.Müh., “Beton dayanımının yerinde testlerle belirlenmesi”
- [20] Swamy, R.N. and Al-Hamed, A.H.M.S., “Evaluation of the windsor probe test to assess in-situ concrete strength”, Proc. Inst. Civil Engineering., Part 2, England, 1984.
- [21] ÜN, H., Y.Doç.Dr., “Taze ve sertleşmiş beton deneyleri”, Pamukkale Üniversitesi.

[22] AKAKIN, T., İnş.Yük.Müh.; “ Beton numunesi alma”

[23] YÜKSEL, İ.; “Bileşik yıkıntısız beton deneyleri ile beton mukavemetinin belirlenmesi ve betonarme bir yapıda uygulanması”, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 1995.

[24].www.kalitekontrol.org

[25].www.yapisal.net

ÖZGEÇMİŞ

Akın Köseoğlu, 01.01.1985”de Adapazarı’nda doğdu. İlk öğrenimini Adapazarı Ahmet Akkoç İlkokulu’nda, orta ve lise eğitimini Sakarya Anadolu Lisesi’nde tamamladı. 2003 yılında Sakarya Anadolu Lisesi’nden mezun oldu. Yine 2003 yılında başladığı Sakarya Üniversitesi İnşaat Mühendisliği bölümünü 2007 yılında bitirdi. 2007–2008 yılları arasında Öz-Kar İnşaat İstanbul Ispartakule Şantiyesinde teknik ofis şefliği yaptı. 2008-2010 yılları arasında Sakarya Büyükşehir Belediyesi Fen İşleri Daire Başkanlığı’nda kontrol mühendisi olarak çalıştı. 2010 Mayıs ayından bu yana da ADASU Kanalizasyon Daire Başkanlığı’nda inşaat mühendisi olarak görev yapmaktadır.