

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

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**FARKLI KOŞULLARDA DÖKÜLEN KOLONLARDA VİBRASYON VE KÜR
KOŞULLARININ DEĞİŞİMİNİN BETON DAYANIMA ETKİSİ**

MUSTAFA EZİCİ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

2016

T.C.
ADİYAMAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**FARKLI KOŞULLARDA DÖKÜLEN KOLONLARDA VİBRASYON VE
KÜR KOŞULLARININ DEĞİŞİMİNİN BETON DAYANIMA ETKİSİ**

Mustafa EZİCİ

Yüksek Lisans Tezi

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu Tez 01/04/2016 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından
Oybirliği/Oyçokluğu ile Kabul Edilmiştir.

.....

Doç. Dr.....

BAŞKAN (DANISMAN)

.....

Doç. Dr.....

ÜYE

.....

Doç. Dr.....

ÜYE

Doç. Dr. Ramazan GÜRBÜZ

Enstitü Müdürü

**Bu çalışma Adıyaman Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri
Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir.**

Proje No:-

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

FARKLI KOŞULLARDA DÖKÜLEN KOLONLARDA VİBRASYON VE KÜR KOŞULLARININ DEĞİŞİMİNİN BETON DAYANIMA ETKİSİ

Mustafa EZİCİ

Adıyaman Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman : Doç. Dr. Osman GÜNAYDIN
Yıl: 2016, Sayfa sayısı: 73
Jüri : Doç. Dr. Osman GÜNAYDIN
: Doç. Dr. Fatih ÖZCAN
: Doç. Dr. Kubilay AKÇAÖZOĞLU

Beton, betonarme taşıyıcı sistemleri oluşturan bir malzeme olup, proje sınıfına ve standartlara uygun üretilmesi, işlenmesi ve bakılması zorunludur. Betonun basınç ve çekme dayanımı gibi mekanik özellikleri, çeşitli parametrelere bağlıdır. Betonun sınıflandırılması standart basınç deneylerine göre yapılır. Beton için basınç dayanımı betonun kalite ölçütüdür.

Bu çalışmada 4 adet farklı koşullarda dökülen kolonların vibrasyon ve kür koşullarının değişiminin, basınç dayanımına etkisi araştırılmıştır. Çalışma kapsamında 40x40x250 cm ölçülerinde; vibrasyon ve kür uygulanmayan tek kademe döküm, şantiye koşullarında vibrasyon ve kür uygulanan iki kademe döküm ile üç kademe döküm, ayrıca standartlara uyularak vibrasyon ve kür uygulanan beş kademe döküm olmak üzere toplam 4 adet kolon dökülmüştür. Dökülen kolonlarda seviye değişiminin (alt-üst-orta) basınç dayanımına etkisi incelenmiştir. Kolonların alt, orta ve üst bölümlerinden 3 adet 40x40x25 cm ölçülerinde bloklar kesilmiş, her bloktan 4 adet olmak üzere, bir kolon için 12 adet, toplamda 4 kolon için 48 adet karot örneği alınmıştır. Bu karotlar üzerinde tahribatsız ve tahribatlı deneyler yapılmıştır. Deneylerden elde edilen sonuçlarda, vibrasyon ve kür uygulaması ile yerinde basınç dayanımının arttığı, ancak aşırı vibrasyona maruz kalan bölgede ayrışma sonucu bölgesel dayanımın düştüğü görülmüştür. Tüm kolonlarda en yüksek dayanım alt bölgede, en düşük dayanımın ise üst bölgede olduğu belirlenmiştir. Kolonların 28 günlük standart silindir dayanım değeri %100 kabul edilerek yerinde ortalama karot dayanımları karşılaştırılmıştır. Yerinde ortalama karot dayanımları % 65-85 aralığında çıkmış olup, 28 günlük standart silindir dayanımına göre %15-35 arasında dayanım kaybı gösterdiği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Beton, kolon, vibrasyon koşulları, kür koşulları, ultrases, dayanım.

ABSTRACT

MSc Thesis

CHANGES VIBRATION AND CURING EFFECT CONCRETE STRENGTH AT POURING COLUMNS AT DIFFERENT CONDITIONS

Mustafa EZİCİ

Adiyaman University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Civil Engineering

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Osman GÜNAYDIN

Year: 2016, Number of Pages: 73

Jury : Assoc. Prof. Dr. Osman GÜNAYDIN

: Assoc. Prof. Dr. Fatih ÖZCAN

: Assoc. Prof. Dr. Kubilay AKÇAÖZOĞLU

Concrete is one of the materials composing of reinforced concrete system, produced according to the project class based on sizing reinforcement and processing are obliged at standards. Mechanical property such as the compressive and tensile strength of concrete depends on many parameters. Concrete class identification is made according to standard compression test. Compressive strength for concrete is quality of concrete criterion.

In this study, 4 pieces at different conditions pouring column changing vibration and curing condition on the effect of compressive strength have been investigated. The scope of the study 40x40x250 cm in size; totally 4 pieces of concrete pouring has been done as a single stage cast which is not implemented vibration and cure, two stage cast and three stage cast which are implemented vibration and cure at construction site conditions and also five stage cast implemented vibration and cure suited to standards. Changes in the level of pouring columns (lower-upper-middle) have examined the effects of compressive strength. 3 pieces at 40x40x25 cm size blocks were cut from the bottom, middle and upper part of columns. For each block 4 pieces, 12 pieces for a column, totally 48 pieces was taken drilling core sample for 4 columns. Destructive and non-destructive experiment was performed on samples. At the result obtained from experiment, at the result of applying vibration and curing increased comprehensive strength but decreasing regional strength was seen at the areas exposed of excessive vibration due to decomposition. It was determined the highest strength on the bottom and the lowest strength on the upper region in all columns. Column of a 28-day standard cylinder according to 100% acceptance of strength values, average core strength values in place was performed in the range of 65-85%. Average core strength has found out strength losing value between 15-35% according to standard cylinder strength at 28 days.

Keywords: Concrete, column, vibration conditions, curing conditions, ultrasonic, streng

TEŞEKKÜR

Farklı Koşullarda Dökülen Kolonlarda Vibrasyon ve Kür Koşullarının Değişiminin Beton Dayanıma Etkisini konu alan bu çalışma, Adıyaman Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalında hazırlanmıştır. Resmi beton basınç dayanım sonucuna yansımayan betonun dökümü ve bakım işlemlerinin betonun dayanımında ne denli etkin olduğuna dair yürütölen bu çalışmanın planlanmasından yazımına kadar geçen her aşamasında önerileri ile beni yönlendiren, her türlü yardımını esirgemeyen hocam Doç. Dr. Osman GÜNAYDIN'a teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca şantiye çalışmalarında yardımlarını esirgemeyen Recep DEMİR'e, numune hazırlık aşamasında ve laboratuarda yardımlarını esirgemeyen Öğr. Gör. Kadir GÜÇLÜER'e, tez yazımında katkılarından dolayı Arş. Gör. Musa EŞİT ve Arş Gör Ömer Faruk TEKİN'e Adıyaman Mermer Fabrikasında (ADIMER) numunelerin kesiminde yardımlarını esirgemeyen Jeoloji Mühendisi Hakan ÇALIŐKAN'a ve fabrika çalışanlarına, bana yardımcı olan değerli inşaat mühendisliği bölüm hocalarıma, arkadaşlarıma, meslektaşlarıma, manevi desteklerini her zaman yanımda hissettiğim sevgili eşime ve kızıma teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER	SAYFA
ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	x
1.GİRİŞ	1
2. BETON	3
2.1. Betonun Tanımı ve Özellikleri.....	3
2.1.1. Taze beton özellikleri.....	4
2.1.2. Sertleşmiş betonun özellikleri.....	5
2.2. Betonda Basınç Dayanımının Etkenleri	7
2.3. Betonu Oluşturan Malzemeler	8
2.3.1. Çimento.....	8
2.3.2. Agrega.....	11
2.3.3. Su	14
2.3.4. Kimyasal katkılar	14
2.4. Beton Kalıbı	15
2.4.1. Beton kalıbı görevleri.....	16
2.5. Beton Dökümü ve Bakımı.....	16
2.5.1. Beton dökümü	16
2.5.1.1. Vibrasyonda dikkat edilmesi gereken hususlar.....	19
2.5.1.2. Beton yüzeyinin bitirilmesi	21
2.5.2. Beton bakımı	21
2.5.2.1. Su ile kür yapılması.....	23
2.6. Tahribatsız Yöntemlerle Beton Basınç Dayanımının Belirlenmesi	24

2.6.1. Ultrases dalga hızı yöntemi.....	24
2.7. Betondan Karot Alınması.....	25
2.7.1. Karot değerlendirilmesi.....	27
3. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	30
4. MATERYAL METOD	36
4.1. Materyal	36
4.1.1. Hazır beton	36
4.1.2. Kalıp.....	36
4.1.3. Beton transmikseri ve pompa.....	37
4.1.4. Beton vibratörü	37
4.1.5. Beton karot makinesi	38
4.1.6. Ultrases cihazı	38
4.1.7. Beton pres makinesi	38
4.2. Metod	38
4.2.1. Şantiye ve saha çalışmaları	38
4.2.2. Laboratuvar çalışmaları.....	44
4.2.2.1. Ultrases cihazı deneyi	45
4.2.2.2. Basınç dayanım deneyi	46
5. ARAŞTIRMA BULGULARI	48
5.1. Kolonlarda Vibrasyonun Agrega Dağılımına Etkisi	48
5.2. Basınç Dayanım Deneyi.....	51
5.3. Ultrases Deneyi Sonuçları.....	54
5.4. Basınç Dayanım Deneyi İle Ultrases Hız Deneyi Sonuçlarının Karşılaştırılması.....	58
5.5. Basınç Dayanım Deneyi İle Yoğunluk Sonuçlarının Karşılaştırılması.....	60
5.6. Kolon Numunelerinin Uzunluğu Boyunca Dayanım Değişimi	61
5.7. Karot Dayanımı İle Standart 28 Günlük Silindir Dayanımı Arasındaki İlişki	62
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	65
KAYNAKLAR	69

ÖZGEÇMİŞ	73
----------------	----

Şekil 2.1. Betonarme yapı için yetersiz performansa neden olan unsurlar	8
Şekil 2.2. Kütleli beton işlerinde betonun eşit tabakalar halinde dökülmesi	18
Şekil 2.3. Betonun yetersiz yerleştirilmesi.....	19
Şekil 2.4. Beton vibrasyon işlemi	20
Şekil 2.5. Beton kür işlemi	22
Şekil 4.1. Çalışma için kurulan kalıplar	37
Şekil 4.2. Kolonlara uygulanan beton döküm planı.....	39
Şekil 4.3. Betonun kalıplara dökülmesi	41
Şekil 4.4. Beton kalıplarının sökülmesi	41
Şekil 4.5. Kolon numunelerin şantiyede kür edilmesi ve korunması.....	42
Şekil 4.6. Kolon numunelerin Adıyaman Mermer fabrikasına taşınması.....	42
Şekil 4.7. 40x40x25 cm boyutlarına kesilen beton numuneleri.....	43
Şekil 4.8. Karot alma işlemi.....	43
Şekil 4.9. Kolonlardan karot alımı.	44
Şekil 4.10. Prizmatik numunelerde gözlemlenen agrega dağılımı.....	44
Şekil 4.11. Adıyaman Mermer fabrikasında karot numunelerinin ölçülerek başlık kesimi	45
Şekil 4.12. Karot numunelerinin tartılması	45
Şekil 4.13. Ultrases cihazına kalibrasyon yapılması ve numunelere uygulanan ultrases deneyi	46
Şekil 4.14. Karot numunelerine uygulanan basınç deneyi.....	47
Şekil 5.1. Birinci ve ikinci kolondaki bölgesel agrega dağılımı ve segregasyon olayı...48	
Şekil 5.2. Üçüncü ve dördüncü kolondaki bölgesel agrega dağılımı ve segregasyon olayı	49
Şekil 5.3. Kolonların bölgesel dayanım ortalamaları.....	52
Şekil 5.4. Kolonların ultrases hızı dayanım ortalamaları.....	55
Şekil 5.5. Kolonların yoğunluk ortalamaları.....	57
Şekil 5.6. Beton dayanımı ile ultrases hızı genel ortalama arasındaki bağlantı.....	58
Şekil 5.7. K1 kolonunun dayanımı ile ultrases hızı arasındaki bölgesel bağlantı.....	58
Şekil 5.8. K2 kolonunun dayanımı ile ultrases hızı arasındaki bölgesel bağlantı.....	59

Şekil 5.9. K3 kolonunun dayanımı ile ultrases hızı arasındaki bölgesel bağlantı.....	59
Şekil 5.10. K4 kolonunun dayanımı ile ultrases hızı arasındaki bölgesel bağlantı.....	60
Şekil 5.11. Beton dayanımı ile yoğunluk genel ortalama arasındaki bağlantı	60
Şekil 5.12. Kolonların basınç dayanımlarının bölgesel olarak %'de değişimi	61
Şekil 5.13. Kolonların basınç dayanımlarının bölgesel olarak 28 Günlük silindir basınç dayanımına göre % değişimi	63

Çizelge 2.1. Türk standartlarındaki beton sınıfları ve basınç dayanımları (MPa)	6
Çizelge 2.2. Dayanım sınıfı ve piriz süreleri	9
Çizelge 2.3. Beton kalitesi-Ultrases dalga hızı arasındaki ilişki	25
Çizelge 3.1. Yerinde dayanım ile standart küp dayanım arasındaki karşılaştırma	31
Çizelge 4.1. 1 m ³ betonda kullanılan malzeme miktarları	36
Çizelge 4.2. Kolanlara uygulanan beton döküm ve bakım şeması	39
Çizelge 5.1. Karotların basınç deneyi sonucu bulunan dayanımları ve ortalamaları.....	51
Çizelge 5.2. Karotların ultrases hızı, ortalamaları ve standart sapmaları	54
Çizelge 5.3. Karotların yoğunlukları, ortalamaları ve standart sapmaları	56
Çizelge 5.4. Yerinde basınç dayanımı - 28 günlük silindir dayanımı % değişim.....	63
Çizelge 5.5. Yerinde basınç dayanımı- 28 günlük küp dayanımı % değişim	64

SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ

C	: Concrete, Beton
Ca	: Kalsiyum
°C	: Santigrat derece
EN	: European Norm, Avrupa Standartları
P	: Beton basınç deneyinde kırılma anında ulaşılan en büyük yük
A	: Alan
f_c	: Beton numunesi basınç dayanımı
f_{cd}	: İstenilen proje dayanımı
f_{ck}	: Standart numune karakteristik basınç dayanımı
f_{cm}	: Ortalama basınç dayanımı
$f_{m(n),is}$: n adet yerinde basınç dayanımının ortalaması
$f_{is, endüşük}$: Yapıdaki basınç dayanımlarından en düşüğü
λ	: Karot narinliği
n	: Numune sayısı
S/Ç	: Su/Çimento Oranı
S	: Standart sapma
SN	: Standart Numune
TS	: Türk Standartları
CEM	: EN 197 standart serisine göre çimento tipi.
V	: Beton numunesi hacmi
γ	: Beton numunesinin yoğunluğu
MPa	: Megapaskal
cm	: Santi metre
m^3	: Metre küp
M.Ö	: Milattan önce
kg	: Kilo gram
vb.	: Ve benzeri

1.GİRİŞ

Beton, insanlık tarihinde yapı gelişiminde demirden sonra önemli bir yere sahip olmuştur. Yapılarda M.Ö. 3000 yılından bu yana kalsiyum (Ca) esaslı bağlayıcı malzemeler kullanılmaktadır. İngiliz duvar ustası Joseph ASPDIN Portland çimentosunun patentini 1824 yılında almasına rağmen, ilk betonarme yapı ancak 1857 yılında yapılmıştır (Karakule ve Akakin 2005).

Hazır betonun üretim patenti ilk kez 1903'de Almanya'da Jürgen Hinrich MAGENS tarafından alınmış, 1913 yılı içerisinde de ABD'de üretilmeye başlanmıştır. At arabaları, vagon veya buharlı açık kamyonlar ile taşınan betonda ayrışma problemleri yaşanmış bu sebeple 1916 yılında ilk transmiksör aracı kullanılmaya başlanmıştır. Savaş yıllarından sonra yapılarda hazır beton kullanımı artmış, zamanla beton pek çok ülkede kullanılan bir yapı malzemesi olmuştur. Kentleşme ve altyapı çalışmalarının artması ile, hazır beton ve beton ürünleri yaygınlaşmış, böylece beton alanında sürekli teknolojik gelişmeler kaydedilmiştir.

Daha önceleri klasik yöntemlerle hazırlanan beton, günümüzde yerini otomasyon sistemli üretimi yapılabilen, üretim ve kullanımı kolay olan hazır betona bırakmıştır. Hazır betonun günümüzde yaygın olarak tercih edilmesinin sebepleri ise; çelik donatı ile uygun birliktelik göstermesi, yüksek basınç dayanımlarına ulaşılması, fiziksel ve kimyasal dış etkilere karşı dayanıklı olması, bilgisayar otomasyonlu hazır beton santralleri ile üretim kolaylığı, transmiksör ve pompalarla kullanılabilmesi, betona şekil verebilme kolaylığı, ucuz olmasıdır (Usta 2005).

Son yıllarda meydana gelen yıkıcı depremler, depreme dayanıklı yapı tasarım ve üretimini çok önemli hale getirmiştir. Ülkemizdeki konut açığı dikkate alındığında konunun önemi daha iyi anlaşılmaktadır.

Betonu diğer yapı malzemelerinden ayıran fark; birbirinden çok farklı malzemelerin bir araya gelmesi ile oluşmasıdır. Bu sebeple betonu oluşturan malzemeler özenle seçilmelidir. Hazır beton üreticisi betonun üretilme, taşınma ve istenilen yere boşaltılma safhalarından sorumludur. Hazır beton taşınması, yerleştirilmesi ve uygulama yapılması safhalarında dış ve iç koşullara bağlı olarak fiziksel ve mekanik olarak değişim geçirir. Betonun taşınma süresi ve şekli, hava sıcaklığı betonun özelliklerini etkileyen bazı parametrelerdir. Betonun yerleştirilmesi

sırasındaki hatalar betonun fiziksel ve mekanik özelliklerine olumsuz etki yapabilir. Betonun yerleştirilmesi ve sonraki işlemler müteahhittin görevidir. Betonun yerleştirilmesi ve bakımındaki eksik ve hatalı işlemler betonarme yapıda büyük sorunları ortaya çıkarabilir.

Beton ile ilgili yapılan araştırmalarda, malzeme özelliği olarak standart basınç dayanımı betonun en önemli özelliği olmakla birlikte diğer birçok özelliğinde basınç dayanımıyla ilişkili olduğu söylenebilir. Genellikle beton sınıfını belirlemek için 28 günlük standart basınç dayanım değerleri kullanılmaktadır. Yapılarda ortaya çıkan birçok problemlerin esas kaynağının beton kalitesinin düşük olmasından kaynaklandığı deprem ve benzeri etkilerden dolayı oluşan sorunlar ile görülmüştür (Eren 1999 ve Celep 1999).

Bu tez çalışmasında 4 tip; vibrasyon ve kür uygulanmayan tek kademe kolon, şantiye koşullarında vibrasyon ve kür uygulanan iki kademe kolon ile üç kademe kolon ayrıca standartlara uyularak vibrasyon ve kür uygulanan beş kademe kolon betonları dökülmüştür. Daha sonra kolonlar dikey olarak alt, orta ve üst olmak üzere 3 bölüme kesilerek her bölüm için beton özellikleri incelenmiştir. Beton döküm ve bakım standartlarına uyulup uyulmamasının beton dayanıma etkisi ve beton içerisindeki yapı değişiminin dayanıma etkisi araştırılmıştır.

2. BETON

Beton, yapı malzemesi olarak kullanılmasının artması ile doğanın ve yaşamın bir parçası hâline gelmiştir. Bu sebeple özenli çalışmalar yapılmalı, kaliteli ve güvenilir betonlar elde edilmelidir.

2.1. Betonun Tanımı ve Özellikleri

Beton agrega, çimento, su ve kimyasal beton katkısı maddelerinin belirli ölçülerde karıştırılmasından oluşan, başlangıçta plastik kıvamda, zaman içerisinde sertleşerek mukavemet kazanan bir yapı malzemesidir (Erdoğan 2004).

Betonun üretiminde yaklaşık % 70–85 oranında agrega (kum, çakıl), % 10–15 oranında çimento, % 5–10 oranında su, çimento ağırlığının % 5'sinden fazla olmamak kaydıyla beton kimyasal katkıları kullanılmaktadır.

Beton dayanım yönünden taşa çok benzer. Basınç dayanımı yüksek, çekme dayanımı çok düşük bir malzemedir. Beton, kolay taşınabilmeli, yerleştirilebilmeli, sıkıştırılabilmelidir ve bu işlemler sonrasında ayrışmamalıdır. Katılaşp sertleştikten sonra betonun dayanımı mukavemeti yüksek olmalıdır. Dış etkilere karşı dayanıklı olmalıdır, ekonomik olmalıdır.

Beton çağımızın vazgeçilmez yapı malzemelerinden biri olmuştur. Dünyada yapı malzemesi olarak kullanılan malzemelerde ilk sırayı alarak, kişi başına yılda yaklaşık 0,5 m³, ülkemizde ise 1,2 m³ beton tüketimi gerçekleşmektedir.

Betonun yaygın kullanım alanı bulması sebepleri şu şekilde sıralanabilir:

- Yüksek basınç dayanımına sahip olması
- Kolaylıkla şekil verilebilmesi
- Yapısını oluşturan çimento, agrega, demir ve suyun yerel temin edilebilmesi
- Fazla eleman gereksinimi olmaması
- Yerleştirme sonucunda ortaya çıkan 1-2 santimlik kalıp hatasında toleranslı oluşu.
- Üretim safhasında fazla enerji gereksinimi göstermemesi
- Ekonomik yönden avantajlı oluşu
- Bakım gereksiniminin yok denecek kadar az olması

- Ömrünün uzun olması
- Dış ortama karşı dayanıklı olması

Betonun katılma evresine kadar olan taze beton özellikleri ve sertleşmiş beton özellikleri ayrı ayrı incelenmelidir.

2.1.1. Taze beton özellikleri

Betonu oluşturan malzemelerden agrega ve çimento ve su karıştırıldıktan sonraki ilk birkaç saatte beton, kolayca işlenebilir; beton malzemelerinin karılma işleminin bittiği andan, betonun sertleştiği ana kadarki betona istenen şeklin verilebildiği evredeki betona taze beton denmektedir. Taze betonun çeşitli özellikleri şu şekilde sıralanabilir;

- **Kıvam ve İşlenebilme:** Betonun oluşturan malzemeler kolayca karıştırılabilir, beton dökülecek yere kolayca yerleşebilir ve beton sıkıştırılabilir olmalıdır.
- **Taze Betonda Sıcak:** Taze beton sıcaklığının + 35 °C'den fazla +5 °C' den az olmaması gerekmektedir.
- **Ayrışma ve Terleme:** Taze beton içindeki malzemelerin eşit olarak dağılmamasına ayrışma denir. Betonun, yerleşmesi ve sıkıştırılması işlemlerinde betonun içindeki agrega taneleri ve çimento harcı ayrı ayrı bölgelerde kümeleşmemelidir. Betonun yerleştirilmesi esnasında iri agrega taneleri aşağıya çökme eğilimindedir. Yüksek kıvamdaki betonlarda da su beton içinde yükselerek yüzey çıkma eğilimindedir.
- **Hava Miktarı:** Beton içerisindeki hava ile dayanım, dayanıklılık, yoğunluk özellikleri arasında doğrudan bir ilişki vardır. Taze betonun içerisinde, hacimce %0.5-8 hava bulunmaktadır.
- **Birim Ağırlık:** Birim ağırlık, birim hacim içerisinde yer alan taze betonun ağırlığına denir. Özgül ağırlığı yüksek olan agregaların oluşturduğu betonun birim ağırlığı da yüksek olmaktadır. Betonun birim ağırlığı genellikle ton/m³ ve ya kg/m³ olarak ifade edilmektedir. Hava boşlukları çok olan betonun birim ağırlığı daha düşüktür (Gönen 2012).

2.1.2. Sertleşmiş betonun özellikleri

Sertleşmiş beton, taze betonun şekil verilebilirliğinin bittiği, katılaşmanın olduğu evredir. Bu evrede, beton istenilen süre içerisinde yeterli dayanımı gösterebilmeli, yeterli dayanıklılığa ve hacim sabitliğine sahip olmalıdır. Sertleşmiş betonun aşağıdaki temel özellikleri göstermesi beklenir:

- **Dayanım:** Beton dayanımı, üzerine gelen statik ve/veya dinamik yüklerin neden olacağı şekil değiştirmelere ve kırılmaya karşı, betonun gösterebileceği maksimum direnç olarak tanımlanmaktadır. Malzeme kesitinde bir birim alanının taşıyabileceği maksimum yük, maksimum gerilme olarak adlandırılmakta ve kgf/cm^2 veya MPa gibi birimlerle ifade edilmektedir. Maksimum gerilme miktarı, betonun dayanımını göstermektedir. Yapılan çalışmalar neticesinde, uygun sıcaklık ve nem ortamı sağlandığında betonun dayanımının yaşla beraber arttığı gözlemlenmiş olup, hesaplamalarda daha çok betonun 28 günlük basınç dayanımını esas alınmaktadır. Bunun nedeni, betonun zaman içinde ulaşabileceği en yüksek dayanımının yaklaşık % 70'ini ilk 28 gün içinde elde etmesidir. Beton 7, 28 veya daha sonraki günler için hedeflenen dayanımdan daha az bir dayanım göstermemelidir (Erdoğan 2004). Çizelge 2.1'de TS EN 206'ya ve TS500/2000 göre çeşitli beton sınıflarına göre basınç dayanımları verilmiştir.

Çizelge 2.1. Türk standartlarındaki beton sınıfları ve basınç dayanımları (MPa)

TS 500	TS EN 206	Silindir Numune (15 x 30) cm		Küp Numune (15 x 15 x 15) cm	
		TS 500	TS EN 206	TS 500	TS EN 206
	C 8/10		8		10
	C 12/15		12		15
	-		-		-
C 16	C 16/20	16	16	20	20
C 18	-	18	-	22	-
C 20	C 20/25	20	20	25	25
C 25	C 25/30	25	25	30	30
C 30	C 30/37	30	30	37	37
C 35	C 35/45	35	35	45	45
C 40	C 40/50	40	40	50	50
C 45	C 45/55	45	45	55	55
C 50	C 50/60	50	50	60	60
	C 55/67		55		67
	C 60/75		60		75
	C 70/85		70		85
	C 80/95		80		95
	C 90/105		90		105
	C 100/115		100		115

TS EN 206/2014 beton standardın da tanımlanan betonlar herhangi bir amaç için kullanılabilen betonlar olup, betonarme betonu değildirler.

Sadece TS500/2000 de tanımlı betonlar betonarme betondur, herhangi bir özel izne gerek kalmaksızın betonarme yapılarda kullanılabilirler.

- **Dayanıklılık (Durabilite):** Dayanıklılık, "kalıcılık" ve ya "durabilite" olarak da isimlendirilir. Kullanılmakta olan beton yapılar, hizmet süresince, yıpranmaya yol açabilecek birçok etkenle karşılaşmaktadır. Hava koşullarından, kimyasal sulardan sulardan ve betonun kullanıldığı ortam koşullarından kaynaklanan yıpratıcı fiziksel ve kimyasal olaylar karşısında, betonun hizmet süresi boyunca gösterebileceği direnme kabiliyetine dayanıklılık denilmektedir. Sertleşmiş betonun içerisine sızan sularda bulunan sülfatlar veya asitler birtakım kimyasal olaylara neden olmakta ve betonun çatlayıp kırılmasına sebep olmaktadır.

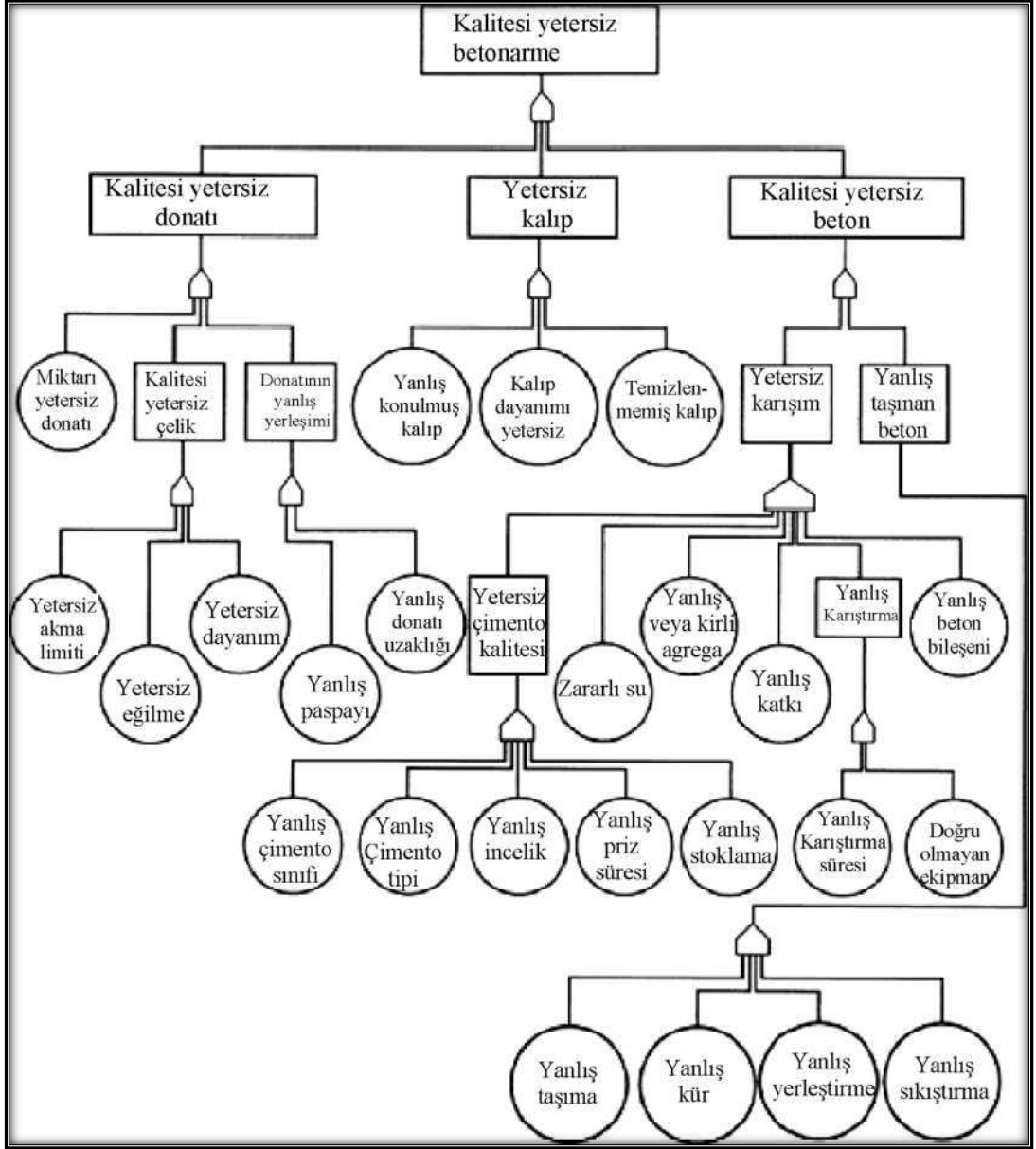
Suya doygun durumdaki sertleşmiş betonun boşluklarındaki suyun soğuk havada buz haline dönüşerek genişmesi ve sonradan çözünmesi ile "donma çözülme" olarak adlandırılan olayın çok sayıda yer alması sonucunda, beton çatlayıp kırılabilmektedir (Erdoğan 2004).

2.2. Betonda Basınç Dayanımının Etkenleri

Üretilen betonun niteliğinin tüm ülkelerde olduğu gibi Türkiye’de titizlikle denetlenmesi gerekmektedir. Betonarme yapılarda betonun projede öngörülen dayanıma sahip olacak şekilde üretilmesi istenmektedir. Bu amaca ulaşmak için öncelikle beton bileşiminin doğru bir şekilde saptanması gerekmektedir. Betonun basınç dayanımı, çok karmaşık etkenlerin altında ve ancak geniş sayılabilecek aralığa sahip bir dağılım göstererek ortaya çıkmaktadır.

Aynı agrega ve aynı çimento kullanılmasına ve bileşimi ile üretim metotlarında bir değişiklik yapılmamasına rağmen betonların dayanımları birbirinden farklı olabilmekte ve oldukça geniş bir aralık içinde değişebilmektedir. Beton basınç dayanımının başta su/çimento oranı olmak üzere, agreganın cinsi ve oranları, beton dökümü ve kür koşulları, çimento cinsi ve oranı, deney uygulaması vb. koşullardan etkilendiği görülmektedir. Numune boyutu ise deney koşulları içerisinde yer alan bir etkidir. Bu etkenin farklı numune boyutları üzerindeki etkisi tam olarak belirlenmemesine rağmen bu konu üzerinde yapılan çalışmalarda farklı sonuçların söz konusu olduğu belirlenmiştir (Türkel 2006).

Şekil 2.1’de betonarme yapıda yetersiz performansın nedenleri gösterilmektedir. Görüldüğü üzere betonarmeyi oluşturan malzeme, beton ekipmanlarının montaj ve işçiliği, betonun yerleştirilmesi, betonun kalitesini önemli derecede etkilemektedir.



Şekil 2.1. Betonarme yapı için yetersiz performansa neden olan unsurlar (Taşdemir ve Bayramov 2004).

2.3. Betonun Oluşturduğu Malzemeler

2.3.1. Çimento

Çimento su ile karıştırıldığında hidrolik bağlayıcı özelliği olan, kil ve kalkerin belirli oranlarda karıştırılması, pişirilmesi ve öğütülmesi sonucu oluşan bir malzemedir. Çimento su ile karıştırılması ile “hidratasyon” denilen kimyasal reaksiyona uğrar.

Kullanım yeri, mevsim ve karşılaştığı kimyasal ortama çimento tipleri farklılık gösterir (Yardımcı 2005). Yaygın olarak kullanılan çimento tipleri, TS EN 197-1’de verilen tabloda çimento ile ilgili standartlar verilerek, hangi çimento tipinde ne kadar klinker kullanılacağı anlatılmaktadır. Çimentoların standart dayanımı, TS EN197-1/2012’e göre belirlenen 28 günlük basınç dayanımıdır ve N/mm² (MPa) olarak gösterilir. Çimento dayanımları sınıflarına göre farklılık göstermektedir (Özkul vd. 1999).

Üç farklı dayanım sınıfında üretilen çimentolar 28 günlük basınç dayanımları en az 32,5 MPa, 42,5 MPa ve 52,5 MPa olmalıdır. Ancak, içerdiği katkı maddeleri ve üretim şekli nedeniyle aynı nihai dayanıma sahip çimentoların 2. gün sonundaki dayanımları farklı olur. Erken dayanımı normal olan çimentolar N harfi ile gösterilir. Erken dayanımı yüksek çimentolar, dayanım kazanımı hızlı olan R harfi ile gösterilen çimentolardır.

Çizelge 2.2. Dayanım sınıfı ve priz süreleri (Topçu 2014)

Dayanım sınıfı	Dayanım (MPa)			Priz başlama süresi (dakika)	Yaklaşık Priz sonu(saat)
	2 günlük	7 günlük	28 günlük		
32,5N	-	> 16,0	> 32,5	> 75	10
32,5 R	> 10,0	-			
42,5N	> 10,0	-	> 42,5	> 60	10
42,5 R	> 20,0	-			
52,5N	> 20,0	-	> 52,5	> 45	6
52,5 R	> 30,0	-			

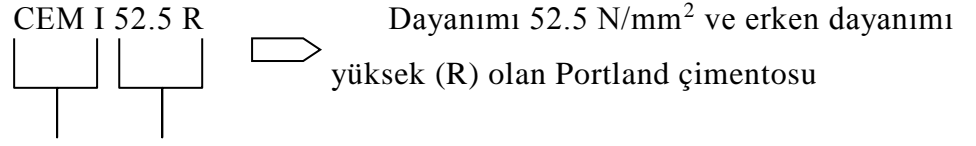
Çizelge 2.2’ye göre Priz (katılma) başlamadan önce (45-75 dakika içinde) beton yerine konup sıkıştırılmalıdır.

Prizin sona ermesi (6-10 saat sonra) betonun katıldığı anlamındadır. Ancak henüz sertleşmemiştir. Sıcak havalarda derhal kür yapılmaya başlatılmalıdır.

52.5 R çimentosunun 2 günde eriştiği dayanımı 32.5 N çimento 28 gün sonra kazanabilmektedir. Hızlı kalıp alınmak isteniyorsa 52.5 R tipi çimento kullanılmalıdır.

Priz süresinin kısa olması açığa çıkan ısının da kısa sürede olacağı anlamındadır. Betonun daha kalıpta iken çatlama riski vardır.

Buna göre örnek bir çimento tipi aşağıdaki gibi işaretlenebilmektedir:



Portland Çimentosu Dayanım sınıfı

Beton içerisinde çimento dozajı belirli sınırlar içerisinde arttıkça beton basınç mukavemeti de artmaktadır. Ancak bu artış belirli bir noktaya kadar geçerlidir. Belirli bir noktadan sonra betonda çimento miktarı arttırıldığında, mukavemetteki artmada yavaşlamaktadır.

Çimento miktarı çok az olduğu takdirde, betonun karılabilmesi, ayrışma yapmadan yerleştirilmesi, sıkıştırılması ve yüzeyinin düzeltilmesi kolay olmamaktadır. Öte yandan, beton yapımında çok fazla çimento kullanıldığı takdirde, betonda karılabilme, yerleştirilme ve sıkıştırabilme işlemleri daha rahat yapılabilmekle beraber, bu tür betonlar çok yapışkan olmakta, beton yüzeyinin mala ile düzeltilebilmesi daha zor olmakta ve beton yüzeyinde zamanla çatlaklara (rötreye) neden olmaktadır (Gök 2010).

Betonda çimento dozajı belirli sınırlar içerisinde arttıkça beton basınç mukavemeti de artmaktadır. Çimento dozajının granülometrisi ile de ilişkisi vardır. Agrega karışımındaki ince malzeme miktarı arttıkça dozaj da yükselir. Agreganın en büyük boyutu arttıkça çimento dozajı da azalır. Mukavemeti yüksek olan çimentolarla üretilen betonların mukavemetinin yüksek olduğu bilinmektedir (Postacıoğlu 1986).

Çimento hamuru, bağlayıcı özelliğe sahip bir malzemedir; agregaların yüzeyini kaplamakta, agregta taneleri arasındaki boşlukları doldurmakta, agregta taneleri ile aderans kurarak betonun tek bir malzeme durumunu alabilmesini sağlamaktadır. Sertleşmiş çimento hamurunun dayanımı yüksek olmadığı takdirde, betona uygulanan yükler karşısında, çatlamların ve kırılmaların oluşması bu malzemeden başlamaktadır.

Çimento hamurunun dayanımı, çimentonun ne ölçüde hidratasyon yapmış olmasına ve beton yapımında kullanılan su/çimento oranına bağlıdır. Düşük su/çimento oranına sahip çimento hamurunda, daha az miktarda kapiler boşluk oranı yer almaktadır. Kapiler boşluk oranının azalması, çimento hamurunun ve buna bağlı olarak betonun daha yüksek dayanım göstermesine neden olmaktadır.

Çimento hamurunun dayanımını etkileyen faktörler, çimento hamuru ile agrega daneleri arasındaki bağı da etkilemektedir. Örneğin, su/çimento oranı yüksek olan betonlarda elde edilen dayanım ve aderans daha az olmaktadır. Çimento hamuru ile iri agrega danelerinin arasındaki aderansı etkileyen bir başka faktör de, agrega danelerinin su emme kapasiteleridir. Kurutularak kullanılan gözenekli agregalar, çimento hamuru ile agrega danelerinin daha iyi temasını sağlayarak daha iyi aderansa yol açmaktadır (Erdoğan 2003).

Çimento dozajı, yani 1 m³ betonda kullanılan çimento miktarı başta mukavemet olmak üzere beton özelliklerine etki yapan en önemli faktördür. Çimento dozajının hem mukavemet artırıcı, hem de boşluk yüzdesini azaltıcı etkisi vardır. Ancak yaklaşık 400 kg/m³'den sonra beton dozajının artırılması halinde rötre nedeniyle çeşitli sorunlar ortaya çıkar. Diğer taraftan ekonomik nedenlerle çimento dozajı çok fazla artırılamaz (Yalçın ve Gürü 2006).

2.3.2. Agrega

Beton üretiminde kullanılan doğal kum çakıl ve kırma taş gibi malzemelerin genel adı agrega olup, beton içerisinde hacimsel olarak % 70-75 civarında yer kaplamaktadır.

Beton yapımında agrega kullanılmasının tek nedeni daha ekonomik beton üretmek değildir. Agrega, betonun teknik özelliklerine de önemli katkılarda bulunmaktadır.

Hamur kıvamında olan çimento, zaman içerisinde kurur ve büzölmeye başlar. Çimento hamurunun gösterebileceği hacim değişikliğini, beton içerisindeki agrega taneleri belirli ölçüde engellemektedir.

Beton yapımında, sert ve dayanımı oldukça yüksek olan agrega taneleri kullanılmalıdır.

Çimento hamuru ile agrega arasındaki bağlantı fiziksel ve mekanik özellik taşır. Bu bağlantıya “aderans” adı verilir.

Döküm yapılacak elemanların boyutlarına bağılı olarak betonda kullanılacak en büyük agrega tane çapı seçilir. Normal yapılarda kiriş ve kolonların küçük kenarı 25 cm, döşeme kalınlığı 10 cm, net beton örtüsü 3 cm, donatı net aralığı 3 cm civarındadır.

Beton içerisindeki iri agregalar sorunlar yaratabilir; beton sıkıştırılmaz, donatılar arasından geçmez, boşluklar kalır, beton örtüsünden veya tek bir çakıl döşemeden kalın olur. Bu sorunlardan dolayı tane çapının sınırlandırılması gerekmektedir.

Hazır beton da 10-22 mm agregatane çapı yaygındır. Agregatane çapları normal yapılarda 32 mm, köprülerde 70 mm, yol ve hava alanı saha kaplamalarında 90 mm, barajlarda 250 mm yi aşmamalıdır. Agregatane çapının normal yapılarda küçük tutulması, 25 mm yi aşmaması istenir.

Kullanılan agreganın en büyük tane çapı: kiriş/kolon küçük kenarının 1/5 inden, iki donatı arasındaki uzaklığın 3/4 ünden, döşeme kalınlığının 1/3 ünden ve net beton örtüsünden küçük olmalıdır (TS 500/2000).

Türk standartlarına göre, 4.0 mm göz açıklıklı kare delikli eleklerden geçen agregaya "ince agregat", bu elek üzerinde kalan agregaya ise "iri agregat" denilmektedir. Beton agregası olarak kullanılabilen ince agregat için en küçük elek boyutu, 0.063 mm'dir. 0.063 mm'den daha küçük tanelere sahip olan agregaya, "filler" denir.

Agregat ocağından veya konkasörden elde edilerek, boy sınıflarına ayrılmadan, olduğu gibi kullanılan doğal karışık agregataya, "tuvenan agregat" denilmektedir.

Yoğunluğuna göre agregat sınıfları:

- Hafif agregat: Etüv kurusu tane birim hacim kütlesi 2000 kg/m^3 den az (Taşıyıcı olmayan dolgu betonlarında)
- Normal agregat: Etüv kurusu tane birim hacim kütlesi $2000-3000 \text{ kg/m}^3$ (Normal yapılarda)
- Ağır agregat: Etüv kurusu tane birim hacim kütlesi 3000 kg/m^3 den çok olan agregat (Nükleer santral zırhlarında, radyoaktif terapi merkezlerinde, radyoaktif madde depolarında)

Agreganın dayanımı beton basınç dayanımını doğrudan etkiler. Agregatanesinin dayanımı arttıkça betonun da dayanımı artar. Gözenekli, hafif agregalar ile yapılan betonlarda dayanım düşer. Yüksek dayanımlı betonlarda agreganın yoğun ve yüksek dayanımlı olması istenir. Agreganın beton dayanımındaki etkisi en büyük tane boyu, tane ve yüzey şekilleri, granülometrisi ve içerdiği zararlı maddeler ile doğrudan ilişkilidir (Postacıoğlu 1986).

Beton yapısında bulunan agreganın; dayanıklı ve sert olması, aşınmaya ve basınca karşı mukavemetli olması, uzun ve yassı taneler içermemesi, zayıf taneler

içermemesi, betona zarar verebilecek (toz, toprak) malzemeler içermemesi, ve çimento ile zararlı reaksiyona girmemesi istenir (Nallı 2006).

Agrega, granülometrisi ve fiziksel özellikleri, tanelerin biçimi, tanelerinin yüzey durumu gibi özellikler beton kalitesini etkiler. Çimento hamuru ile agregalar arasında aderansın yüksek olması betonun mekanik mukavemetini artırır. Burada aderansa olumlu etki eden agrega yüzeyinin pürüzlülüğüdür. Yüzeydeki girinti ve çıkıntılara çimento hamurunun girmesi ayrılmaları güçleştirir, betonun mukavemetini artırır. Agregatanelerinin biçimi olarak en uygun durum tanelerin küp veya küre şeklinde olmasıdır. Yassı ve uzun taneler agregaların ve dolayısıyla betonun kompasitesini azaltıp, mukavemetinin düşmesine neden olur (Bayazıt 1988).

Agreganın yüzey pürüzlülüğü agrega ile çimento arasındaki aderansı artırır. Ancak bu etkinin basınç dayanımı bakımından fazla bir önemi yoktur. Öte yandan, düşük su/çimento oranına sahip betonlarda kırma tas agregalar dere malzemesine göre daha yüksek dayanım sağlarlar. Bu etki su/çimento oranı arttıkça azalır. Eşit islenebilirlik koşullarında dere agregasıyla kırma taş agrega kullanımı arasında dayanım yönünden önemli bir fark bulunmaz. Bunun nedeni, kırma taş agregaların dere agregalarına göre belirli bir islenebilirlik için daha fazla suya ihtiyaç göstermelidir (Özkul vd.1999).

Normal ağırlıklı beton üretiminde kullanılan agregalar genellikle çimento hamurunun dayanımından daha yüksek dayanıma sahiptirler. Ancak, beton yapımında kullanılan agregalar düşük dayanımlı ve kolayca kırılabilir türde iseler, uygulanan yükler altında betonda meydana gelecek çatlama ve kırılma, iri agrega tanelerinin kırılmasıyla başlamaktadır. Betonda kullanılan iri agrega danelerinin büyüklüğü arttığı takdirde, agrega yüzeyinde oluşan kuvvetlerde artmakta, aderansın daha zayıf olmasına yol açmaktadır (Erdoğan 2003).

Aynı çimento dozajında ve katkı maddesi kullanılarak, aynı kıvamda hazırlanmış olan beton karışımlarının mukavemetinin, maksimum agrega dane çapı arttıkça, önemli ölçüde azaldığı görülmektedir (Gök 2010).

Beton içinde kullanılan agregaların, cinsi, biçimi ve granülometrik özellikleri beton mukavemeti üzerine etki yapar. Yalnız agrega granülometrik eğrisi değil, maksimum dane çapı da betonun mukavemetine etkiler. Bu etki birbiri ile çelişen iki farklı sonuç doğurur. Aynı dozajı ve aynı kıvamda hazırlanan betonlarda agreganın

maksimum tane çapının arttırılması, su çimento oranını azaltıcı yönde etkiler. Buna karşılık agrega maksimum çapındaki artış beton içinde boşlukların ve mikro çatlakların artmasına neden olur. Aynı çimento dozajında ve katkı maddesi kullanılarak, aynı kıvamda hazırlanmış olan beton karışımlarının mukavemetlerinin, maksimum dane çapı arttıkça önemli ölçüde azaldığı görülmektedir (Yalçın ve Gürü 2006).

2.3.3. Su

Betona işlenebilir bir akıcılık (kıvam) sağlamak ve kimyasal reaksiyonu başlatarak sürdürmek suyun görevidir. Betonda kullanılan su; kirli, bulanık olmamalı tuzlu olmamalı, yağlı olmamalı ve yapısında asit bulunmamalıdır. Betonda deniz suyu kullanılmamalıdır.

Beton karışımı içine katılan suyun iki temel görevi vardır. Birincisi çimento hidratasyonu sırasında kimyasal reaksiyonları gerçekleştirmek için gerekli olan suyu karşılamak, ikincisi de beton karışımını kalıplara yerleştirecek kadar akıcı hale getirmek, yani betonu plastik kıvamda tutabilmektir (Yalçın ve Gürü 2006).

2.3.4. Kimyasal katkılar

Kimyasal katkılar, betona bazı özellikler kazandırmak ve betonun özelliklerini iyileştirmek için kullanılırlar.

Katkı maddeleri aşağıdaki amaçla kullanılırlar:

- Dayanımı artırmak su/çimento oranını azaltmak
- Çelik donatının paslanmasını önlemek
- Priz süresini uzatmak ve ya kısaltmak
- Soğuk havalarda betonun donmasını önlemek
- Dekoratif amaçlı renkli beton elde etmek
- Kendiliğinden yerleşen beton yapmak
- Onarım işlerinde genleşebilen beton yapmak (büzülme çatlaklarını önlemek,)
- Çözülme ve donmaya karşı dayanıklılığını artırmak
- Yapılarda su sızdırmaz beton elde etmek (havuz, hamam, su deposu, arıtma

tesisi, baraj, bodrum perdeleri,)

Katkı maddesi çimento ağırlığının % 0.5-2 si kadar olmalı ve çimento ağırlığının % 5 ini aşmamalıdır. Katkı maddelerinin, gereğinden azı faydasız, fazlası ise zararlı olabilir. Bu sebeple üreticinin reçetesine göre kullanılmalıdır. Reçetesine göre kullanılsa bile, katkının miktarı ve etkisi ön deneylerle belirlenmelidir.

2.4. Beton Kalıbı

Beton kalıbı, betonun istenilen dayanımı kazanıncaya kadar onu taşıyan, betonun statik ve mimari açıdan gerekli yeterliliği sağlamasına yardımcı olan yapı elemanıdır. Betonun taşınması, desteklenmesi ve betonla doğrudan temas halinde bulunan esas materyal kalıptır. Betonarme kalıbı, taze betonu desteklemek, şekil vermek, betonda istenilen yüzey düzgünlüğünü sağlamak gibi temel fonksiyonlara sahiptir. Özellikle performansı açısından brüt beton yüzeyinin oluşması büyük önem taşımaktadır.

Yapı türü, betonda istenen yüzey durumu taşıyıcı sistemi, hacimlerin bölünüşü, şantiyenin vinç ve taşıma olanakları, kalıp sisteminin seçimine etki eden faktörlerdir. Büyük yapıların artması ile kalıp sistemlerinin kullanımı yaygınlaşmaktadır. Kalıp sistemleri ülkemizde de üretilmekle, ülke dışından da ithal edilebilmektedir. Ülkemizde kalıp sistemleri ile ilgili standart bulunmamakta, bu sebeple kalıp sistemi güvenilirliği kontrolü sağlanamamaktadır.

Kalıp yüzeylerinin yapımında genel olarak; masif kereste (tahta), kontrplak (plywood), metal ve plastik malzemeler kullanılmaktadır. Kalıp sistemlerinin seçimi ve uygulanması betonun performansına etki etmekte, kalıp tasarımı, malzeme türü ve yapım hatalarından dolayı beton yüzeylerinde betonun fiziksel ve mekanik özelliklerini etkileyen kusurlarının oluştuğu bilinmektedir. Su emme özelliği olmayan geçirimsiz kalıp yüzeyleri, beton yüzeyinde boşluklara neden olmaktadır. Zararlı aktif maddeler boşluklu beton yüzeylerine nüfuz ederek beton dayanıklılığını azaltmaktadır (Subaşı ve Arslan 2003).

2.4.1. Beton kalıbı görevleri

Beton kalıbının görevleri şu şekilde özetlenebilir,

- Betonarme elemanlara gerekli boyut ve şekli vermek.
- Taze beton ağırlığını, taze beton basınçlarını ve beton dökümü sırasında ortaya çıkan ilave yükleri taşımak.
- Beton dökümü sırasında ortaya çıkabilecek darbe ve titreşim etkilerine dayanmak.
- Gerekli durumlarda çalışma ve iletim döşemesi gibi de kullanılmak.

Beton kalıbından beklenen özellikler şu şekilde sıralanabilir;

- Kalıp temiz, sızdırmaz olmalıdır.
- Az ekipman ve parça kullanılmalıdır.
- Kalıp elemanlarını birleştiren bağlantı elemanlarının kullanılışı kolay olmalıdır.
- Beton ağırlığından ve beton dökümünden dolayı ortaya çıkan yükleri şartnamelerin öngördüğü güvenlikle taşınmalıdır.
- Büyük yüzeyli kalıp elemanlarının ağırlıkları vinç kapasitesini asmamalıdır.
- Çözüm detayları basit olmalıdır.
- Usta gereksinimi az olmalıdır.
- Plan ve yapıyla bağımlı olmamalıdır.
- Ekonomik yönden avantajlı olmalıdır.
- Kullanım sayısı yüksek masrafı az olmalıdır (Sungur 2009).

2.5. Beton Dökümü ve Bakımı

2.5.1. Beton dökümü

Betonun siparişi ve tesliminin yanında, standartlara uygun şekilde yerleştirilmesi ve bakımının yapılması betonun dayanımı ve dayanıklılığını artırmaktadır. Beton, TS 1247 ve TS 1248'e göre dökülmeli ve bakılmalıdır. İyi sıkıştırılmamış ve bakımı yapılmamış betonların dayanımlarının düştüğü ve dış etkenlere karşı dayanıksız olduğu görülmüştür.

Betonun taşınması ve yerleştirilmesi sırasında ayrışma (segregasyon) olmamasına dikkat edilmelidir. Ortam koşullarına ve kullanılan çimento özelliğine göre katılma 45-60 dakika içinde başlar ve 6-10 saat içinde tamamlanır. Bu sebeple, karışım hazırlandıktan sonra 20-30 dakika içinde yerleştirilip sıkıştırılmalıdır. Bu süre, priz geciktirici katkı maddeleri yardımıyla 2 saate kadar uzatılabilir. Yaş karışimli hazır betonlar 2 saatlik, kuru karışimli hazır betonlar 3 saatlik uzaklıklara taşınabilir. Yaş karışimli beton taşınırken transmikser 1-4 devir/dakika ile dönmeli ve taşıma süresince en fazla 300 devir yapmalıdır (Gönen 2012).

Betonun dayanımını etkileyen bir diğer parametre ise sıkıştırılma düzeyidir. Beton, içindeki boşluk miktarının mümkün olan en az düzeye indirilmesi amacı ile sıkıştırılır. İyi sıkıştırılmış, boşlukları ve gözenekleri en az miktarda olan betonların dayanımları iyi sıkıştırılmamış olanlara göre daha yüksek olur. Zira betondaki boşlukların büyük olması mukavemetin azalmasına neden olduğu için yapı malzemesinin en büyük kusurlarından birisi olarak bilinir. Bu boşluklar daha çok iri agrega ile çimento hamuru arasında meydana gelmekte ve bu durum iki cisim arasındaki aderans kuvvetini önemli ölçüde azaltmaktadır. Çimento hamuru ile agrega tanecikleri arasındaki aderansın azalması ise mukavemetin önemli ölçüde düşürmektedir (Yılmaz 2003).

Beton yerleştirilmeden önce yapılacak işlemler şu şekilde sıralanmıştır;

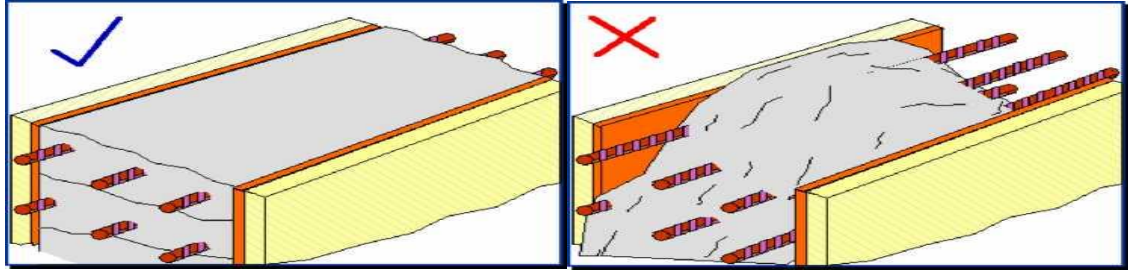
- Betonun yerleştirme yöntemi ve beton döküm süresi önceden belirlenmelidir.
- Kalıplar sağlam, temiz ve yağlanmış olmalıdır.
- Yer betonu dökülecekse zemin sıkıştırılıp nemlendirilerek döküme uygun hale getirilmelidir.
- Beton teslim alınırken irsaliye fişinden başlanarak istenmiş olunan ürünün özellikleri kontrol edilmelidir.
- Döküm öncesi betonun kıvamı çökme deneyi ile kontrol edilir. Silindir veya küp numuneler alınarak laboratuvar şartlarında saklanır. 7. ve 28. gün numuneler kırılarak öngörülen dayanımı sağlayıp sağlamadığı belirlenir.
- Beton dökümünden önce gerekli güvenlik önlemlerinin sağlanması gerekir.

Betonun kalıba yerleştirilmesi sırasında gerçekleştirilecek işlemler şunlardır;

- Beton kalıba yüksekten dökülmemelidir (en fazla 1.5 metre). Bu ayrışmaya ve kalıbın patlamasına neden olur.

- Kolon ve perde gibi düşey elemanlar en az üç defada doldurulmalıdır.
- Beton yerleşeceği yere en yakın bölgeye dökülmelidir.
- Betonu sıkıştırmak için vibratör kullanılmalıdır.
- Beton, teknik bir zorunluluk olmadığı sürece yüksekliği 15 cm ile 30 cm arasında dökülmelidir.
- Betonun yatay yöndeki hareketi iri çakılların ayrışmasını kolaylaştıracağı için yatay hareket en aza indirilmelidir.
- Eğik yüzeylere beton dökümüne en alçak noktadan başlanmalı, yerleştirme yukarıya doğru sürdürülmelidir (Gönen 2012).

Kütleli beton işlerinde beton eşit tabakalar halinde dökülmelidir (Şekil 2.2). Aksi halde betonun sıkıştırılması çok zor olur



Şekil 2.2. Kütleli beton işlerinde betonun eşit tabakalar halinde dökülmesi (THBB 2013).

Yetersiz beton dökümü, bölgesel olarak boşluklu ve homojen olmayan bir beton iç yapısının ortaya çıkmasına neden olur (Şekil 2.3). Yetersiz beton dökümü, dayanım kaybı yanı sıra zararlı maddelerin betonun içerisine girerek donatıda korozyona sebep olur. Ayrıca bu boşluklar donatı ve beton arasındaki aderansı zayıflatmaktadır. Beton içinde kalan her % 1 hava boşluğu dayanımda yaklaşık % 6 kayıp oluşturur. Taze betonda boşlukların azaltılması dayanım ve dayanıklılığı olumlu yönde etkileyerek betonarme yapının servis ömrünü artıracaktır (Yılmaz ve Canpolat 2002).



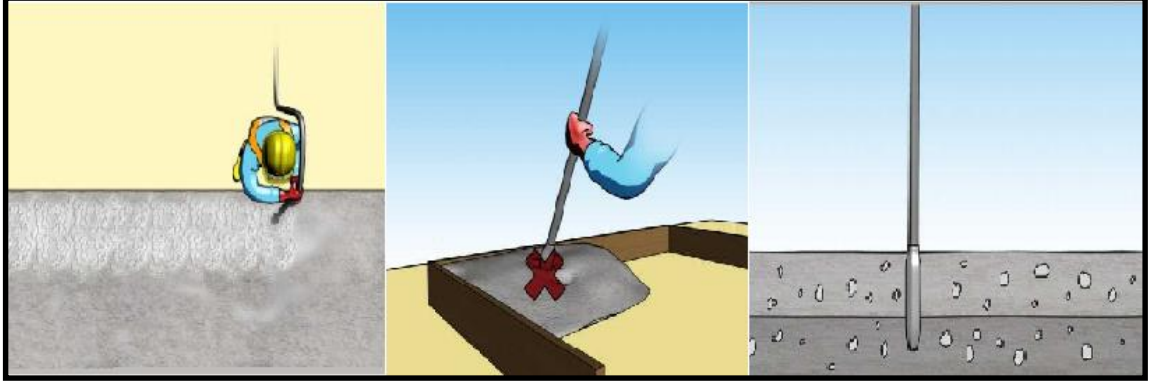
Şekil 2.3. Betonun yetersiz yerleştirilmesi.

2.5.1.1. Vibrasyonda dikkat edilmesi gereken hususlar

Beton kalitesi, belli bir süreç içerisinde farklı aşamalardan meydana gelen işlemlerin sonucunda şekillenmektedir. Kaliteyi etkileyen bu faktörlerin en önemlilerinden biri de üretilen taze betonun kalıbına yoğun ve homojen olarak yerleştirilmesi aşamasıdır. Yerleştirmede en etkili yöntemlerden biri vibrasyon uygulamasıdır.

Vibratör, titreşim hareketi yapan makinedir. Elektrik veya basınçlı hava ile çalışan tipleri vardır. Dalgıç vibratör (iç vibratör), titreşim yapan ucu betona daldırılarak kullanılır. Yüzey vibratörü (kompaktör), betonun yüzeyine titreşim uygular. Dış vibratör (kalıp vibratörü) kalıp sistemine takılır ve kalıbı titreştirerek betonun sıkışmasını sağlar.

Vibratör ucunu beton içerisine hızlıca daldırmak ve betondan yavaşça çıkarmak gerekir. Kalıplara kesinlikle vibratör ucu temas etmemelidir. Vibratör betona düşey olarak daldırılmalı, 10-15 saniye kadar tutulmalı, beton suyu yüzeyde toplanmaya başladığı an yavaşça çıkartılmalıdır. Daldırma aralığı vibratörlerin etki yarıçaplarına bağlı olarak 45-50 cm' yi geçmemelidir. Titreştirilen bölgeler birbirlerine örtüşecek şekilde vibrasyon yapılmalıdır (Şekil 2.4). Vibrasyon esnasında vibratörün her defasında bir önceki tabakaya 10 cm kadar girmesi tabakaların kaynaşmasını sağlar (Akyüz 2013).



Şekil 2.4. Beton vibrasyon işlemi (THBB 2013).

Vibratör, betonu yatay yönde taşımak için kullanılmamalıdır. Vibratör rastgele noktalara daldırılmamalıdır. Sıkıştırma çapı gözlemsel denemelerle belirlenmeli ve bu çap dikkate alınarak elden geldiğince düzenli aralıklarla daldırılmalıdır. Vibratör sıkıştırma çapı yaklaşık olarak vibratör ucu (şişe) çapının 10 katıdır (vibratör ucu 4 cm ise, sıkıştırma çapı = 40 cm). Her vibratörün sıkıştırma çapı farklı olabildiği gibi, aynı vibratör, kalıbın genişliğine bağlı olarak, farklı çapta sıkıştırma yapar. Sıkıştırılan bölgeler arasında ve kalıp köşelerinde sıkıştırılmamış bölge kalmaması için, gerekirse sıkıştırma çapından daha küçük aralıklarla daldırma yapılmalıdır.

Dalgıç vibratör hiçbir zaman doğrudan donatıya ve kalıba dokunmamalıdır. Aksi halde titreşen donatı çevresi çimento şerbeti ile kaplanır, aderans kaybına neden olur ve donatı yer değiştirir.

Sıkıştırma işleminde sonra çevresel etkiler nedeniyle rötre çatlakları oluşur. betonun hala plastik kıvamda ise yeniden vibrasyon uygulaması yapılması faydalıdır. Ayrıca kolonlarda üst 50-60 cm'lik tabaka yeniden vibrasyona tabi tutulabilir. Bu bölge üzerinde yeterli ağırlık olmadığından sıkışması daha zordur.

Vibratör kullanımının yararları:

- Betonun basınç dayanımı artar.
- Betonda boşlukları azalır.
- Donatı ile beton arasındaki aderans artar.
- Betonun geçirimsizliği azalır.
- Büzülme-sünme etkileri azalır.
- Beton dış etkilere karşı dayanıklılığı artar.

Betonun hazırlanması, taşınması, yerleştirilmesi ve sıkıştırılması sırasında iri taneler ince tanelerden ayrışabilir bu olaya “segregasyon” denir. Segregasyon özellikle sulu karışımlarda iri agregaların çökmesi biçiminde meydana gelmektedir. Vibrasyon işlemi betonun iyi bir şekilde sıkıştırılmasını sağlar, fakat yanlış kullanımı ve uzun süre işleme tabi tutulması, iri agreganın aşağıda, çimento hamurunun ise yüzeyde toplanmasına neden olur. Segregasyon oluşması ile basınç mukavemetinin azaldığı görülmüştür (Gülşahin 2006).

2.5.1.2. Beton yüzeyinin bitirilmesi

Düşey yüzeyler genellikle kalıp ile temas halinde olduklarından istenen yüzey kalitesine göre değişen kalite ve tipte kalıplar kullanılır. Bazen kalıp alındıktan sonra yüzeye el veya makine ile ek bitirme işlemleri uygulanabilir. Çoğunlukla yatay yüzeyler ve bazı eğik yüzeyler kalıpsız bitirilirler. Bu şekilde yapılan bitirme işleminde bazen makine yöntemleri de kullanılabilir. Döşeme betonlarında yüzey bitirme işlemi genellikle çelik veya ahşap master ve malalarla yapılır. Kenar, pah ve derz işlemleri gereken yerlerde, önce kenar bitirmesi yapılmalı, sonra pah ve derzler bitirilmelidir.

Bazı beton satırlarda master ve mala işleminden sonra gereken pürüzlülüğün verilmesi için, belirli bir yönde tarak çekilir. Bazı büyük döşeme ve kaplama betonlarında ise vibrasyonlu master ve makine malası kullanılabilir.

2.5.2. Beton bakımı

Betonun bakımı bir başka deyişle betonun kürü, beton yerleştirildikten sonra veya beton ürünlerinin imalatından sonra oluşabilecek su kaybını engellemek ve hidrasyon reaksiyonlarının uygun şekilde ve zamanda gerçekleşmesini sağlamak amacıyla yapılır. Çimento hidrasyonu günlerce, haftalarca hatta aylarca sürer. Hidrasyon reaksiyonunun devamı için yeterli miktarda su ve sıcaklık gerekmektedir. Bu koşullar sağlanmadığı takdirde betondan beklenen dayanım ve dayanıklılık (durabilite) elde edilemez.

Betonun su kaybederek kurummasını önlemek, dolayısıyla çimentonun hidrasyonunu sürdürmesi için üç yol izlenir:

- Sürekli olarak betonun yüzeyinin nemli kalması sağlanır. Genellikle hortum ya da mekanik spreyleme sistemi ile su püskürtülür ya da beton yüzeyine nemli malzeme örtülür.
- Kimyasal kür katkıları kullanılarak beton yüzeyinin kaplanması sağlanır.
- Su geçirmeyen (naylon-polietilen) bir örtü ile beton yüzeyi kapatılır.

Özellikle geniş yüzeye sahip beton işlerinde buharlaşma ile kaybedilen su hidrasyon reaksiyonlarının yavaşlamasına neden olacaktır (Şekil 2.5).



Şekil 2.5. Beton kür işlemi (THBB 2013).

Kür süresi, dökülen elemanın boyutu, beton sınıfı, kürlenme sırasındaki ortam koşulları ve standartta belirtilen sınırlamalara göre tespit edilmektedir. Katkılı çimentolar veya mineral katkılı beton karışımlarının katılma süresi daha uzundur. Özellikle soğuk havada katkılı çimentolarla hazırlanmış karışımların hidrasyon hızı oldukça yavaşlar. Bu sebeple kür süresi beton dayanım sınıfı ve bağlayıcı çeşidi, katılma süresi tespitinde önemlidir. Katılma süresi uzadıkça, kür süresi de uzatılmalıdır (Newman ve Choo 2003).

Şantiye ortamında kalıplara dökülen ve yerleştirilen beton zamanla su kaybedeceği için çoğunlukla su ile küre tabi tutulur. ACI 308.1 Standartı'na göre şantiye ortamında kür süresi en az yedi gün olmalıdır. Betonun dayanımını tespit etmek ve uygunluğunu kontrol etmek için TS EN 12390-1 Standartı'na göre alınan numuneler ise 28 güne kadar su ile dolu kür havuzunda muhafaza edilir. 28 gün kür havuzunda bekleyen numuneler TS 12390-3 Standartı'na göre yüzeyleri kurularak suya doygun şekilde basınç dayanım testine tabi tutulur.

Yapılan birçok araştırmada 28 günden daha az süre su kürüne tabi tutulan beton numunelerin dayanımının 28 gün kür havuzunda bekleyen numunelere oranla düşük

olduğu tespit edilmiştir. Ancak bu çalışmalarda kr havuzu dışında hava ortamında bekleyen numunelerin kuru ya da suya doygun olarak dayanım testine tabi tutulup tutulmadığı ile ilgili yeterli bilgi mevcut değildir. Ayrıca hava ortamının sıcaklık ve bağıl nem değeri beton basınç dayanımı gelişimini etkiler. Oysa aynı karışıma ait hava kurusu(hava ortamında kurutulmuş) ve suya doygun beton numunelerinin basınç dayanımı farklı olmaktadır. Hava kurusu numunelerin basınç dayanımı % 25'e kadar daha yüksek olabilmektedir. Bu durumun sebepleri tam olarak anlaşılmış olmasa da kuruma esnasında, nemin makro yapıda sürtünmeyi azaltan “kayganlaştırıcı” etkisi ve boşluklarda yüke maruz kalan suyun oluşturduğu hidrostatik basınç başlıca nedenler olarak sıralanabilir. Bu konuda yapılan bir çalışmada yedi gün havuzda bekletilen ve daha sonra hava ortamında korunan beton numunelerin 28 gün havuzda bekleyen numunelerden % 6,5 daha fazla basınç dayanım değeri verdiği tespit edilmiştir (Engin vd. 2013).

Numune boyutuna bağlı dayanım ölçümlerinde yine kr koşullarına bağlı olarak ölçülen dayanım değeri, özellikle küçük boyutlu numunelerde etkisini göstermiştir. Dayanım kuruma etkisinden çok numune boyutlarının büyümesi ile düşüş gösterir. Dış tabakada hidrasyon abuklaşmış olur ve numune gövdesinde çatlamalar belirlenir. Yapılan çalışmanın sonucuna göre küp numunelerin dayanımı kr koşullarından daha çok etkilenmektedir. Bu etki küçük numunelerde daha büyüktür, büyük numunelerde daha küçük çıkmaktadır. Dayanımdaki bu olumsuz etkinin yavaşlayan hidrasyon ve dış tabakanın kurutulması ile oluşan çatlaklarla ilgili olduğu açıktır. Bu etki değişen boyutlarda % 25–40 gibi arasında farklı dayanım sonuçlarının çıkmasına neden olmaktadır (Soroka ve Baum 1994).

2.5.2.1. Su ile kr yapılması

Sürekli olarak beton yüzeyinin ıslak kalması sağlanmalıdır. Uygun kr süresi yaklaşık 7 gündür. Kış aylarında bu süre uzatılmalıdır. Su püskürtülerek beton yüzeyinin ıslatılması çok iyi bir kr metodudur. Eğer bu işlem aralıklarla yapılıyorsa beton yüzeyinin kuru kalmamasına dikkat gösterilmelidir. Bu sistemin tek dezavantajı maliyetidir. Sistemin uygun işlemesi için yeterli miktarda su ve tecrübeli uygulamacı gerekmektedir.

Telis bezi veya diğer su tutucu örtüler kullanılarak da beton yüzeyinin ıslak kalması ve buharlaşmanın daha az olması sağlanabilir. Yüzeyde bozulma olmasını engellemek için beton sertleşir sertleşmez su tutucu örtüler serilmelidir. Özellikle döşeme köşelerinde daha dikkatli ve özenli olunmalıdır. rtlerin sürekli ıslak kalmaları sağlanmalıdır.

Beton döküm işlemi bittikten 24 saat sonra su kr yapılmalıdır. Don olayının olduğu sürede su kr uygulanmamalı ve betonun üzeri örtülmelidir. Beton dökümünde ve prizini almış betonun korunması sırasında, rüzgardan etkilenmesi önlenmelidir. Sıcak havalarda su kr uygulaması sabah serinliğinde ve güneşin etkisinin az olduğu öğleden sonra yapılmalıdır.

2.6. Tahribatsız Yöntemlerle Beton Basınç Dayanımının Belirlenmesi

Tahribatsız yöntem; yapıda herhangi bir tahribata neden olmadan betonun yüzey sertliği, elastiklik, yoğunluk gibi bazı özeliklerden elde edilen sayısal değerlerle standart deney yönteminden elde edilen değerler arasında ilişki kurulmasıyla betonun basınç dayanımının yaklaşık olarak belirlenmesidir.

Sertleşmiş beton dayanımının belirlenmesinde kullanılan tahribatsız yöntemler şunlardır:

- Standart numune deneyleri
- Sertlik deneyleri
- Rezonans frekans yöntemi
- Mekanik dalga hızı yöntemi
- Ultrases dalga hızı yöntemi
- Radyoaktif yöntem

2.6.1. Ultrases dalga hızı yöntemi

Ultrasonik test cihazı, alıcı ve verici arasında oluşturulan yüksek frekanslı ses dalgalarının geçiş süresinin llmesi esasına dayanır. Bu hasarsız yöntem, çok sayıda nokta üzerinden okuma yapılabilmesi, zamandan tasarruf sağlanması ve taşıyıcı

elemanlara zarar vermemesi açısından tercih edilir. Ultrases dalga hızı tekniği ile elde edilen sonuçların birçok faktörden etkilenmesi nedeniyle deney sonuçlarının beton dayanım tahmininde kullanımını sınırlandırmaktadır. Ultrases dalga hızı ile beton dayanımı arasında kurulan ilişkiyi anlayabilmek için betonun özelliklerini etkileyen birim kütle, yaş, su/çimento oranı, agrega/çimento oranı, agrega cinsi, nem yüzdesi ve donatı etkilerini iyi bilmek gerekmektedir.

Ultrases dalga hızı yöntemi ile;

- Beton dayanımı
- Elastisite modülü
- Betonun homojenliği
- Betonda kusur, çatlak vb. hakkındaki verileri elde edilebiliriz.

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 (Filiz 2006). Beton kalitesi ile ultrases hızı arasındaki ilişki Çizelge 2.3’de verilmektedir.

Çizelge 2.3. Beton kalitesi-Ultrases dalga hızı arasındaki ilişki (Ergün ve Kürklü 2005)

Çok İyi	>4,5 km/s
İyi	3,5–4,5 km/s
Şüpheli	3–3,5 km/s
Zayıf	2–3 km/s
Çok Zayıf	<2 km/s

2.7. Betondan Karot Alınması

Sertleşmiş beton veya betonarmeden kesilerek çıkartılan silindirik şekilli numunelere "karot" denilir. Karot numuneleri, "karot alma aleti" ile kesilip çıkartılır. Yapıdaki betonun yerinde basınç dayanımının belirlenmesi için yaygın olarak uygulanan bir yöntemdir. Yerinde betonun basınç dayanımının tayini için; TS EN 12504-1’e numune göre alınır, numune TS EN 12390-3’e göre basınç dayanım testine tabi tutulur ve dayanım sonucu TS EN 13791’e göre değerlendirilir.

TS EN 13791'e göre beton dayanımının yerinde tayinine gerek duyulabilecek haller şunlardır:

- Mevcut yapının modifiye edileceği veya yeniden tasarımlanacağı durumlarda,
- Kusurlu işçilik, yangın veya diğer etkilerle betondaki bozulma sebebiyle yapıdaki basınç dayanımı hakkında şüphe duyulması halinde, yapısal yeterliliğinin değerlendirilmesi halinde,
- İnşaat yapımı esnasında beton dayanımının yapıda değerlendirilmesine ihtiyaç duyulduğu hallerde,
- Standart deney numunelerinden elde edilen basınç dayanımının uygun olmaması halinde, yapısal yeterliliğinin değerlendirilmesinde,
- Şartname veya mamul standartında belirtilmiş olması halinde, yapıdaki beton basınç dayanımı uygunluğunun değerlendirilmesinde.

Karot olarak değerlendirme yapmak basitçe bir silindir numune hazırlamak ve onu dayanım testine tabi tutmak değildir. Uyulması gereken birçok husus ve dikkat edilmesi gereken noktalar bulunmaktadır. Karot alırken, kırarken ve değerlendirirken gerekli standartlara harfiyen uyulmalıdır. Unutulmamalıdır ki, tüm bu kurallara uyulduğu takdirde bile beton basınç dayanımları şantiyede şartlardan dolayı uygun çıkmayabilir. Bu nedenle taze beton deneylerinde yeterince özen gösterilmeli standartlara uyulmalı ve karota gidilmesine gerek kalmaması sağlanmalıdır. Karot almak için açılan boşluklar rötresiz yüksek dayanımlı tamir harcı ile doldurulmalıdır (Akakın 2013).

Karot alımında kolonların orta kısmının tercih edilmesi gerekmektedir. Karot alımında kiriş gibi eğilmeye çalışan elemanlar tercih edilmemelidir. Kiriş tercih edilecekse sarkan kirişlerden momentin en yüksek olduğu orta kısımlardan değil kolonun açıklığının 1/4 kısmı kadar uzağından alınmalıdır. Ayrıca dökülen betonların üst kısımlarında beton dayanımı daha düşük olmaktadır. Karot beton yüzeyine dik olarak alınır. Betonun döküm doğrultusunda, düşey olarak alınan karot dayanımı, taze beton stabilitesine bağlı olarak, aynı betondan yatay yönde alınan karot dayanımından daha yüksek olabilir. Dayanım farkı tipik olarak % 0-% 8 arasında olmaktadır. Yapılan çalışmalarda dik alınan karotların yatay alınan karotlardan daha fazla dayanıma sahip oldukları görülmüştür. Bunun nedenleri arasında yatayda karot alırken tam düz bir doğrultu sağlanamaması ve agregaların altında biriken terleme sularının dikeyde karot

alındığında basınç altında kalarak fazla etkilenmediği fakat yatayda alınan numunelerde bu terleme sularının yarılma çatlaklarının daha kolay oluşmasına neden olduğu için dayanımı düşürdüğü düşünülmektedir. Bu oran % 8'e kadar çıkmaktadır. Ama yüksek dayanımlı betonlarda bu fark oluşmamaktadır. Bunun nedeni terleme suyunun yüksek dayanımlı betonlarda azlığı olabilir. TS EN 12504'de ve TS 13791'de betondan karot alma yönü ile ilgili bir düzeltme yoktur (Akakın 2013).

Kolonlarda; momentin sıfır olduğu, segregasyon riskinin düşük olduğu orta bölgeden karot alınır. Kolonların üst bölgesinde su/çimento oranı yüksek, agrega oranı düşük olduğundan karot dayanımı düşük çıkmakta ayrıca bu bölgeden karot alınması statik açıdan sıkıntı oluşturabilmektedir. Kolonların alt bölgesinde ise segregasyon riski yüksektir, bu bölge iyi sıkıştırılmış ise agreganın etkisinden dolayı karot dayanımı yüksek çıkabilir (Akçansa 2012).

Suya doymuş karotun dayanımı, diğer özellikleri aynı olan hava kurusu, rutubeti % 8 - % 12 olan karota göre %10 - %15 daha düşük çıkmaktadır. Boşluk oranının artması, dayanımı düşürür. Yaklaşık % 1 boşluk, dayanımı % 5-% 8 oranında düşürür. Beton döküm doğrultusunda, düşey olarak alınan karot dayanımı, taze beton stabilitesine bağlı olarak, aynı betondan yatay yönde alınan karot dayanımından daha yüksek olabilir (Akçansa 2012).

Basınç dayanımının numune biçimine bağlı olarak farklı değerler alması, numune yüzeyleri ile pres tablaları arasındaki sürtünme kuvvetlerine bağlıdır. Bu kuvvete bağlı olarak numunenin serbest bir şekilde genişlemesi önlenmekte ve kırılıp dağılması gecikmektedir. Numunenin narinliğine (yükseklik/çap) bağlı olarak sürtünme kuvveti azalır ve çoğalmaktadır. Öyle ki narinlik azaldığı zaman sürtünme kuvvetleri numunenin tüm yüksekliği boyunca etkin olmakta ve yanal genişlemeyi önleyerek basınç dayanımını artırmaktadır. Narinliğin artması halinde ise yanal genişleme serbestçe oluşmakta ve basınç dayanımı azalmaktadır (Türkel 2006).

2.7.1. Karot değerlendirilmesi

TS EN 13791'e göre yeni yapıda dökülen bir betonun yapıdaki uygunluğu ile ilgili 9. Maddeye göre değerlendirme yapılabilir. Uygun çıkmaması durumunda yeterliliğin değerlendirilmesi amacı ile yapısal analiz yapılır.

TS EN 13791 Madde 9’da uygunluk değerlendirmesi için üç tane farklı alternatif vardır. Bu alternatifler beton miktarına ve dolaylı yöntemlerin kullanımına göre değişmektedir. Bir günlük beton dökümü için az harmanlar için olan üçüncü alternatif kullanılabilir.

a) Çok harmanlı betonlarda (Birden fazla günde dökülen çok büyük temel, çok geniş tabliyelerde yapılabilecek bir uygulama)

i) 15 tane karot alarak istatiksel olarak denetim (1. alternatif)

$$f_{m(n),is} \geq 0,85 \times (f_{ck} + 1,48 \times s)$$

$$f_{is, endüşük} \geq 0,85 \times (f_{ck} - 4)$$

$f_{m(n),is}$ =n adet yerinde basınç dayanımının ortalaması

$f_{s, endüşük}$ =Yapıdaki basınç dayanımlarından en düşüğü

f_{ck} =Standart numune karakteristik basınç dayanımı

s=Standart sapma

Standartta altta verilen not, yetersiz beton dayanımının sadece beton üreticisinden kaynaklanmadığını, betonun uygulamasından da kaynaklanabileceğini ve beton dayanımının düşük olmasının lokal bir sorun olabileceği belirtilmektedir.

“Not 1 - Herhangi bir karotta belirlenen yetersiz dayanım, genel problemden ziyade yerel bir problemi ifade edebilir.”

ii) 15 dolaylı ölçüm (schmidt çekici gibi) sonucu alınarak, en düşük schmidt çekici ölçümü çıkan yerden alınan iki karottan (2. alternatif) her birinin

$$f_{is, endüşük} \geq 0,85 \times (f_{ck} - 4) \text{ ü sağlaması}$$

Standartta verilen bu ikinci alternatifte dolaylı yöntemin yardımı ile en düşük dayanım çıkması muhtemel yer belirlenerek sadece 2 karot alınmasıyla uygunluk değerlendirmesi yapılabilmektedir. Burada schmidt çekici sadece dayanımı en düşük olan bölgenin belirlenmesinde kullanılmakta elde sonuçlar herhangi bir değerlendirmede kullanılmamaktadır.

b) Az harmanlı betonlarda iki karot alınarak her iki karotun (Bu yöntem bir günlük beton üretiminin değerlendirilmesi için kullanılabilir - 3. alternatif)

$f_{is, endüşük} \geq 0,85 \times (f_{ck} - 4)$ ü sağlaması halinde bölgedeki beton dayanımının yeterli olduğunu kabul edilir.

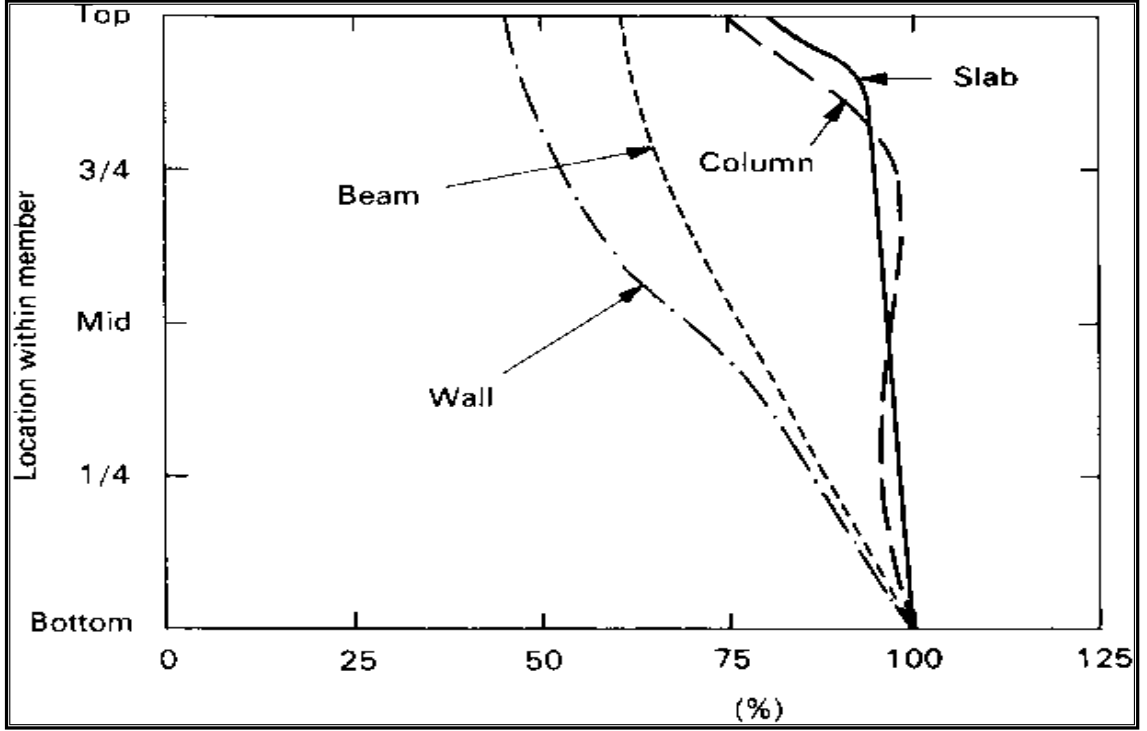
Standarttaki 2. not yine bakımın ve yerleştirmenin etkilerini belirtmektedir;

“Not 2 - Yapıdaki beton dayanımının düşük çıkmasının çok sayıda sebebi vardır. Betonun, şartname gereklerini sağlamaması, yetersiz sıkışma veya şantiyede betona kontrolsüz su ilavesi bu sebepler arasında sayılabilir. Beton imalatçısı ve kullanıcısı, beton dayanımının yetersizliğine sebep olan unsurlardan önemli olanların tanımlanmasına ihtiyaç duyabilir” (Akakın 2013).

3. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Yapılan literatür araştırmalarında, beton basınç dayanımına etki eden faktörlerden betonun dökümü ve bakımının betonun basınç dayanımına etkisi incelenmiştir.

Bungey (1989), taşıyıcı sistemlerde karot alınacak yerin seçilmesi, yerinde dayanım ile standart küp dayanımları arasındaki farkları görmek amacıyla çalışmalar gerçekleştirmiştir. Yaptıkları çalışmada; karot alınma amacı, taşıyıcı elemanlardaki olası gerilme dağılımları ile beton yerleştirmesinde eleman boyutundan kaynaklanan dayanım farklılığı göz önünde tutularak belirlenmesi gerektiği, bir kolonda en yüksek dayanım altta, en düşük dayanım ise üstte elde edildiği ve bu sonucun beton yoğunluğu ile kolon yüksekliğinin çarpımından oluşan beton düşey basıncının şiddeti ile yakından ilgili olduğunu tespit etmiştir. Aynı çalışmada, bir döşeme elemanının yüzeyi -üst kısım- buharlaşma nedeniyle su kaybına uğramasıyla hızlı kuruma sonucu döşeme yüzeyinde kılcal çatlaklar olduğunu, bu döşemenin üst kısmından alınan karotun basınç dayanımı elemanın ortalama dayanım değerinden daha küçük olduğunu gözlemlemiştir. Şekil 3.1'de taşıyıcı elemanların kalınlığı boyunca dayanım büyüklüğu % değişimi gözlemlenmektedir. Ayrıca duvarda alt kısım ile üst kısım arasında çok belirgin ölçüde dayanım farklılığı söz konusu olduğunu, kirişin taşıma gücünü belirlemek amacı ile karot alınıyorsa kirişin üst kısımdan alınması gerektiğini söylemiştir. Yerinde dayanım ile standart küp dayanımları arasındaki sayısal bir karşılaştırmayı Çizelge 3.1'de taşıyıcı sistem bazında vermiştir.



Şekil 3.1. Taşıyıcı elemanların kalınlığı boyunca dayanım büyüklüğü % değişimi (Bungey 1989)

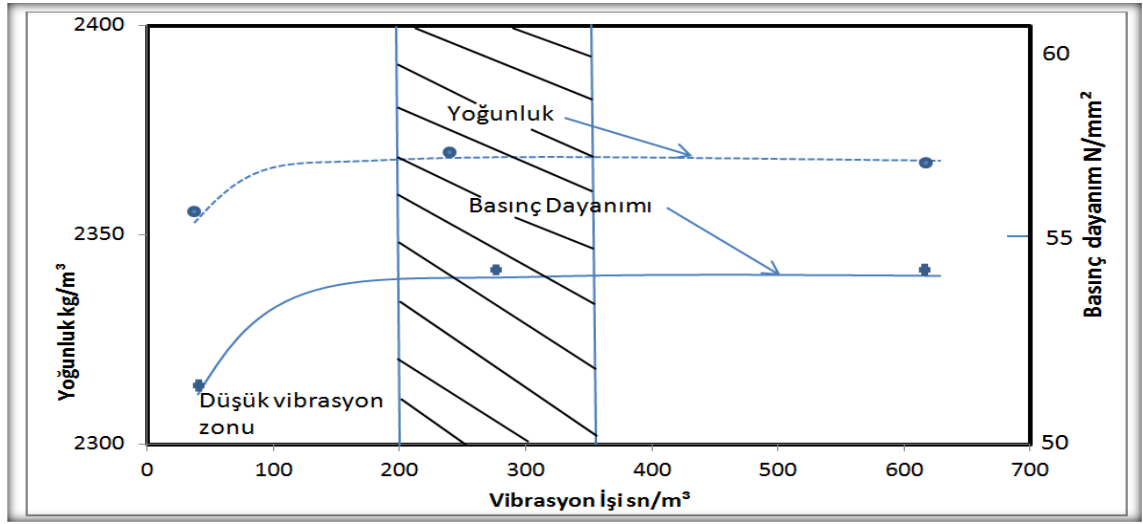
Çizelge 3.1. Yerinde dayanım ile standart küp dayanım arasındaki karşılaştırma (Bungey 1989)

Taşıyıcı eleman	28 günlük standart küp dayanımı cinsinden -%- ortalama değer	Olası aralık
Kolon	65	55-75
Kiriş	75	60-100
Döşeme	50	40-60
Duvar	65	45-95

Çizelge 3.1’de yazar şu pratik sonuçlara ulaşmıştır; ortalama değer itibarıyla en düşük yerinde dayanım döşemelerde gözlenmektedir. İkinci sırada kolon-duvar yer almaktadır. Örneğin standart küp dayanımı 250 kgf/cm^2 olduğunda, döşeme için yerinde beton dayanımı küp eşdeğeri 125 kgf/cm^2 ’dir. Dağılım aralığı itibarıyla en geniş aralık, diğer bir ifadeyle değişkenlik katsayısının en büyük olduğu eleman duvar ve kiriş olmaktadır. Kolon ve döşemedeki dağılım aralığının daha dar olduğu dikkat çekicidir. Şunu da unutmamak gerekir ki; özellikle eğilme gerilmesine maruz kalan taşıyıcı sistemlerde çekme bölgesinden elverdiği takdirde örnek alınmamalıdır. Çünkü o bölgede çekme gerilmelerinden kaynaklanan "kılcal çatlaklar" oluşmaktadır. Bu zondan alınan karot örnekleri zaten delme işleminde örselenme sonucu meydana gelen

çatlakların yanı sıra bu tür çatlakları da içerecektir. Dolayısı ile örnek alınan betonun yerindeki gerçek dayanımından daha düşük olan sonuçların alınmasına neden olunacaktır.

Forsblad ve Sallström (1995), yaptıkları çalışmalarda 200-350 sn/m³ vibrasyon işinde gerek yoğunluk gerekse basınç dayanımı değerleri en üst düzeye ulaştığı, 350 sn/m³ den daha fazla vibrasyon işi uygulamanın dayanım ve yoğunluk kazanımı üzerinde olumlu bir etkisi olmadığı, 200 sn/m³' den daha az vibrasyon işinin uygulanması durumunda ise anılan iki büyüklükte azalma olduğunu tespit etmiştir (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Yoğunluk basınç dayanımı değerlerinin vibrasyon işi ile değişimi (Forsblad ve Sallström 1995)

Yılmaz ve Canpolat (2002), etkin vibrasyonun bilinen önemine vurgu yapmak amacıyla laboratuvar ortamında deneysel bir çalışma gerçekleştirmişler. Bu çalışmada, C20 ve C35 sınıfında iki farklı çökmede üretilen betonların A grubu hariç diğerlerine (B) ilk vibrasyon uygulandıktan sonra yine C grubu hariç diğerlerine 30, 60, 90 dakika sonunda ikinci bir (tekrarlı) vibrasyon yapılmıştır. Standart koşullarda saklanan betonların 7 ve 28 günlük basınç dayanımları bulunduktan sonra tek vibrasyon uygulanan her serideki betonun 28 günlük basınç dayanımı referans alınarak o serideki diğer sonuçları buna göre değerlendirmişlerdir. Yapılan çalışma neticesinde; vibrasyon yapılmamış, ya da kurallara uygun yapılmamış betonların dayanımlarında ciddi oranda azalma olduğu, özellikle çökmesi düşük betonlarda kendi ağırlığı ile yerleşme zorluğundan dolayı bu azalmanın daha yüksek olduğunu (% 35'e yakın) görmüşlerdir.

Sönmezoğlu (2005), hafif betonun mekanik özellikleri üzerinde kür şartlarının etkisini araştırmıştır. Yapılan çalışmada, beton dizilerinin dayanım özelliklerinin kür süresine göre artmış olduğunu belirlemiştir. En yüksek dayanım özelliklerini su kürüne tabi tutulan numuneler ile bunu takiben naylon örtü kürüne tabi tutulan numuneler gösterirken en düşük dayanım özelliği hava kürüne tabi tutulan numunelerde olduğunu görmüştür.

Filiz (2006), karot ve standart silindir numune basınç dayanımları arasındaki ilişkiyi kür koşulunu dikkate alınarak incelemiştir. Yapılan çalışmada, üretilen ve standart kür ortamında saklanan numunelerin basınç dayanımları ile dış ortamda kür edilen numunelerin basınç dayanımları arasında % 20 fark olduğu gözlemlenmiştir. Ortaya çıkan bu % 20'lik dayanım kaybı, günümüzde yeterince yapılmayan beton kürünün uygun yöntemlerle yerine getirilmesi gerektiğini göstermektedir. Aynı çalışmada; standart kür ortamında bekletilen 50mm çaplı karot dayanımları ile standart silindir dayanımları arasındaki doğrusal ilişki elde edilen katsayı yaklaşık 1,54 iken, 75 mm çaplı karot dayanımları ile standart silindir dayanımları arasındaki doğrusal ilişki elde edilen katsayının 1,31 olduğunu görmüştür.

Subaşı ve Beycioğlu, (2009), farklı vibrasyon süreleri uygulanmış ve farklı birim ağırlık değerlerine sahip beton basınç dayanımlarının tahmin edilmesi için alternatif tahmin modelleri geliştirme amacı ile çalışmalar yapmıştır. Yapılan çalışmada, C16 sınıfında tasarımı yapılmış betondan TS EN 12390-2 standartlarına uygun olarak 60 adet 15x15x15 boyutlarında küp kalıba taze beton doldurulmuştur. Kalıplar içerisindeki taze betonlar 0, 5, 10, 15, 20 saniye süre ile vibrasyona tabi tutulmuştur. Numuneler 28 gün kür edildikten sonra deneylere başlanmıştır. Sonuç olarak, 10 sn den daha fazla vibrasyon uygulandığında numunelerin basınç dayanımı değerlerinin azaldığı, bu azalmanın aşırı vibrasyondan dolayı betonda meydana gelen segregasyondan kaynaklandığı düşünülmüştür.

Subaşı vd. (2010), uçucu kül ikameli betonlarda vibrasyon süresinin betonun fiziksel ve mekanik özelliklerine olan etkisini belirlemek amacı ile çalışmalar yapmıştır. Yapılan çalışmada, içerisinde % 10 oranında uçucu kül ikamesi kullanılan C30 betonu hazırlanmıştır. Hazırlanan beton karışımından 21 adet 15x15x15 boyutlarında kalıba taze beton doldurulmuştur. Kalıplar içerisindeki taze betonlar 0, 5, 10, 15, 17, 20 saniye süre ile vibrasyona tabi tutulmuştur. Numuneler 28 gün kür edildikten sonra deneylere

başlanmıştır. Sonuç olarak, vibrasyon süresine bağlı olarak betonun fiziksel ve mekanik özelliklerinde önemli değişikliklerin olduğu belirlenmiştir. Vibrasyon uygulanmayan numunelerin en düşük dayanıma, 15 saniye süre ile vibrasyon uygulanan numunelerin ise en büyük dayanıma sahip olduğu tespit etmişlerdir.

Berber (2010), karot numune dayanımına etki eden parametreler incelemiş ve beton kabul koşulları yürürlükte olan standartlara göre değerlendirilmiştir. Yapılan çalışmada, 'kür' uygulamasının beton basınç dayanımını önemli ölçüde etkilediği sonucuna varmıştır. Standarta uygun bir şekilde laboratuvar ortamında kür edilen numunelerle şantiye koşullarında kür edilen numuneler arasında önemli derecede dayanım farklılıkları ortaya çıkmıştır. Şantiyede kür edilen numunelerin dayanımlarının, laboratuvarda kür edilen numunelerin dayanımına oranı yaklaşık % 85 olarak belirlemiştir.

Uysal vd. (2011), dekoratif ve estetik uygulamalarda kullanılan beyaz çimentonun betonda bağlayıcı malzeme olarak kullanılması halinde farklı çimento oranlarında, katkılı ve katkısız olarak üretilen beyaz betonların dayanımları üzerinde değişen kür koşullarının etkisini araştırmıştır. Yapılan çalışmada, beton kürü için gerekli koşullar hidrasyon için yeterli suyun bulunması yani beton içerisindeki suyun buharlaşarak azalmaması ve beton sıcaklığının (10°C) den daha düşük olmaması şeklinde belirlendikten sonra en iyi kür yöntemine numuneleri su içerisinde saklama ile erişileceği elde edilen sonuçlardan görmüştür. Bu sonuç uygulamada yani ilk günlerde betonun sulama işleminin düzenli olarak yapılmasını gerektiğini göstermiştir. Ayrıca; herhangi bir kür uygulaması olmaksızın naylon örtü içerisinde bekletilen beyaz betonlar, mevcut suyu kaybetmeyerek, hidrasyon için gerekli olan suyu bünyesinden karşılamış, açıkta bırakılan numunelere göre daha yüksek dayanım göstermiştir. Bu sonuç, hiçbir kür uygulanmaksızın, hakim ortam koşullarında doğrudan dış etkiler altında, beton özelliklerinin olumsuz yönde etkilendiğini ortaya koymuştur. Laboratuvar ortamında açık olarak bırakılan ve herhangi bir kür işlemine tabi olmayan beton numunelerde basınç dayanım değerleri suda ve laboratuvar ortamında naylon örtüye sarılı olarak bekletilen numunelerden elde edilen dayanım düzeyinden daha düşük olduğunu söylemiştir. İlk günden itibaren laboratuvarda açık olarak bekletilen betonların 90 günlük dayanımlarının 28 günlük dayanıma göre yaklaşık % 11 kadar artmış olduğunu görmüşlerdir.

Akyüz (2013), resmi çalışmalarda beton denetiminde göz ardı edilen ya da yapıldığı kabul edilen kür, sıkıştırma, sıcaklık ve yağış koşullarının, beton basınç dayanımına, ayrıca; birim külesine ne denli etki ettiğine dair somut verileri elde edilerek, sonuçları irdelemiştir. Yapılan çalışmada, standartlara uygun olarak, beton karıştırıcısından alınan 15x15x15 cm boyutlarındaki küp beton numuneler 25 defa şişlenerek ya da tokmaklanarak, şantiye ortamında yaklaşık 1 gün korunaklı alanda muhafaza edildikten sonra, hava koşullarına bağlı olarak ortalama 1. günün sonunda, toplam 28 gün saklanmak üzere yapı malzemesi laboratuvarına taşınmakta ve orada 18-22 derece sıcaklıkta ve su içerisinde saklanarak 28. gün sonunda beton basınç dayanımı sonucuna bakılmıştır. Sonuç olarak; resmi laboratuvar beton denetiminde göz ardı edilen ya da yapıldığı kabul edilen kür, sıkıştırma, sıcaklık ve yağış koşullarının, beton basınç dayanımına, ayrıca; birim külesine ne denli etki ettiğine dair somut verileri elde ederek, sonuçların irdelemesi sonucunda sıkıştırma koşullarının beton basınç dayanımına yaklaşık %15 oranında katkısı olduğu, beton dökümünde etkili bir sıkıştırma yönteminin boşluksuz ve yüksek dayanımlı beton elde etmek için vazgeçilmez olduğunu söylemiştir.

4. MATERİYAL METOD

4.1. Materyal

4.1.1. Hazır beton

Bu çalışmada beton santralinde üretilen ve beton pompasıyla basılan C 30/37 basınç dayanım sınıfında hazır beton kullanılmıştır. Tasarlanan beton sınıfı C 30/37 için üretici firma tarafından; çimento çeşidi olarak CEM I 42.5 R, agrega türü doğal dere malzemesi seçilmiştir. Üretici tarafından 1m³ betonda 320 kg çimento, 160 kg su, 850 kg ince agrega, 1150 kg kaba agrega kullanılarak 2480 kg/m³ birim kütleyle sahip bir taze beton bileşimi tasarlanmıştır (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1. 1 m³ betonda kullanılan malzeme miktarları

Kullanılan Malzeme Cinsi	Miktarı (kg)
Çimento CEM I 42.5 R	320
Su	160
İnce agrega	850
Kaba agrega	1150
TOPLAM	2480 kg/m³

4.1.2. Kalıp

Çalışmada 4 adet 40x40x250 cm boyutlarında film kaplı (plywood) düz yüzeyli çıplak beton ve betonarme kalıbı kurulmuştur (Şekil 4.1). 21 mm kalınlığında film kaplı (plywood) suni tahtalarla betonun suyunu sızdırmayacak şekilde kalıp yüzeyi teşkil edilmiş, betona gelecek yüzeyler yağlanmıştır. Kullanılan kalıp dakikada 8000-12000 devirli vibratöre dayanacak şekilde takviye edilmiştir.



Şekil 4.1. Çalışma için kurulan kalıplar

4.1.3. Beton transmikseri ve pompa

Transmikser, hazır beton tesislerinde karılması tamamlanmış olan taze betonun, yapıdaki yerine taşınmasında kullanılır. Çalışmada yaş karışımı, 1-4 devir/dakika ile dönen, en fazla 300 devir yapan, 9 m³ beton taşıyabilen transmikser kullanılmıştır.

Pompa, taze betonu pompa gücü ile borular içerisinden geçirerek dökülecek yere ulaştırmasında kullanılır. Beton borularının son kısmında lastik yapılı fil hortumu bulunur. Fil hortumu, borulardan geçen betonun güvenli şekilde dökülmesine yardımcı olur. Çalışmada 25m yüksekliğe beton basabilen pompa kullanılmıştır.

4.1.4. Beton vibratörü

Vibratör, beton içerisinde titreşim hareketi yapan makine olup, elektrik veya basınçlı hava ile çalışan tipleri vardır. Çalışmada yüksek frekanslı (9000-12000 vibrasyon/dakika) elektrikli dalgıç vibratör kullanılmıştır.

4.1.5. Beton karot makinesi

Sertleşmiş prizmatik beton numunelerden karot, beton döküm doğrultusunda ya da bu doğrultuya dik doğrultuda alınabilmektedir. Bu çalışmada teknik bilimler meslek yüksek okulu inşaat bölümü laboratuvarlarında bulunan, 10 cm çaplı, kristal başlıklı karot makinesi kullanılmıştır.

4.1.6. Ultrases cihazı

Ultrases, beton içinden geçirilen, yapay olarak oluşturulmuş, yüksek frekanslı ses dalgalarının geçiş süresinin ölçülmesi ilkesine dayanır. Bu çalışmada teknik bilimler meslek yüksek okulu inşaat bölümü laboratuvarlarında bulunan ultrases cihazı kullanılmıştır.

4.1.7. Beton pres makinesi

Beton Pres Makinesi, sertleşmiş beton deney numunelerinin basınç dayanımı tayini için kullanılır. Çalışmada TS EN 12390-4'e uygun olarak numuneler, Yüksel Kaya Makine üretili 200 tonluk basınç deney makinesinde kırılıncaya kadar yüklenip, numunelerin taşıyabildiği en büyük yükler belirlenmiş ve numunelerin beton basınç dayanımları hesaplanmıştır.

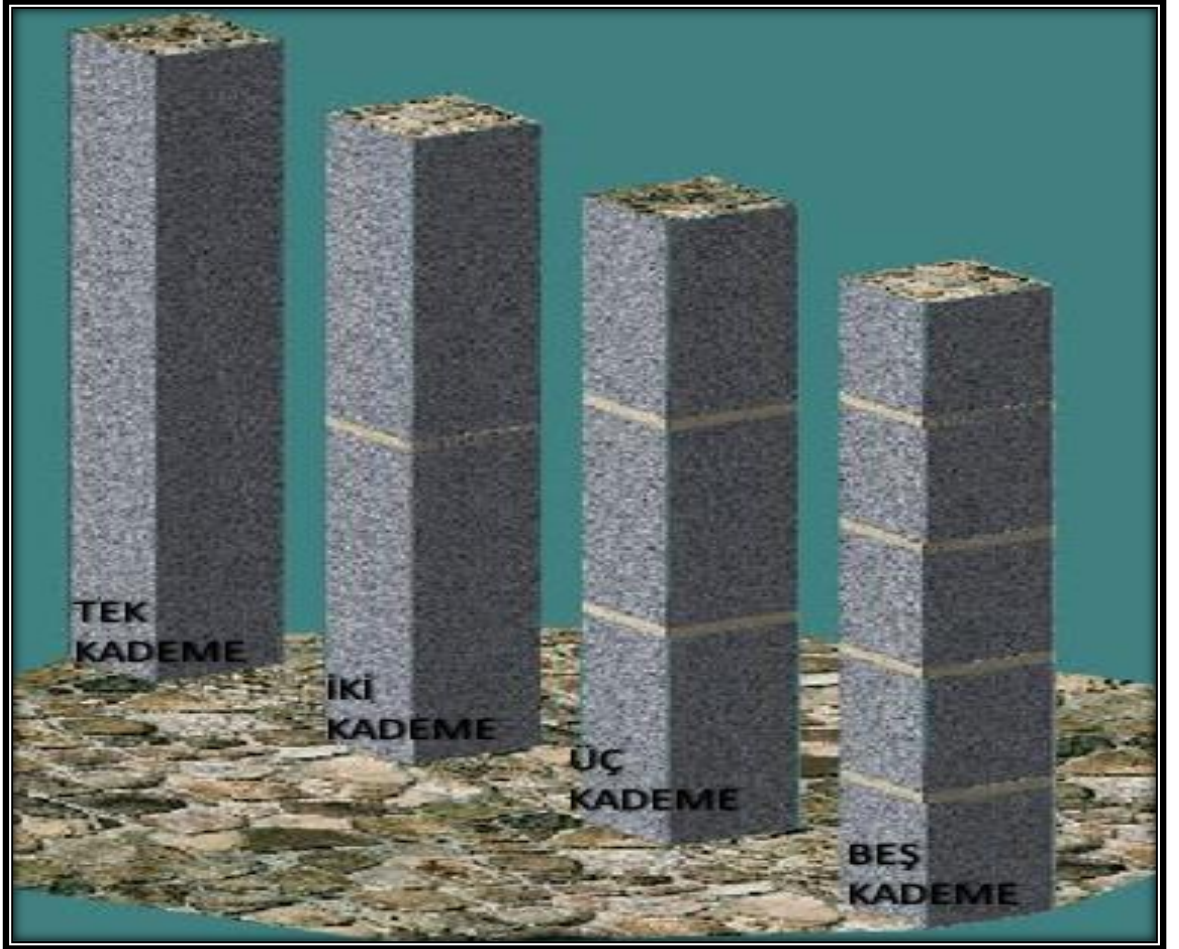
4.2. Metod

4.2.1. Şantiye ve saha çalışmaları

Bu çalışmada 4 adet 40x40x250 cm boyutlarında kolon betonu dökülmüştür. Kolanların beton döküm işleminde; **K1** kolonu dökümünde tek kademedeki ve vibratörsüz döküm, **K2** kolonu dökümünde iki eşit kademedeki ve vibratörlü şantiye koşullarında, **K3** kolonu dökümünde üç eşit kademedeki ve vibratörlü şantiye koşullarında, **K4** kolonu dökümünde 5 eşit kademedeki ve vibratörlü standartlara uygun döküm yapılmıştır (Çizelge 4.2 ve Şekil 4.2).

Çizelge 4.2. Kolonlara uygulanan beton döküm ve bakım şeması

Kolonlar	Döküm Kademesi	Vibrasyon Uygulaması	Bakım İşlemi
K1	Tek Kademe Döküm	Vibratörlü	Kürsüz
K2	İki Kademe Döküm	Şantiye Koşullarında Vibratörlü	Şantiye Koşullarında Kürlü
K3	Üç Kademe Döküm	Şantiye Koşullarında Vibratörlü	Şantiye Koşullarında Kürlü
K4	Beş Kademe Döküm	Standartlara Uygun Vibratörlü	Standartlara Uygun Kürlü



Şekil 4.2. Kolonlara uygulanan beton döküm planı

Şantiyede plywood kalıplarla düşey panolar oluşturulup, panolar mesnet elemanı olan yatay kuşaklarla desteklenerek üstü açık yanları kapalı 4 adet kolon kalıbı kurulmuştur. Kurulan kalıplara, kalıp içerisindeki betonun seviyelerini anlamak için matkapla küçük çaplı ölçü delikleri açılmıştır. Bu şekilde beton istenilen döküm seviyesine ulaştığında ölçü deliklerindeki çıkan beton şerbeti ile beton döküm işlemi durdurulmuştur.

Beton döküm sırasında kullanılacak araç ve gereçler betonun siparişi verilmeden önce çalışma bölgesine getirilmiştir. Beton pompası döküm yapılacak bölgeye kurulduktan sonra hazır beton santralinden C30/37 sınıfında betonun siparişi verilmiştir.

Transmikserlerle taşınan hazır beton şantiye alanına ulaştıktan sonra beton slump ölçümü yapılmış, betonun slumpı 16 cm bulunmuştur. Ayrıca hazır betonun laboratuvar ortamında 7 ve 28 günlük basınç dayanımı ölçmek için hazır beton firması tarafından küp numuneler alınmıştır. Ortam sıcaklığı 35 °C, beton sıcaklığı 33 °C ölçülmüştür.

Tüm hazırlıklar tamamlandıktan sonra döküm aşamasına geçilmiştir (Şekil 4.3).

K1 kolonuna; fil hortumu döküm yüksekliği yaklaşık 30-40 cm olacak şekilde kalıbın içene girerek tek seferde vibratör uygulaması yapılmadan hazır beton dökülmüştür.

K2 kolonuna; kademe yüksekliği $250/2=125$ cm olacak şekilde 2 kademede döküm yapılmıştır. Fil hortumu döküm yüksekliği yaklaşık 30-40 cm olacak şekilde kalıbın içene girerek 1. kademe betonu dökülmüştür. Dökümün ardından şantiye koşullarında yaklaşık 10 sn vibratör uygulaması yapılmış ve 1. kademe beton dökümü tamamlanmıştır. Aynı işlemler 2. kademeye de uygulanmıştır.

K3 kolonuna; kademe yüksekliği $250/3=83,33$ cm olacak şekilde 3 kademede döküm yapılmıştır. Fil hortumu döküm yüksekliği yaklaşık 30-40cm olacak şekilde kalıbın içene girerek 1. kademe betonu dökülmüştür. Dökümün ardından şantiye koşullarında yaklaşık 10 sn vibratör uygulaması yapılmış ve 1. kademe beton dökümü tamamlanmıştır. Aynı işlemler 2. ve 3. kademelere de uygulanmıştır.

K4 kolonuna uygulanan yöntem; kademe yüksekliği $250/5=50$ cm olacak şekilde 5 kademede döküm yapılmıştır. Fil hortumu döküm yüksekliği yaklaşık 30-40 cm olacak şekilde kalıbın içene girerek 1. kademe betonu dökülmüştür. Dökümün ardından standartlara uyularak, 10-15 sn arası vibratör uygulaması yapılmış, vibratör ucu beton suyu yüzeyde toplanmaya başladığı an yavaşça çıkartılarak ilk kademe beton dökümü tamamlanmıştır. Aynı işlemler 2.,3.,4. ve 5. kademelere de uygulanmıştır.



Şekil 4.3. Botunun kalıplara dökülmesi

Beton dökümünden 24 saat sonra kalıplar sökülüştür (Şekil 4.4).



Şekil 4.4. Beton kalıplarının sökülmesi

Üretimi yapılan kolonlar farklı kür uygulamalarına tabi tutulmuştur. K1 kolonuna kür uygulaması yapılmamış, K2 kolonuna 7 gün, K3 kolonuna 7 gün, K4 kolonuna 28 gün şantiye ortamında su ile kür uygulanmıştır. K1, K2 ve K3 kolonları beton dökümünden 7 gün sonra üzerlerine naylon örtü serilerek korunmuştur. K4

kolonu ise beton dökümünden 28 gün sonra üzerlerine naylon örtü serilerek korunmuştur (Şekil 4.5).



Şekil 4.5. Kolon numunelerin şantiyede kür edilmesi ve korunması

Kolon betonları şantiye ortamında 5 ay muhafaza edilmiş ve bu süre sonunda kolonlar kesilmek üzere Adıyaman mermer fabrikasına götürülmüştür (Şekil 4.6).



Şekil 4.6. Kolon numunelerin Adıyaman Mermer fabrikasına taşınması

Kolonların her biri fabrikada alt, orta ve üst bölgelerinden este makinesi ile kesilerek 40x40x25 cm ölçülerinde $4 \times 3 = 12$ adet dikdörtgen prizmalı beton numuneleri çıkarılmıştır (Şekil 4.7).



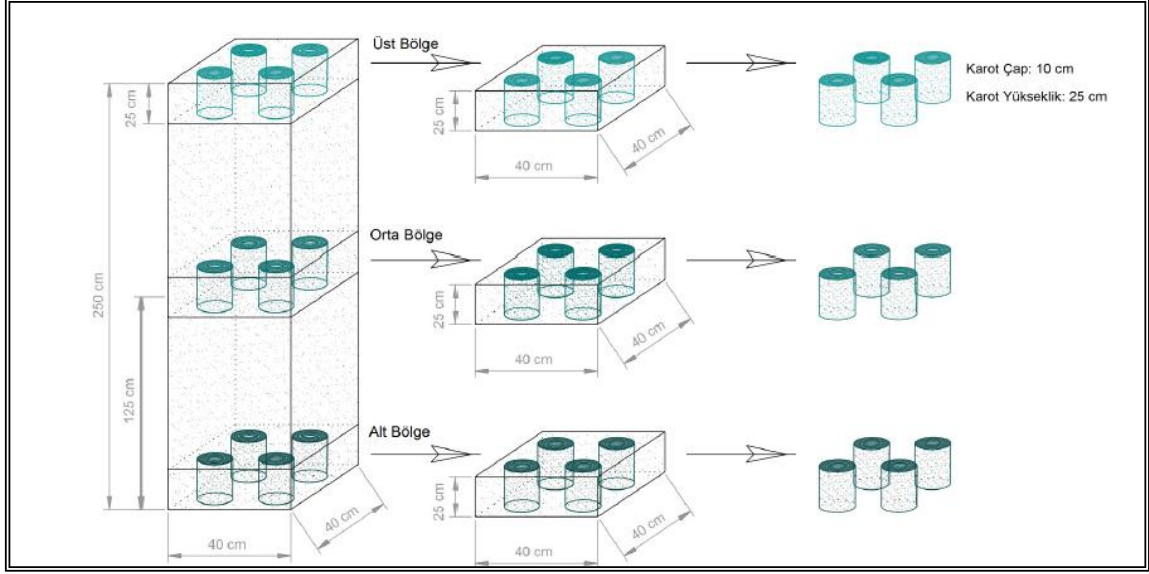
Şekil 4.7. 40x40x25 cm boyutlarına kesilen beton numuneleri

Kesilen kolon numuneleri karot alma işlemine tabi tutulmak üzere Adıyaman Üniversitesi Meslek Yüksekokulu İnşaat Bölümü laboratuvarı sahasına taşınmıştır.

Karot makinesi ile beton döküm doğrultusunda numuneler alınmıştır. Her bir numuneden 4 adet olmak üzere toplam 48 (12x4) adet, 10x25 cm boyutlarında karot numuneleri alınmıştır (Şekil 4.8-4.9).



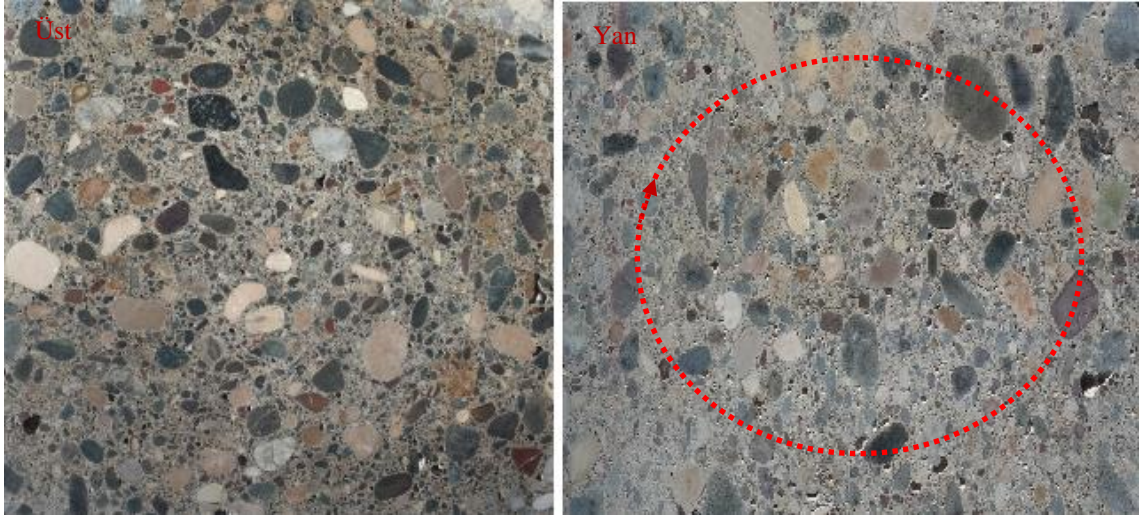
Şekil 4.8. Karot alma işlemi



Şekil 4.9. Kolonlardan karot alımı.

4.2.2. Laboratuvar çalışmaları

Kolonların alt, orta ve üst bölgelerinden este ile kesilen prizmatik numunelerin, üstten ve yandan fotoğraflar çekilmiştir. Çekilen fotoğraflarda vibrasyon işlemi ile betondaki agrega durumu (dağılımı, yönelimi, segregasyonu vb.) gözlemlenmiştir (Şekil 4.10).



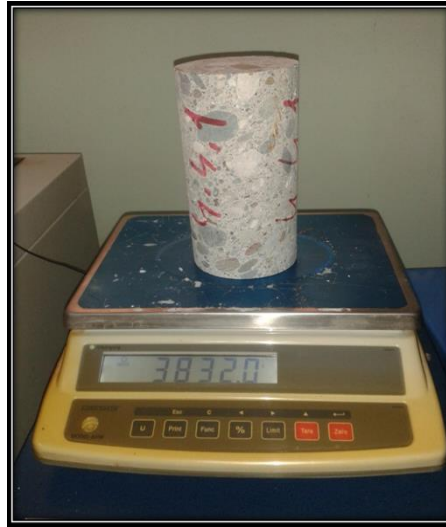
Şekil 4.10. Prizmatik numunelerde gözlemlenen agrega dağılımı.

Prizmatik numunelerden alınan 10 cm çapındaki karotlar narinlikleri 2 olacak şekilde (1/2) ölçülerek, Adıyaman Mermer fabrikasına ait taş mermer baş kesme makinesi ile alt ve üst yüzey birbirine paralel olacak şekilde kesilmiştir (Şekil 4.11).



Şekil 4.11. Adıyaman Mermer fabrikasında karot numunelerinin ölçülerek başlık kesimi

Karot numuneleri 15 gün Adıyaman Üniversitesi teknik bilimler meslek yüksek okulu inşaat bölümü laboratuvarlarında korunduktan sonra tartılarak deney aşamalarına geçilmiştir (Şekil 4.12).



Şekil 4.12. Karot numunelerinin tartılması

4.2.2.1. Ultrases cihazı deneyi

Deney aşamasına geçilmeden önce kalibrasyon çubuğu ile ultrases cihazının kalibrasyonu doğrulanmıştır (Şekil 4.13).

Deney aleti kablolarına bağlı alıcı ve verici başlıklar dayanımı belirlenecek karotun iki yüzüne, beton yüzeyinde boşluk kalmayacak şekilde yerleştirilmiştir. Deney aletinin ürettiği elektrik sinyali verici başlığın kristaline iletir ve burada sinyaller ses

dalgalarına dönüşür. Verici başlık alıcı başlığa, deneye tabi tutulan beton eleman boyunca geçen bir ses dalgasını iletir, burada ses dalgası elektriksel akıma dönüşür ve bu akım, deney aletinin katot ışın tüpünden izlenmiştir (Şekil 4.13). Bunun yanında ses dalgasının vericiden alıcıya geçmesi için geçen süre, deney aleti tarafından 1µs hassasiyetle ölçülmektedir.

Ultrases hızı olarak tanımlanan sesin beton içinden geçiş hızı; alıcı ve verici arasındaki geçiş uzunluğunun geçiş süresine bölünerek, km/s cinsinden bulundu.



Şekil 4.13. Ultrases cihazına kalibrasyon yapılması ve numunelere uygulanan ultrases deneyi

4.2.2.2. Basınç dayanım deneyi

48 adet karot numunesi, 200 tonluk basınç presinde, 6 MPa/sn' lik sabit bir yükleme hızında yükleme işlemi yapıp, numune kırılmış ve bilgisayar üzerinden okunan en yüksek gerilme değeri okunmuştur (Şekil 3.14). Okunan değer P (N), basınç kuvvetinin uygulandığı alan A (mm²) olmak suretiyle basınç dayanım değerleri f_c (MPa) olarak $f_c = P/A$ bağıntısından hesaplanmıştır.

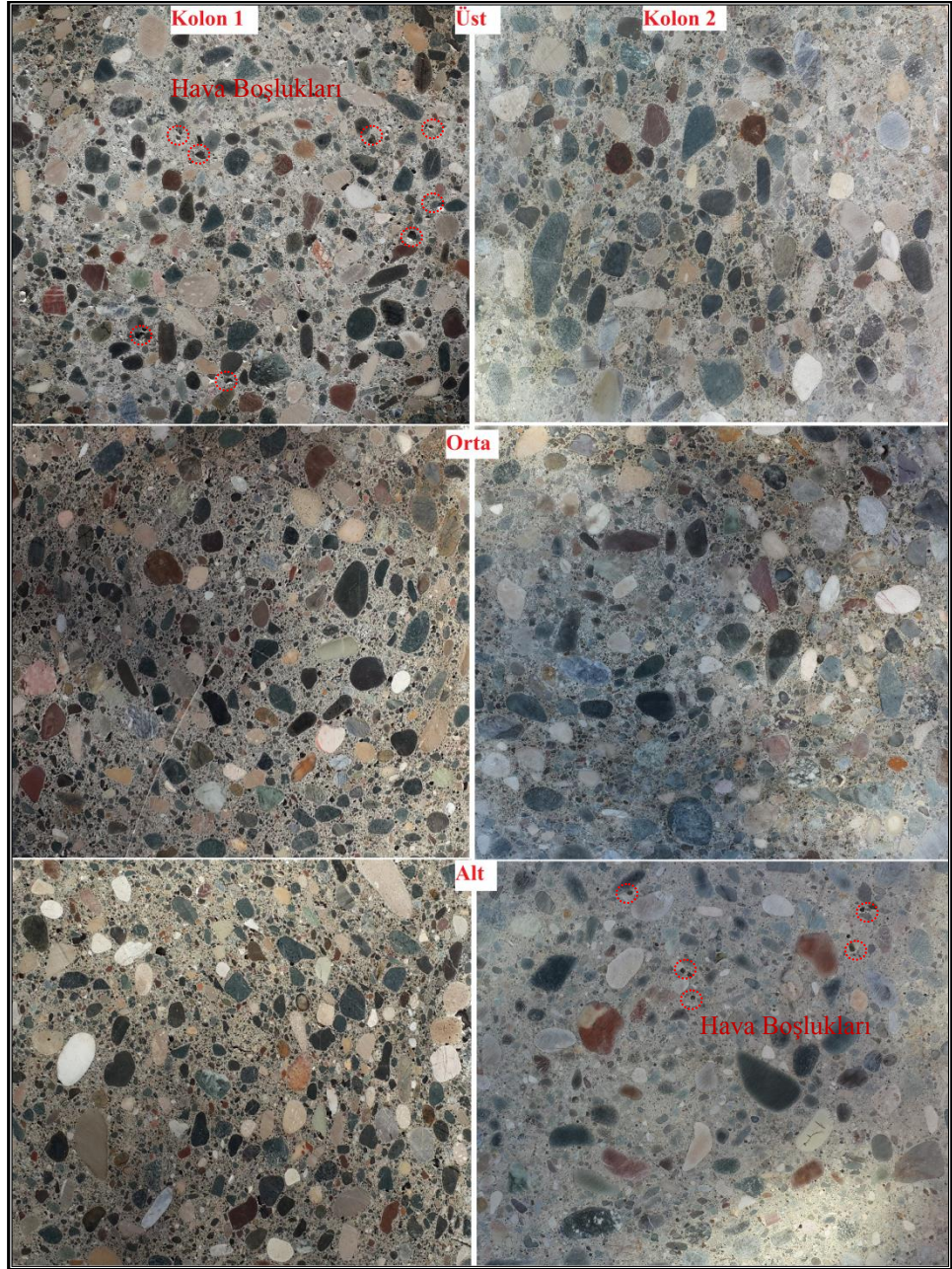


Şekil 4.14. Karot numunelerine uygulanan basınç deneyi

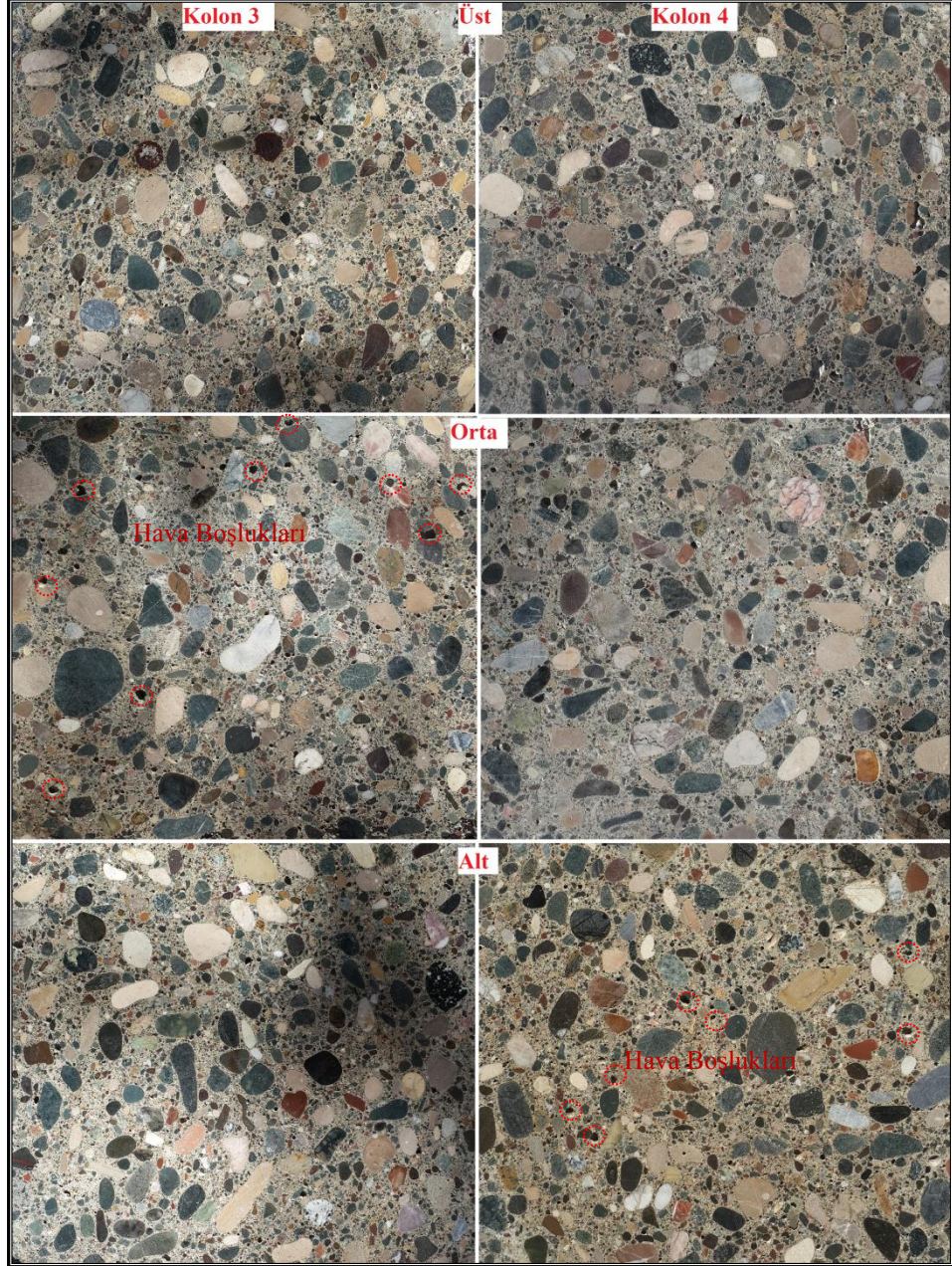
5. ARAŞTIRMA BULGULARI

5.1. Kolonlarda Vibrasyonun Agregada Dağılımına Etkisi

Çalışmanın amacı doğrultusunda kolonların alt, orta ve üst bölgelerinden elde edilen prizmatik numunelerdeki agrega dağılımı incelenerek segregasyon (ayrışma) durumu resimler üzerinde incelenmiştir (Şekil 5.1 ve 5.2).



Şekil 5.1. Birinci ve ikinci kolondaki bölgesel agrega dağılımı ve segregasyon olayı



Şekil 5.2. Üçüncü ve dördüncü kolondaki bölgesel agrega dağılımı ve segregasyon olayı

Sekil 5.1’de görüldüğü üzere vibrasyon uygulanmamış 1. kolonda alt bölgede tanelerde segregasyon gözlemlenmekte, iri ve ince agrega taneleri belirli bölgelerde kümelendikleri net bir şekilde görülmektedir. 1. kolonun orta bölgesinde agrega taneleri belirli bir yönde dairesel dağılım gösterirken, alt bölgeye göre belirli bir segregasyon gözlenmemekte birlikte kısmen segregasyon gözlemlenmektedir. Aynı kolonun üst kısmında ise hava boşlukları gözlemlenmektedir.

İki kademe vibrasyon uygulanan 2. kolonun alt bölgesinde agrega taneleri vibrasyona bağlı olarak bir yönelim göstermekte, vibrasyon uygulanan yerin

merkezinde iri agregalar görülmezken, dış bölgede iri agregalar dairesel bir şekilde dizilim göstermiş, vibrasyon merkezinden dışa doğru gidildikçe beton içerisinde hava boşlukları görülmüştür. Aynı kolonun orta bölgesindeki agrega taneleri alt bölgeye göre az bir segregasyon gözlemlenmekte, üst bölgede ise taneler herhangi bir yönelim gözlemlenmemesine karşın segregasyon görülmemektedir.

Sekil 5.2’de görüldüğü üzere üç kademe vibrasyon uygulanan 3. kolonda alt, orta ve üst bölgelerde tanelerde segregasyon gözlemlenmemiştir. Aynı kolonun üst bölgesinde boşluk gözlemlenmezken orta ve alt bölgelerde kısmen hava boşlukları görülmüştür.

Beş kademe vibrasyon uygulanan 4. kolonda alt, orta ve üst bölgelerde tanelerde segregasyon gözlemlenmemiştir. Aynı kolonun alt bölgesinde aşırı vibrasyondan dolayı hava boşlukları gözlemlenmektedir.

Kolonlar birlikte değerlendirildiğinde 1. kolon diğer üç kolona göre en fazla segregasyona uğramıştır. En iyi agrega dağılımı 4. kolonda olduğu gözlemlenmiştir. Tüm kolonların üst bölgeleri alt bölgelere göre daha az ayrışma ve yönelim göstermiştir. Tüm bu gözlemler neticesinde 4. kolon kendi içinde özdeş şekilde en iyi agrega dağılımını göstermiştir.

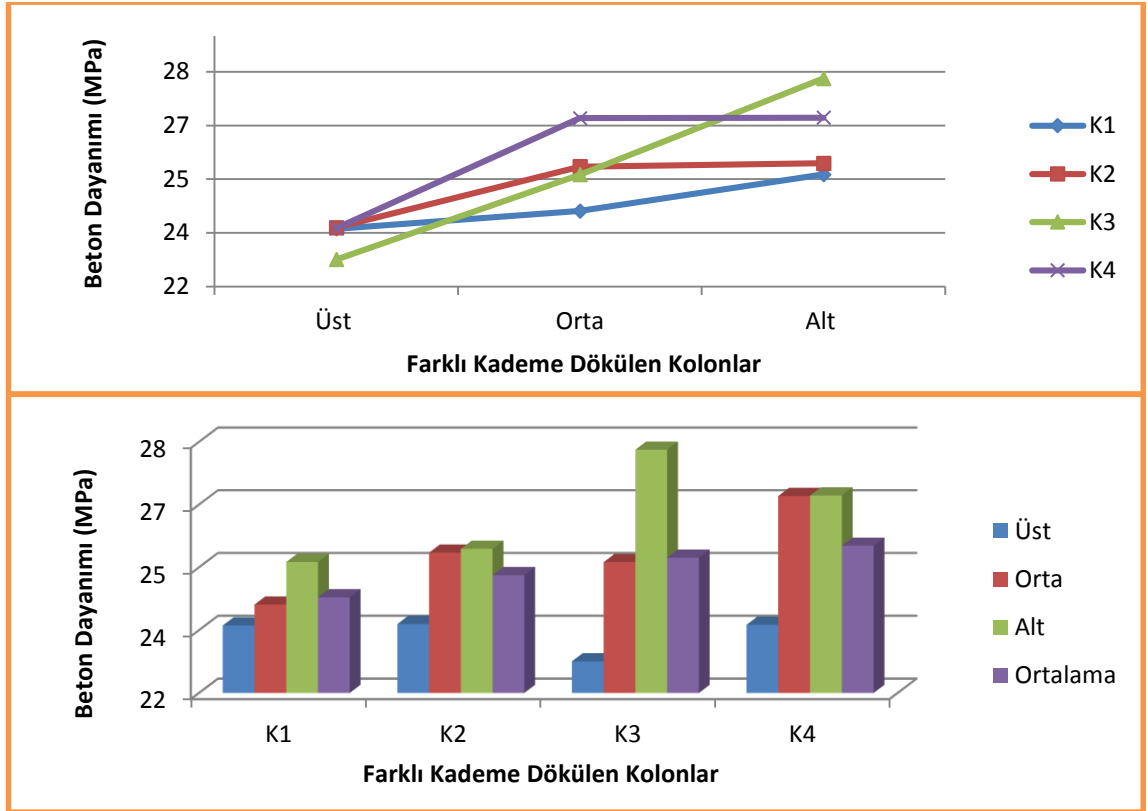
5.2. Basınç Dayanım Deneyi

Çalışmanın amacı doğrultusunda her kolonun üst,orta ve alt bölgelerinden alınan 10x20 cm boyutlu 4x3x4=48 adet silindir karot numunelerin basınç dayanımları,ortalamaları ve standart sapmaları Çizelge 5.1’de verilmiştir.

Çizelge 5.1. Karotların basınç deneyi sonucu bulunan dayanımları ve ortalamaları

Kolon No	Kolon Bölgesi	Karot No	Basınç (MPa)	Ort. (MPa)	Std. sapma	Kolon No	Kolon Bölgesi	Karot No	Basınç (MPa)	Ort. (MPa)	Std. sapma
K1	Üst	1.1.1	23,35	23,61	±2,848	K3	Üst	3.1.1	20,89	22,75	±2,064
		1.1.2	22,94					3.1.2	24,22		
		1.1.3	27,50					3.1.3	21,07		
		1.1.4	20,66					3.1.4	24,84		
	Orta	1.4.1	25,74	24,11	±1,143		Orta	3.4.1	22,65	25,12	±1,891
		1.4.2	23,32					3.4.2	26,04		
		1.4.3	23,32					3.4.3	27,03		
		1.4.4	24,05					3.4.4	24,78		
	Alt	1.8.1	21,95	25,13	±3,781		Alt	3.8.1	28,23	27,81	±2,702
		1.8.2	24,87					3.8.2	31,47		
		1.8.3	30,51					3.8.3	25,89		
		1.8.4	23,19					3.8.4	25,66		
K2	Üst	2.1.1	23,63	23,65	±3,379	K4	Üst	4.1.1	25,30	23,63	±1,316
		2.1.2	19,08					4.1.2	22,84		
		2.1.3	27,15					4.1.3	22,35		
		2.1.4	24,72					4.1.4	24,02		
	Orta	2.4.1	26,74	25,35	±3,207		Orta	4.4.1	27,95	26,71	±1,828
		2.4.2	22,94					4.4.2	23,99		
		2.4.3	29,22					4.4.3	27,56		
		2.4.4	22,50					4.4.4	27,32		
	Alt	2.8.1	26,30	25,44	±1,610		Alt	4.8.1	27,64	26,72	±1,291
		2.8.2	23,03					4.8.2	25,21		
		2.8.3	26,24					4.8.3	26,08		
		2.8.4	26,20					4.8.4	27,94		

Kolonların bölgesel dayanım ortalamaları ve genel dayanım ortalamaları Şekil 5.3’ de gösterilmiştir.



Şekil 5.3. Kolonların bölgesel dayanım ortalamaları

Çizelge 5.1 ve Şekil 5.3’den de görüldüğü gibi, kolonlarda karot alınan bölgeye ve döküm yöntemine göre yerinde basınç dayanımları farklılık göstermektedir. Dayanım sonuçları incelendiğinde aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

Kolonların kendi içerisindeki ortalama dayanımları incelendiğinde, her kolonda en düşük dayanım üst bölgede, en yüksek dayanım alt bölgede çıkmıştır. Kolonların kendi aralarında genel ortalama dayanımları incelendiğinde; en düşük dayanım K1 kolonunda, en yüksek dayanım K4 kolonunda çıkmıştır. K1 kolonun ortalama dayanımı K4 kolonun ortalama dayanımına göre % 5 dayanım kaybı göstermiş olup, K1 kolonun orta bölgesindeki ortalama dayanımı K4 kolonun orta bölgesindeki ortalama dayanımı göre % 10 dayanım kaybı göstermiştir.

K2 kolonun ortalama dayanımı, K3 kolonun ortalama dayanımından daha küçük çıkmıştır. Ancak K2 kolonun orta bölgesindeki ortalama dayanımı, K3 kolonun orta bölgesindeki ortalama dayanımından daha büyük çıkmıştır. Bu durumun vibratör işlemine maruz kalan bölgenin K2 kolonunun orta noktasına denk gelmesinden kaynaklandığı düşünülmüştür.

Genel olarak vibratör ve kür uygulaması ile yerinde basınç dayanımlarının arttığı görülmüş ancak K4 kolonun alt bölgesindeki ortalama dayanım K3 dökülen kolonun alt bölgesindeki ortalama dayanımına göre % 4 dayanım kaybı göstermiştir. Bu durumun sebebinin, K4 kolonun alt bölgesinin K3 kolonunun alt bölgesine göre vibrasyon titreşimine daha fazla maruz kalmasından kaynaklandığı düşünülmüştür.

Kolonların ölçümünde elde edilen sonuçların TS EN 13791'in 9. Maddesine göre değerlendirilmiş olup, dayanımın $f_{is, \text{endüşük}} \geq 0,85 \times (f_{ck} - 4)$ ü sağlamasına bakılmıştır. C30/37 sınıfı betonu için, $f_{ck} = 30$ MPa olduğundan $0,85 \times (f_{ck} - 4) = 22,10$ MPa bulunmuş ve bulunan bu değer ölçülen en düşük karot dayanımdan küçük olması gerekmektedir. Tüm kolonlar için bölgesel en düşük dayanım değerlerine bakılarak değerlendirme yapılmıştır.

K1 kolonu için; üst bölgede $f_{is, \text{endüşük}} = 20,66$ MPa < 22,10 MPa olduğundan beton uygun çıkmamıştır, kolonun orta bölgesinde ise $f_{is, \text{endüşük}} = 23,32$ MPa > 22,10 MPa olduğundan beton uygun çıkmıştır, kolonun alt bölgesinde ise $f_{is, \text{endüşük}} = 21,95$ MPa < 22,10 MPa olduğundan beton uygun çıkmamıştır.

K2 kolonu için; üst bölgede $f_{is, \text{endüşük}} = 19,08$ MPa < 22,10 MPa olduğundan beton uygun çıkmamıştır, kolonun orta bölgesinde ise $f_{is, \text{endüşük}} = 22,50$ MPa > 22,10 MPa olduğundan beton uygun çıkmıştır, kolonun alt bölgesinde ise $f_{is, \text{endüşük}} = 23,95$ MPa > 22,10 MPa olduğundan beton uygun çıkmıştır.

K3 kolonu için; üst bölgede $f_{is, \text{endüşük}} = 20,89$ MPa < 22,10 MPa olduğundan beton uygun çıkmamıştır, kolonun orta bölgesinde ise $f_{is, \text{endüşük}} = 22,65$ MPa > 22,10 MPa olduğundan beton uygun çıkmıştır, kolonun alt bölgesinde ise $f_{is, \text{endüşük}} = 25,66$ MPa > 22,10 MPa olduğundan beton uygun çıkmıştır.

K4 kolonu için; üst bölgede $f_{is, \text{endüşük}} = 22,35$ MPa > 22,10 MPa olduğundan beton uygun çıkmıştır, kolonun orta bölgesinde ise $f_{is, \text{endüşük}} = 23,99$ MPa > 22,10 MPa olduğundan beton uygun çıkmıştır, kolonun alt bölgesinde ise $f_{is, \text{endüşük}} = 25,21$ MPa > 22,10 MPa olduğundan beton uygun çıkmıştır.

Sonuç olarak K1 kolonunda üst ve alt bölgede beton uygun çıkmamış, orta bölgede ise uygun çıkmış, K2 kolonunda üst bölgede beton uygun çıkmamış, orta ve alt bölgede ise uygun çıkmış, K3 kolonunda üst bölgede beton uygun çıkmamış, orta ve alt bölgede ise uygun çıkmış, K4 kolonunda üst, orta ve alt bölgede beton uygun çıkmıştır.

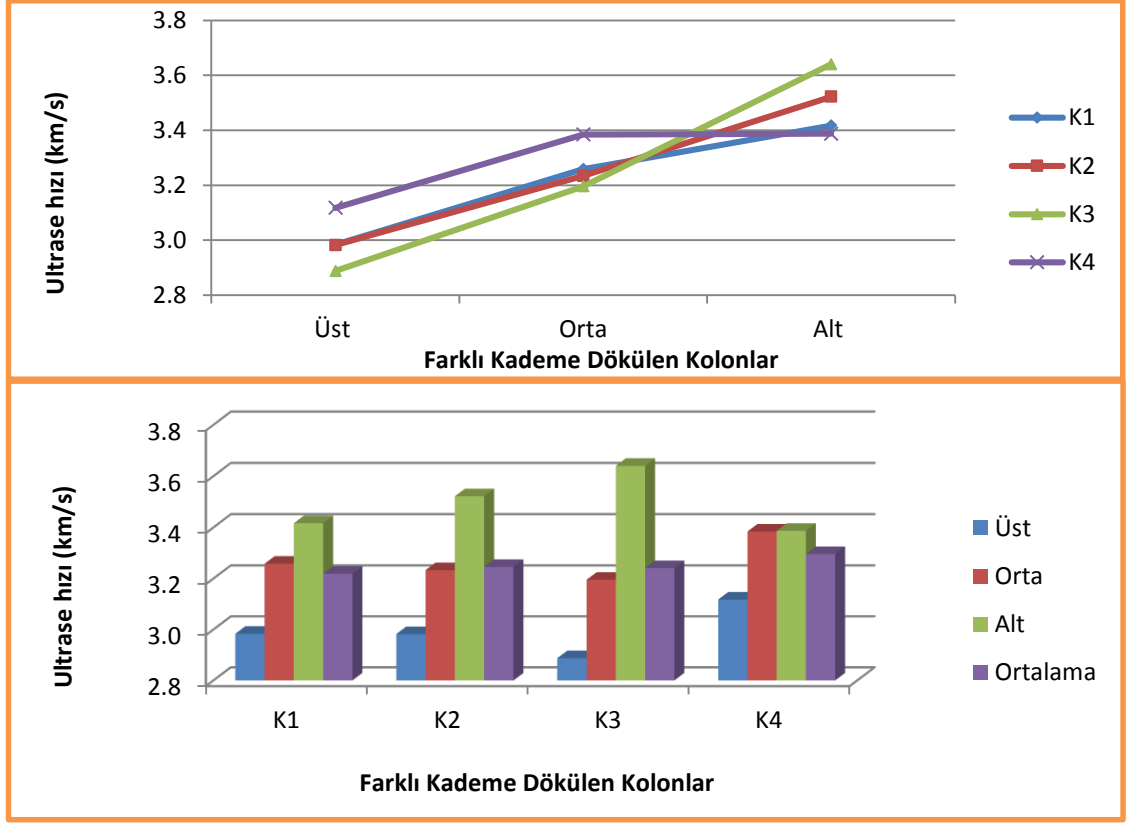
5.3. Ultrases Deneyi Sonuçları

Çalışmanın amacı doğrultusunda her kolonun üst,orta ve alt bölgelerinden alınan 10x20 cm boyutlu 4x3x4=48 adet silindir karot numunelerin ultrases deneyine tabi tutulması sonucunda ortaya çıkan ultrases hızı, ortalamaları ve standart sapmaları Çizelge 5.2’de verilmiştir.

Çizelge 5.2. Karotların ultrases hızı, ortalamaları ve standart sapmaları

Kolon No	Kolon Bölgesi	Karot No	Vhız (km/s)	Ort. (km/s)	Std. sapma	Kolon No	Kolon Bölgesi	Karot No	Vhız (km/s)	Ort. (km/s)	Std. sapma
K1	Üst	1.1.1	3,10	2,93	±0,341	K3	Üst	3.1.1	2,45	2,84	±0,472
		1.1.2	2,43					3.1.2	3,21		
		1.1.3	3,17					3.1.3	2,41		
		1.1.4	3,04					3.1.4	3,28		
	Orta	1.4.1	3,12	3,21	±0,108		Orta	3.4.1	4,00	3,15	±0,643
		1.4.2	3,33					3.4.2	3,03		
		1.4.3	3,11					3.4.3	3,10		
		1.4.4	3,26					3.4.4	2,45		
	Alt	1.8.1	4,11	3,37	±0,960		Alt	3.8.1	3,29	3,59	±0,375
		1.8.2	2,54					3.8.2	3,38		
		1.8.3	4,28					3.8.3	3,57		
		1.8.4	2,53					3.8.4	4,13		
K2	Üst	2.1.1	2,42	2,93	±0,365	K4	Üst	4.1.1	3,60	3,07	±0,459
		2.1.2	3,16					4.1.2	2,48		
		2.1.3	2,92					4.1.3	3,14		
		2.1.4	3,23					4.1.4	3,05		
	Orta	2.4.1	3,14	3,18	±0,078		Orta	4.4.1	3,21	3,33	±0,422
		2.4.2	3,27					4.4.2	3,03		
		2.4.3	3,10					4.4.3	3,96		
		2.4.4	3,22					4.4.4	3,15		
	Alt	2.8.1	3,26	3,47	±0,256		Alt	4.8.1	2,92	3,34	±0,333
		2.8.2	3,38					4.8.2	3,26		
		2.8.3	3,39					4.8.3	3,71		
		2.8.4	3,84					4.8.4	3,45		

Kolonların bölgesel ultrases hızı ortalamaları ve genel ultrases hızı ortalamaları Şekil 5.4’ de gösterilmiştir.



Şekil 5.4. Kolonların ultrases hızı dayanım ortalamaları

Çizelge 5.2 ve Şekil 5.4'den de görüldüğü gibi, kolon betonlarında karot alınan bölgeye ve döküm yöntemine göre ultrases hızlarında farklılık göstermektedir. Ultrases hızları incelendiğinde aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

Kolonların kendi içerisindeki ortalama ultrases hızları incelendiğinde, her kolonda en düşük üst bölgede, en yüksek alt bölgede çıkmıştır. Kolonların kendi aralarında genel ortalama ultrases hızları incelendiğinde; en düşük ultrases hızı K1 kolonunda, en yüksek ultrases hızı K4 kolonunda çıkmıştır. K1 kolonunun ortalama ultrases hızı K4 kolonunun ortalama ultrases hızına göre % 2 hız kaybı göstermiş, K1 kolonunun orta bölgesindeki ortalama ultrases hızı K4 kolonunun orta bölgesindeki ortalama ultrases hızına göre % 4 hız kaybı göstermiştir.

Genel olarak vibratör ve kür uygulaması ile ultrases hızı arttığı görülmüş ancak K4 kolonunun alt bölgesindeki ortalama ultrases hızı K3 kolonunun alt bölgesindeki ortalama ultrases hızına göre % 7 hız kaybı göstermiştir. Bu durumun sebebinin, K4 kolonunun alt bölgesinin K3 kolonunun alt bölgesine göre vibrasyon titreşimine daha fazla maruz kalmasından kaynaklandığı düşünülmüştür.

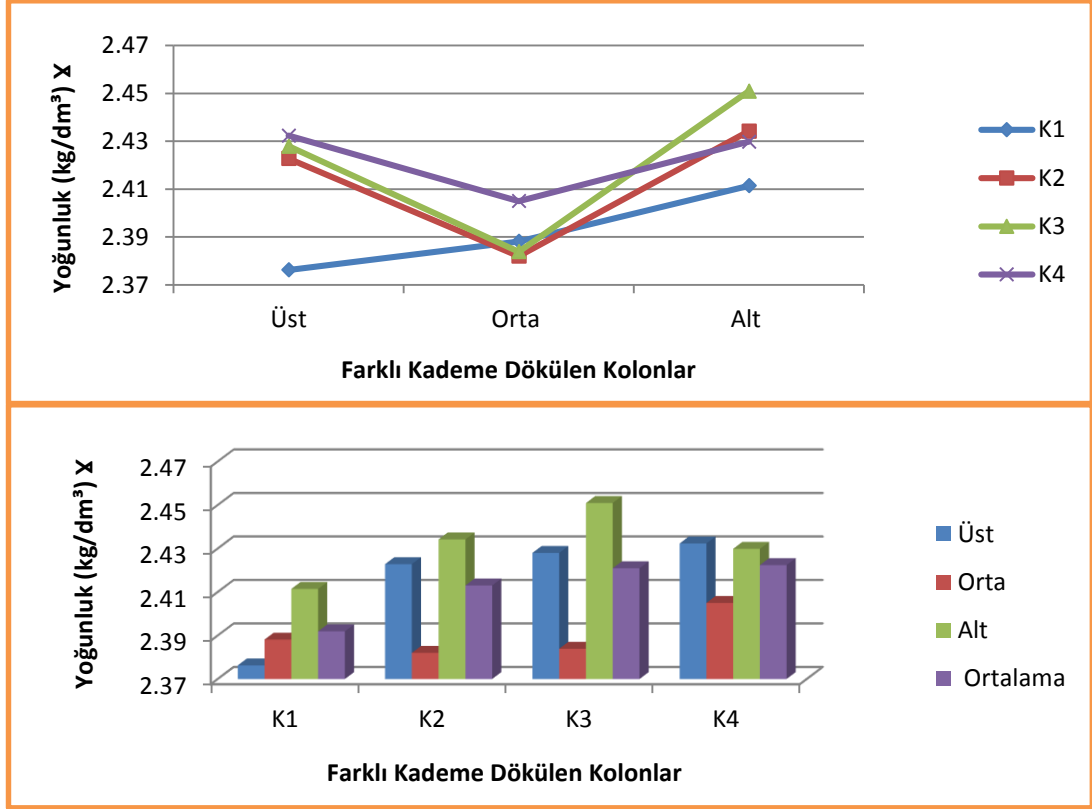
Beton kalitesi ile ultrases hızı arasındaki ilişki Çizelge 2.3'ye göre inceleme yapıldığında, tüm kolonlar için ultrases hızı ortalamaları 3–3,5 km/s arasında kaldığından kolonların beton kalitesi şüpheli çıkmıştır.

Çalışmanın amacı doğrultusunda karot numunelerin tartılması sonucunda ortaya çıkan yoğunluklar Çizelge 5.3'de verilmiştir.

Çizelge 5.3. Karotların yoğunlukları, ortalamaları ve standart sapmaları

Kolon No	Kolon B.	K. No	Yoğunluk (kg/dm ³) Y	Ort. (kg/dm ³)	Std. sapma	Kolon No	Kolon B.	K. No	Yoğunluk (kg/dm ³) Y	Ort. (kg/dm ³)	Std. sapma
K1	Üst	1.1.1	2,373	2,376	0,021	K3	Üst	3.1.1	2,446	2,428	0,029
		1.1.2	2,358					3.1.2	2,399		
		1.1.3	2,406					3.1.3	2,409		
		1.1.4	2,369					3.1.4	2,459		
	Orta	1.4.1	2,395	2,388	0,005		Orta	3.4.1	2,377	2,384	0,006
		1.4.2	2,388					3.4.2	2,383		
		1.4.3	2,385					3.4.3	2,385		
		1.4.4	2,385					3.4.4	2,391		
	Alt	1.8.1	2,409	2,411	0,009		Alt	3.8.1	2,444	2,451	0,021
		1.8.2	2,418					3.8.2	2,458		
		1.8.3	2,419					3.8.3	2,476		
		1.8.4	2,400					3.8.4	2,427		
K2	Üst	2.1.1	2,396	2,423	0,021	K4	Üst	4.1.1	2,475	2,432	0,041
		2.1.2	2,422					4.1.2	2,459		
		2.1.3	2,425					4.1.3	2,404		
		2.1.4	2,448					4.1.4	2,391		
	Orta	2.4.1	2,386	2,382	0,016		Orta	4.4.1	2,407	2,405	0,006
		2.4.2	2,388					4.4.2	2,401		
		2.4.3	2,396					4.4.3	2,399		
		2.4.4	2,359					4.4.4	2,413		
	Alt	2.8.1	2,418	2,434	0,011		Alt	4.8.1	2,435	2,430	0,007
		2.8.2	2,436					4.8.2	2,421		
		2.8.3	2,440					4.8.3	2,426		
		2.8.4	2,443					4.8.4	2,437		

Kolonların bölgesel yoğunluk ortalamaları ve genel yoğunluk ortalamaları Şekil 5.5' de gösterilmiştir.



Şekil 5.5. Kolonların yoğunluk ortalamaları

Çizelge 5.3 ve Şekil 5.5’den de görüldüğü gibi, kolon betonlarında karot alınan bölgeye ve döküm yöntemine göre yoğunluğunda farklılık göstermektedir. Yoğunluklar incelendiğinde aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

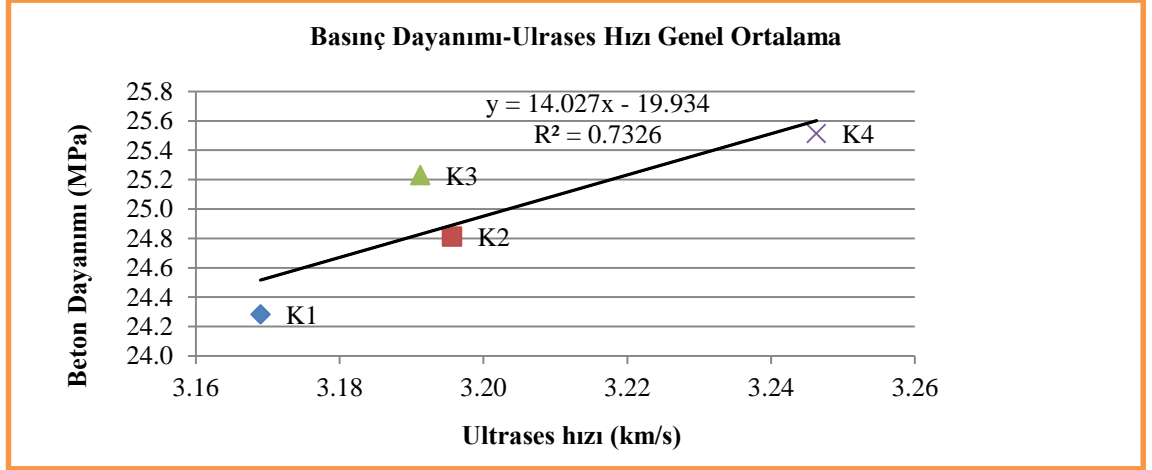
Kolonların kendi içerisindeki ortalama yoğunlukları incelendiğinde, K1 kolonunda üst bölgede düşük alt bölgede yüksek olmak üzere doğrusal bir artış gözlenmiştir, diğer kolonlarda üst bölge yüksek orta bölge düşük alt bölge yüksek olacak şekilde dağılım gözlemlenmiştir. Bu sonuca göre yoğunluğun tek başına referans alınmaması, ultrases hızı ile birlikte değerlendirilmesi gerektiği kanısına varılmıştır.

Kolonların kendi aralarında genel ortalama yoğunluk incelendiğinde; en düşük yoğunluk K1 kolonunda, en yüksek yoğunluk K4 kolonunda olup, yoğunluk kaybı % 1 ölçülmüştür.

Genel olarak vibratör ve kür uygulaması ile yoğunluğun arttığı görülmüştür. Ancak K4 kolonunun alt bölgesindeki ortalama yoğunluk K3 dökülen kolonunun alt bölgesindeki ortalama yoğunluktan % 1 daha az olduğu görülmüştür. Bu durumun sebebinin, K4 kolonunun alt bölgesinin K3 kolonunun alt bölgesine göre vibrasyon titreşimine daha fazla maruz kalmasından kaynaklandığı düşünülmüştür.

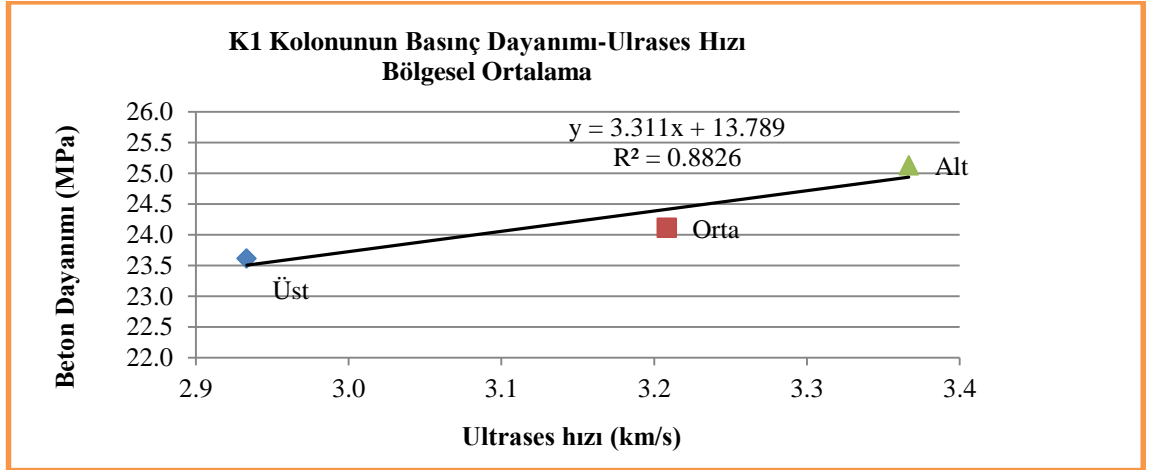
5.4. Basınç Dayanım Deneyi İle Ultrases Hız Deneyi Sonuçlarının Karşılaştırılması

Çalışmanın amacı doğrultusunda her kolondan alınan karot numunelerin dayanımlarının genel ortalaması ile ultrases genel ortalamaları arasındaki bağlantı Şekil 5.6'da verilmiştir.



Şekil 5.6. Beton dayanımı ile ultrases hızı genel ortalama arasındaki bağlantı

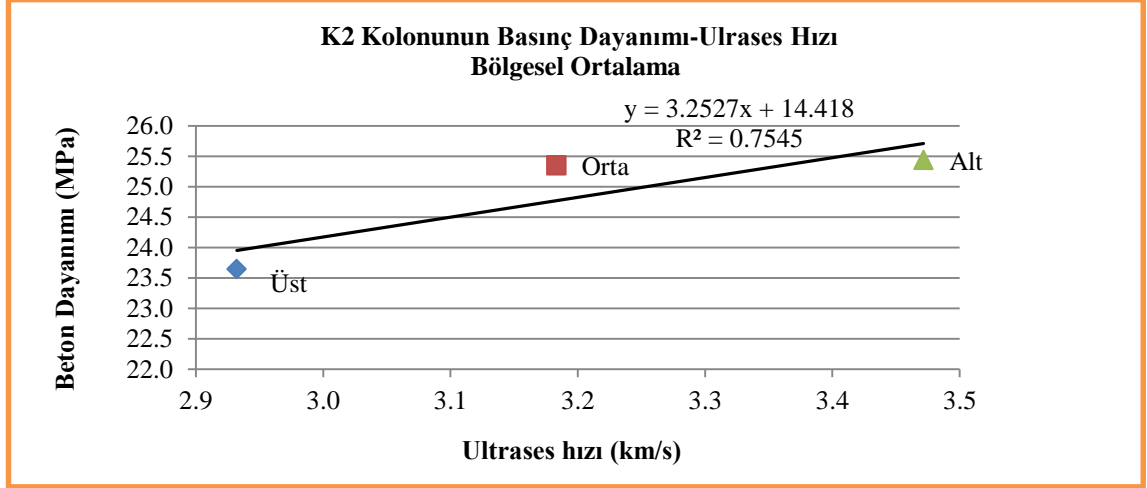
K1 kolonundan alınan karot numunelerin dayanımlarının bölgesel ortalaması ile ultrases bölgesel ortalamaları arasındaki bağlantı Şekil 5.7'de verilmiştir. Görüldüğü üzere yukarıdan aşağıya doğru basınç dayanımı ve ultrases hızı doğrusal bir artış göstermiştir.



Şekil 5.7. K1 kolonunun dayanımı ile ultrases hızı arasındaki bölgesel bağlantı

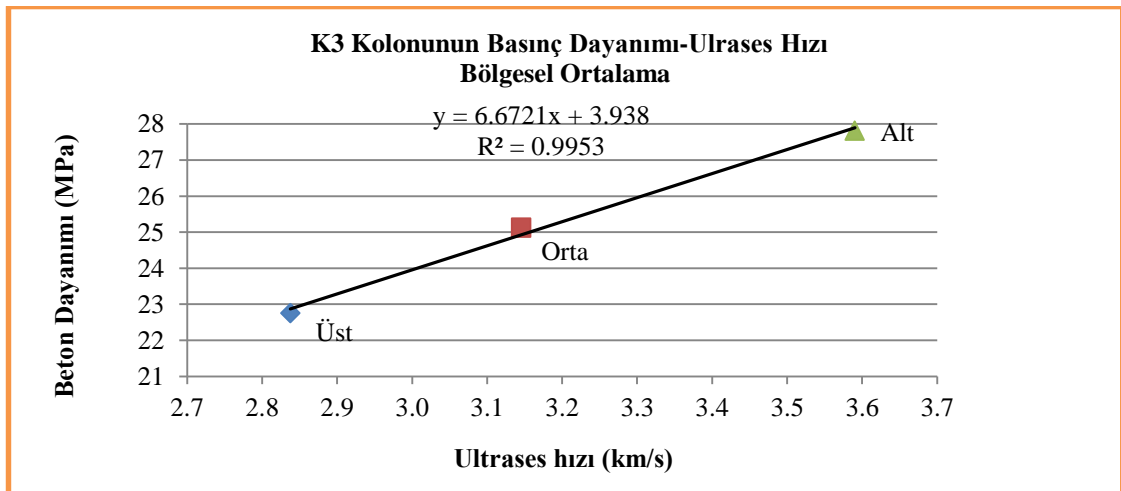
K2 kolonundan alınan karot numunelerin dayanımlarının bölgesel ortalaması ile ultrases bölgesel ortalamaları arasındaki bağlantı Şekil 5.8'de verilmiştir. Görüldüğü

üzere yukarıdan aşağıya doğru basınç dayanımı ve ultrases hızı doğrusal bir artış göstermiştir.



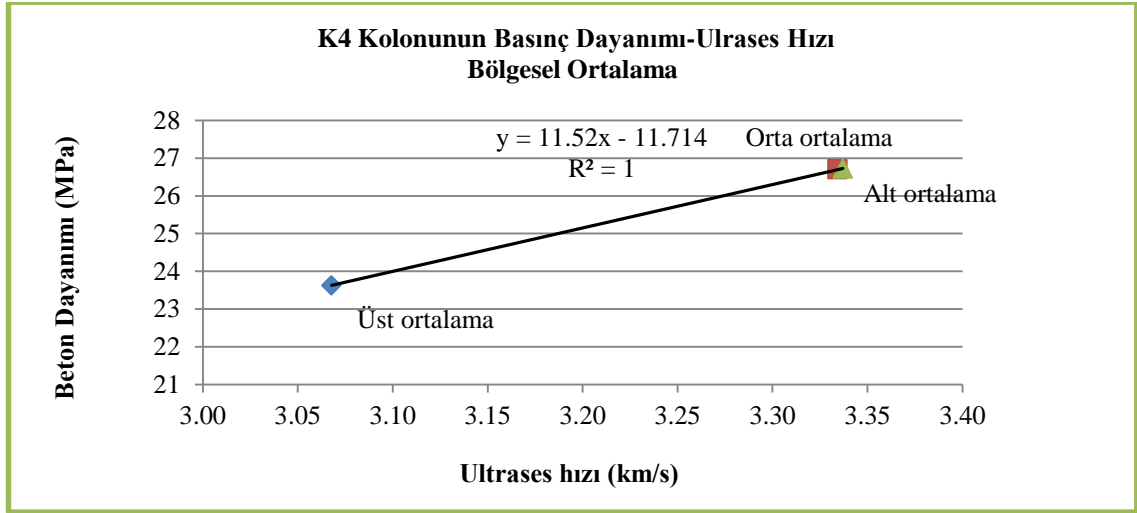
Şekil 5.8. K2 kolonunun dayanımı ile ultrases hızı arasındaki bölgesel bağlantı

K3 kolonundan alınan karot numunelerin dayanımlarının bölgesel ortalaması ile ultrases bölgesel ortalamaları arasındaki bağlantı Şekil 5.9'da verilmiştir. Görüldüğü üzere yukarıdan aşağıya doğru basınç dayanımı ve ultrases hızı doğrusal bir artış göstermiştir.



Şekil 5.9. K3 kolonunun dayanımı ile ultrases hızı arasındaki bölgesel bağlantı

K4 kolonundan alınan karot numunelerin dayanımlarının bölgesel ortalaması ile ultrases bölgesel ortalamaları arasındaki bağlantı Şekil 5.10'da verilmiştir. Görüldüğü üzere yukarıdan aşağıya doğru basınç dayanımı ve ultrases hızı doğrusal bir artış göstermiştir.

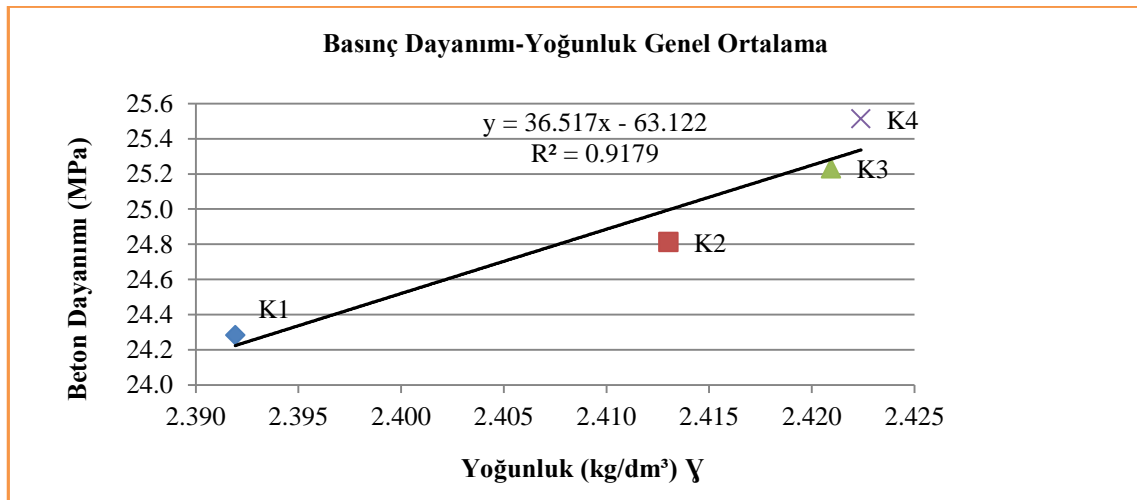


Şekil 5.10. K4 kolonunun dayanımı ile ultras hızı arasındaki bölgesel bağlantı

Beton dayanımı ve ultras hızı arasındaki bağlantının doğruluğu vibratör uygulaması ve betonun bakımı ile bir artış göstermiştir. K4 kolonunda bu bağlantının, $R^2 = 1$ olduğu görülmüştür.

5.5. Basınç Dayanım Deneyi İle Yoğunluk Sonuçlarının Karşılaştırılması

Çalışmanın amacı doğrultusunda her kolondan alınan karot numunelerin dayanımlarının genel ortalaması ile yoğunluk genel ortalamaları arasındaki bağlantı Şekil 5.11’de verilmiştir.

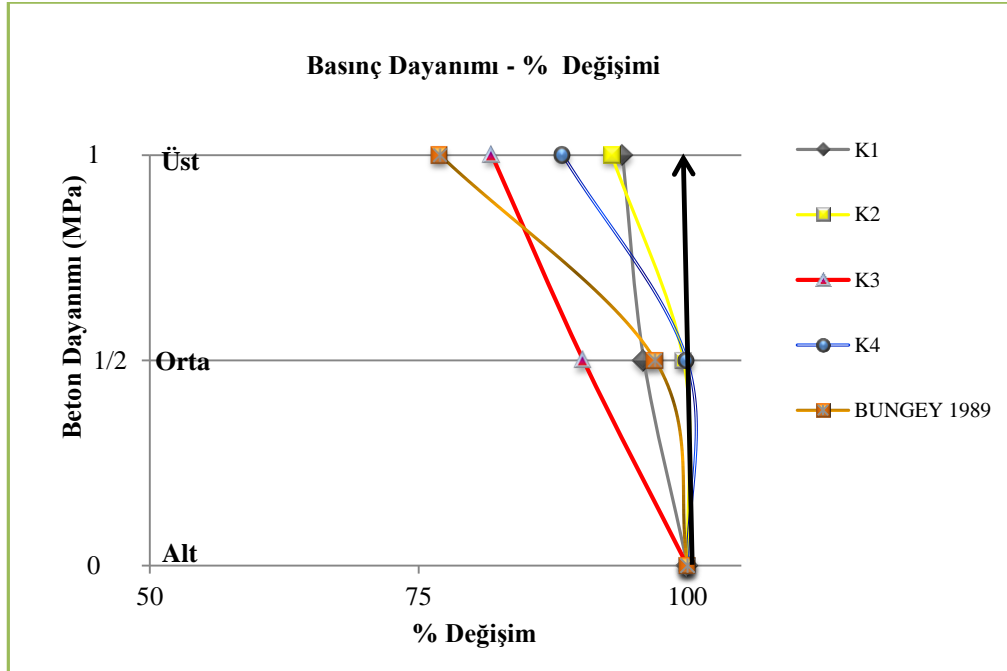


Şekil 5.11. Beton dayanımı ile yoğunluk genel ortalama arasındaki bağlantı

Beton dayanımları ve yoğunlukların genel ortalamaları arasındaki bağlantının doğruluğu vibratör uygulaması ve betonun bakımı ile bir artış göstermiştir.

5.6. Kolon Numunelerinin Uzunluğu Boyunca Dayanım Değişimi

Dökülen kolon betonlarında elde edilen dayanımların, kolonların bölgelerine göre farklı sonuçlar gösterdiği ortaya çıkmıştır. Tüm kolonlarda en yüksek dayanım alt bölgede çıkmış olup, kolonların alt bölgesindeki ortalama dayanım sonucunun % 100 kabulü ile diğer bölgelerdeki dayanımların % dayanım değer değişimleri Şekil 5.12’de gösterilmiştir.



Şekil 5.12. Kolonların basınç dayanımlarının bölgesel olarak %’de değişimi

K1 kolon betonunun alt bölgesindeki dayanım ortalaması % 100 olmak şartı ile, orta bölgesindeki ortalama dayanımı % 95,95 üst bölgesinde ise % 93,97 tespit edilmiştir. Şekil 5.12’ de görüldüğü gibi kolon boyunca dayanım değişim eğrisi diğer kolonlara ve (Bungey, 1989)’ a göre farklılık göstermektedir. K1 kolonuna, vibrasyon uygulanmaması ve beton döküm sonrası bakım yapılmamasından dolayı bu farklılığın oluştuğu görülmüştür.

K2 kolonunun alt bölgesindeki dayanım ortalaması % 100 olmak şartı ile, orta bölgesindeki ortalama dayanımı % 99,64 üst bölgesinde ise % 92,95 tespit edilmiştir.

Şekil 5.12' de görüldüğü gibi kolon boyunca dayanım değişim eğrisi K4 kolonu ve (Bungey, 1989)' a göre benzerlik göstermekte, fakat bölgeler arasındaki dayanım % si farklılık göstermektedir, kolonun orta bölgesindeki ortalama dayanım % 100' e yakın bir değer çıkmıştır. Şantiye şartlarına göre, kolona iki kademe vibrasyon uygulanmasından ve bakımının yapılmasından dolayı bu farklılığın oluştuğu görülmüştür.

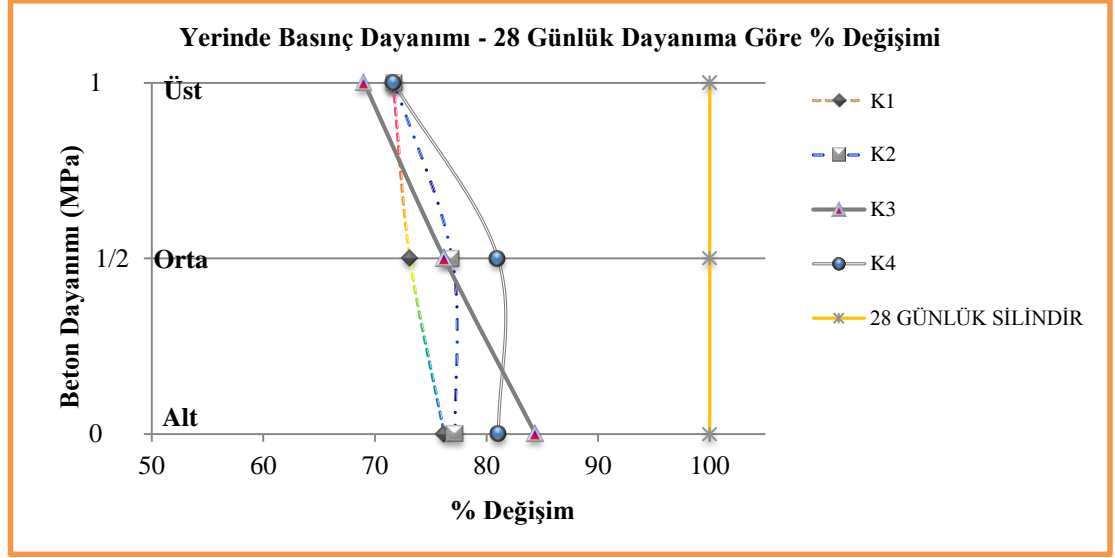
K3 kolonunun alt bölgesindeki dayanım ortalaması % 100 olmak şartı ile, orta bölgesindeki ortalama dayanımı % 90,33 üst bölgesinde ise % 81,82 tespit edilmiştir. Şekil 5.12' de görüldüğü gibi kolon boyunca dayanım değişim eğrisi diğer kolonlara ve (Bungey, 1989)' a göre farklılık göstermektedir. Şantiye şartlarına göre, kolona üç kademe vibrasyon uygulanmasından ve bakımının yapılmasından dolayı bu farklılığın oluştuğu görülmüştür.

K4 kolonunun alt bölgesindeki dayanım ortalaması % 100 olmak şartı ile, orta bölgesindeki ortalama dayanımı % 99,95 üst bölgesinde ise % 88,43 tespit edilmiştir. Şekil 5.12' de görüldüğü gibi kolon boyunca dayanım değişim (Bungey, 1989)'a göre benzerlik göstermekte, fakat dayanım % si farklılık göstermektedir, kolonun orta bölgesindeki ortalama dayanım yaklaşık % 100' dür.

Bu sonuçlardan da görüleceği üzere standartlara uygun dökülen ve bakılan kolonlar ile standartlara uygun dökülmeyen ve bakılmayan kolonlar arasında bölgesel dayanım farklılıkları oluşmaktadır.

5.7. Karot Dayanımı İle Standart 28 Günlük Silindir Dayanımı Arasındaki İlişki

Beton dökümüne başlamadan önce hazır betondan alınan küp numunelerin test sonuçlarına göre, 7 günlük dayanım ortalaması 34,3 MPa, 28 günlük dayanım ortalaması ise 41,2 MPa olduğu tespit edilmiştir. Betonun 28 günlük küp dayanımının silindir dayanımı cinsinden değeri $41,2 \times 0,80 = 32,96$ MPa'dır. Betonun 28 günlük silindir dayanımı % 100 kabul edilerek, çalışmada dökülen kolon betonların 28 günlük silindir dayanımı ile bölgesel yerinde karot dayanımı arasındaki % değişim ilişkisi Şekil 5.13'de gösterilmiştir.



Şekil 5.13. Kolonların basınç dayanımlarının bölgesel olarak 28 Günlük silindir basınç dayanımına göre % değişimi

Şekil 5.13'de okunan değerler Çizelge 5.4'de verilmiştir.

Çizelge 5.4. Yerinde basınç dayanımı - 28 günlük silindir dayanımı % değişim

Kolonlar	K1	K2	K3	K4	28 günlük
Üst	71,64	71,74	69,04	71,68	100,00
Orta	73,15	76,91	76,22	81,03	100,00
Alt	76,24	77,19	84,38	81,06	100,00
Ortalama	73,67	75,28	76,55	77,92	100,00

Çizelge 5.4 incelendiğinde 28 günlük silindir dayanıma göre, en yüksek dayanım kaybı ortalama olarak K1 kolonunda görülmüştür. Dayanım kayıpları vibrasyon ve bakım etkenleri ile azalarak en düşük dayanım kaybı K4 kolonunda görülmüştür. K1 kolonunda % 26,33, K2 kolonunda % 24,72, K3 kolonunda % 23,45, K4 kolonunda % 22,08, dayanım kaybı ortaya çıkmıştır. Çizelge 5.4'de görüleceği üzere yerinde dayanımın 28 günlük standart silindir dayanımına göre % ortalama değerleri 65-85 aralığındadır.

Çalışma sonucunda ortaya çıkan yerinde karot dayanımlarının 28 günlük küp dayanımlarına göre % değerleri Çizelge 5.5'de verilmiştir.

Çizelge 5.5. Yerinde basınç dayanımı- 28 günlük küp dayanımı % değişim

Kolonlar	K1	K2	K3	K4	28 günlük
Üst	57,31	57,39	55,23	57,35	100
Orta	58,52	61,53	60,98	64,82	100
Alt	60,99	61,75	67,51	64,85	100
Ortalama	58,94	60,22	61,24	62,34	100

Bungey (1989), çalışmasında (Çizelge 3.1) kolonlar için 28 günlük standart küp dayanımı cinsinden yerinde dayanımın % ortalama değeri 55-75 aralığındadır. Çizelge 5.5’de görüleceği üzere yerinde dayanımın 28 günlük standart küp dayanımına göre % ortalama değerleri 55-70 aralığındadır. Çalışma sonuçlarımız (Bungey, 1989)’a göre benzerlik göstermektedir.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada 4 tip; vibrasyon ve kür uygulanmayan tek kademe kolon, şantiye koşullarında vibrasyon ve kür uygulanan iki kademe kolon ile üç kademe kolon ayrıca standartlara uyularak vibrasyon ve kür uygulanan beş kademe kolon betonları dökülmüştür. Elde edilen sonuçlara göre vibrasyon ve kür koşullarının her kolon için bölgesel dayanım ve diğer kolonlarla beton dayanım ilişkisi araştırılmıştır. Ayrıca karot dayanımları ile standart küp ve silindir dayanımları arasında ilişki kurulmaya çalışılmıştır. Gerçekleştirilmiş olan deneysel ve teorik çalışmaların tümünden çıkartılabilecek bazı sonuçlar ve öneriler aşağıda verilmektedir.

1. Kolon betonlarına uygulanan vibrasyon ve beton bakımının basınç dayanımı üzerinde etkisi genel olarak irdelediğinde;

K1 kolonunda en düşük dayanım değerleri, K4 kolonunda ise en yüksek dayanım değerleri görülmüştür. K1 kolonunun, K4 kolonuna göre, ortalama dayanım kaybı % 5 ölçülmüştür. K1 kolonunun orta bölgesindeki ortalama dayanımı K4 kolonunun orta bölgesindeki ortalama dayanımı göre % 10 dayanım kaybı göstermiştir.

K2 kolonunun, K4 kolonuna göre, ortalama dayanım kaybı % 3 ölçülmüştür. K2 kolonunun orta bölgesindeki ortalama dayanımı K4 kolonunun orta bölgesindeki ortalama dayanımı göre % 5 dayanım kaybı göstermiştir.

K3 kolonunun, K4 kolonuna göre, ortalama dayanım kaybı % 2 ölçülmüştür. K2 kolonunun orta bölgesindeki ortalama dayanımı K4 kolonunun orta bölgesindeki ortalama dayanımı göre % 6 dayanım kaybı göstermiştir. K2 kolonunun orta bölgesindeki ortalama dayanımı K3 kolonunun orta bölgesindeki ortalama dayanımından daha büyük çıkmıştır. Bu durumun sebebinin vibratör işlemine maruz kalan bölgenin K2 kolonunun orta noktasına denk gelmesinden kaynaklandığı düşünülmüştür. K4 kolonunun alt bölgesindeki ortalama dayanımı K3 kolonunun alt bölgesindeki ortalama dayanımına göre % 4 dayanım kaybı göstermiştir. Bu durumun sebebinin, K4 kolonunun alt bölgesinin K3 kolonunun alt bölgesine göre vibrasyon titreşimine daha fazla maruz kalmasından kaynaklandığı düşünülmüştür.

Genel olarak vibratör ve kür uygulaması ile yerinde basınç dayanımlarının arttığı görülmüştür. Ancak aşırı vibrasyona maruz kalan bölgede ayrışmaya sonucu dayanımın düştüğü görülmüştür.

2. Kolonların ölçümünde elde edilen karot dayanım sonuçları TS EN 13791'in 9. Maddesine göre değerlendirildiğinde;

K1 kolonu için, üst ve alt bölgede beton dayanımı uygun çıkmamış, orta bölgede uygun çıkmıştır. K2 kolonu için, üst bölgede beton dayanımı uygun çıkmamış, orta ve alt bölgede uygun çıkmıştır. K3 kolonu için, üst bölgede beton dayanımı uygun çıkmamış, orta ve alt bölgede uygun çıkmıştır. K4 kolonunun tüm bölgelerinde beton dayanımı uygun çıkmıştır. Sadece standartlara uygun dökülen ve bakılan kolonun tüm bölgelerinde beton dayanımı uygun çıkmıştır. Bu sonuç beton dökümü ve bakımının standartlara uyulmasının çok önemli olduğunun göstergesidir.

Literatürde kolonlarda orta bölgeden karot alınması gerektiği söylenmektedir. Çalışmada dökülen tüm kolonların orta bölgesinde beton dayanımı uygun çıkmıştır. Ancak K1 kolon betonuna vibrasyon ve kür uygulaması yapılmamıştı. Bu sonuca göre, kolonların orta bölgesinde dayanımın TS EN 13791'in 9. Maddesine göre uygun çıkması betonun dökümünün ve bakımının standartlara uygun yapıp yapılmadığının göstergesi olamayabilir.

3. Beton dayanımının tahmin edilmesinde kullanılan ve tahribatsız yöntemlerden biri olan ultrases hızı ile yapılan ölçümlerden elde edilen kolonların ortalama bölgesel ultrases hızları değerlendirilmiş ve bazı sonuçlar elde edilmiştir. Sonuçlardan görüldüğü gibi ultrases hızı her kolonda en düşük üst bölgede, en yüksek alt bölgede çıkmıştır. Kolonların kendi aralarında genel ortalama ultrases hızı ortalamaları incelendiğinde; en düşük ultrases hızı K1 kolonunda, en yüksek ultrases hızı K4 kolonunda tespit edilmiştir. Genel olarak vibratör ve kür uygulaması ile ultrases hızı arttığı görülmüştür. Ancak K4 kolonunun alt bölgesindeki ortalama ultrases hızı K3 kolonunun alt bölgesindeki ortalama ultrases hızına göre % 7 hız kaybı göstermiştir. Bu durumun sebebinin, K4 kolonunun alt bölgesinin vibrasyon titreşimine daha fazla maruz kalmasından kaynaklandığı düşünülmüştür.

Kolonlardan alınan karot numunelerin dayanımlarının bölgesel ortalaması ile ultrases bölgesel ortalamaları incelendiğinde, beton dayanımı ve ultrases hızı arasındaki bağlantı, vibratör uygulaması ve betonun bakımı ile doğrusal bir artış göstermiştir.

Beton kalitesi ile ultrases hızı arasındaki ilişki incelendiğinde, tüm kolonlar için ultrases hızı ortalamaları 3–3,5 km/s arasında kaldığından kolonların beton kalitesi şüpheli çıkmıştır. Bu çalışmada görüleceği üzere ultrases hızı ölçümü gibi benzeri

tahribatsız testler TS EN 13791’de de belirttiği üzere sadece en düşük bölgenin belirlenmesinde kullanılmalıdır. Elde edilen sonuçlar herhangi bir değerlendirmede kullanılmamalıdır.

Genel olarak vibratör ve kür uygulaması ile beton dayanımı ve yoğunluğun doğrusal arttığı görülmüştür. Ancak yoğunluk, K1 kolonunda üst bölgede düşük alt bölgede yüksek olmak üzere doğrusal bir artış gözlenmiştir, diğer kolonlarda üst bölge yüksek orta bölge düşük alt bölge yüksek olacak şekilde dağılım gözlemlenmiştir. Bu sonuca göre yoğunluğun tek başına referans alınmaması, ultrases hızı ile birlikte değerlendirilmesi gerektiği kanısına varılmıştır.

4. Kolon betonlarının kalınlığı boyunca dayanım değişimi incelendiğinde;

Dökülen kolon betonlarının alt bölgesindeki dayanım ortalaması % 100 olmak şartı ile kolonun üst ve orta bölgelerindeki % dayanım değişimi incelenmiştir. K4 kolonun orta bölgesindeki ortalama dayanımı % 99,95 üst bölgesinde ise % 88,43 tespit edilmiştir. Dayanım değişim eğrisi (Bungey 1989)’a göre benzerlik göstermektedir, kolonun orta bölgesindeki ortalama dayanım yaklaşık % 100’ dür. K2 kolonunun orta bölgesindeki ortalama dayanımı yaklaşık % 100’ dür. Vibrasyona maruz kalan bölgede dayanımın maksimum seviyelere çıktığı gözlemlenmiş, aşırı titreşime maruz kalan bölgede ise dayanımının artmadığı gözlemlenmiştir.

5. Kolon betonlarında meydana gelen ayrışma (Segregasyon) olayı bloklardan çekilen resimler üzerinde incelendiğinde;

1. kolonun diğer üç kolona göre en fazla segregasyona uğradığı, en iyi agrega dağılımının K4 kolonunda olduğu, tüm kolonların üst bölgelerinin alt bölgelere göre daha az ayrışma ve yönelim gösterdiği ve tüm bu gözlemler neticesinde K4 kolonunun kendi içinde özdeş şekilde en iyi agrega dağılımı gösterdiği belirlenmiştir.

6. Karot dayanımları ile standart 28 günlük dayanımlar arasındaki ilişki incelendiğinde;

Hazır betondan alınan küp numunelerin resmi test sonuçlarına göre, 28 günlük küp dayanım ortalaması ise 41,2 MPa, 28 günlük silindir dayanımı cinsinden değeri 32,96 MPa’dır. Betonun 28 günlük silindir dayanımı % 100 kabul edilerek, çalışmada dökülen kolon betonların 28 günlük silindir dayanımı ile bölgesel yerinde karot dayanımı arasındaki % değişim ilişkisi incelenmiştir. Standart 28 günlük silindir dayanımına göre, en düşük dayanım kaybı K4 kolonunda görülmüştür. K1 kolonunda %

26,33, K2 kolonunda % 24,72, K3 kolonunda % 23,45, K4 kolonunda % 22,08, dayanım kaybı ortaya çıkmıştır. Dayanım kayıpları vibrasyon ve bakım etkenleri ile azalmıştır. Kolonların dayanımın 28 günlük standart silindir dayanımına göre % ortalama değerleri 65-85 aralığında çıkmıştır.

Kolonların 28 günlük standart küp dayanımı cinsinden yerinde dayanımın % ortalama değeri 55-70 aralığında çıkmıştır. Bungey (1989), çalışmasında % ortalama değer 55-75 aralığındadır.

Bu çalışma standartlara uygun beton döküm ve bakımının betonun dayanımına olumlu etki ettiğini göstermiştir. Çalışma neticesinde bölgesel olarak karot dayanımlarında farklılıklar ortaya çıkmıştır. Fakat bu farklılıklar sadece betonun dökümü ve bakımına bağlı değildir. Taşıyıcı elemanın üzerine gelen yükler, korot alma işlemleri, karot değerlendirme deneyleri, beton yaşı, betonda donatı bulunup bulunmaması, sıcaklık değişimleri ve benzeri dış etkenlere bağlı olarak yerinde basınç dayanımları farklılık gösterebilir.

Özetle, betonun üretiminden, beton dökümü ve beton bakımına kadar tüm aşamalarda standartlara uyulması ile can ve mal kayıpları önlenecek böylece yaşanabilir alanlar oluşacaktır.

KAYNAKLAR

- Akakın, T., (2013). Betondan Karot Alınması ve Uygunluğunun Değerlendirilmesi, Hazır Beton Dergisi, 118:62-69.
- Akçansa (2012). Yerinde Beton Basınç Dayanımının Belirlenmesi ve Değerlendirilmesi http://www.akcansa.com.tr/docs/20120216160556_karot.pdf, Erişim Tarihi: 02.10.2015.
- Akyüz, E., (2013). Kür, Sıkıştırma, Sıcaklık Ve Yağış Koşullarının Beton Basınç Dayanımına Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, G.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, Gümüşhane.
- Arıoğlu, E. ve Arıoğlu, N., (2005). Üst ve Alt Yapılarda Beton Karot Deneyleri ve Değerlendirilmesi, Evrim Yayınevi, İstanbul.
- Bayazıt, Ö. L., (1988). Beton ve Deneyleri, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü Yayını, Ankara.
- Berber, E., (2010). Beton Karot Numunelerinin Değerlendirilmesi Üzerine Bir Araştırma, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Bungey, J.H., (1989). Testing of Concrete in Structures, Surrey University press,.
- Celep, Z., (1999). Yapılarda Deprem Sonrası Hasarların Belirlenmesi, Onarım ve Güçlendirme Yöntemleri, İSKİ Yayınları, İstanbul.
- Engin, Y., Tarhan, M. ve Aydın, D.Ş., (2013). Kür Koşulları Ve Süresinin Beton Numunelerin Basınç Dayanımına Etkileri, Akçansa Çimento San. ve Tic. A.Ş., İstanbul.
- Erdoğan, T., (2003). Beton, ODTÜ Yayınları, Ankara
- Erdoğan, T., (2004). Sorular ve Yanıtlarıyla Beton Malzemeleri, Türkiye Hazır Beton Birliği Yayınları, İstanbul.
- Ergün, A. ve Kürklü, G., (2005) Mevcut Betonarme Yapılarda Beton Dayanımının Belirlenmesi, Deprem Sempozyumu, Kocaeli
- Eren, İ., (1999). Deprem Hasarlarının Sebepleri ve Öneriler, İSKİ Yayınları, İstanbul.
- Filiz, M.H., (2006). Beton Karot Dayanımları İle Standart Silindirik Dayanımları Arasındaki İlişkinin Kür Koşullarına Bağlı Olarak Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

- Forssblad, L. and Sallstorm, S., (1995). "Concrete Vibration – What's Adequate?", Concrete International: Design & Construction.
- Gök, G., (2010). Değişik Geometrideki Betonların Basınç Dayanımlarının Çeşitli Su/Çimento Oranlarına Ve Çimento Miktarlarına Göre İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Ç.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Gönen, B.C., (2012). Hazır Beton Üretiminde Kaliteyi Etkileyen Parametrelerin Spss Yöntemiyle İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, N.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, Niğde.
- Gülşahin, S., (2006). Taze Betonda Segregasyonun Ölçülmesi Ve Sertleşmiş Beton Özelliklerine Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Karakule, F. ve Akakın, T., (2005). Hazır Beton Sektörünün Gelişimi, Deprem Sempozyumu, Kocaeli.
- Nallı, E., (2006). Hazır Beton Santrali Atık Suyunun Beton Üretiminde Karma Suyu Olarak Kullanılmasının Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, ODTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Newman P. and Choo S., (2003). Advanced Concrete Technology Volume: 1-2-3-4, Holder General Publishing.
- Özkul, M.H., Taşdemir, M.A., Tokyay, M. ve Uyan, M., (1999). Her Yönüyle Beton, Türkiye Hazır Beton Birliği, İstanbul.
- Postacıoğlu, B., (1986). Beton, Cilt I-II, Matbaa Teknisyenleri Basımevi, İstanbul.
- Sönmezoğlu, C., (2005). Hafif Betonun Mekanik Özellikleri Üzerine Kür Şartlarının Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- Subaşı, S. ve Arslan, M., (2003). "Kalıp Teknolojilerindeki Gelişmelerin Betonarme Elemanların Dayanıklılığına Etkileri", 3.Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu, Ankara.
- Subaşı, S. ve Beycioğlu, A., (2009). Vibrasyon Süresine ve Birim Ağırlığa Bağlı Olarak Beton Basınç Dayanımının Farklı Yöntemlerle Tahmin Edilmesi, 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu, Karabük.
- Subaşı, S., Koçak, Y. ve Beycioğlu, A., (2010). Uçucu Kül İkameli Betonlarda Vibrasyon Süresinin Fiziksel Ve Mekanik Özelliklere Etkisi, Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 22:113-122.

- Sungur, I., (2009). Çimento Bazlı Harçlarda Aderans Dayanımı Ve Durabiliteye Ortam Koşullarının Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Soroka, I. and Baum, H., (1994). Influence of Specimen Size on Effect of Curing Regime on Concrete Compressive Strength, Journal of Materials in Civil Engineering, 6:15-22.
- Taşdemir, M.A. ve Bayramov, F., (2004). Betonun Performansa Göre Tasarımı: Performans Sınıfları, İ.T.Ü İnşaat Fakültesi, İstanbul.
- Topçu, A., (2014) Betonarme I Ders Notları, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, <http://mmf2.ogu.edu.tr/atopcu>, Erişim Tarihi: 02.09.2014.
- TS 500, Şubat (2000). Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 206, (2014). Beton, özellik, performans, imalat ve uygunluk, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 12390-3, (2010). Sertleşmiş Beton Deneyleri-Deney Numunelerinde Basınç Dayanımı Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 1247, (1984). Beton Yapım, Döküm Ve Bakım Kuralları (normal hava koşullarında), Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 1248, (2012). Betonun Hazırlanması, Dökümü Ve Bakım Kuralları (anormal hava koşullarında), Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 12504-1, (2010). Beton -Yapıda Beton Deneyleri - Bölüm 1: Karot Numuneler-Karot Alma, Muayene ve Basınç Dayanımının Tayini Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 13791, (2010). Basınç Dayanımının Yapılar ve Ön dökümlü Beton Bileşenlerde Yerde Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara
- Türkel, A., (2006). Betonun Basınç Dayanımına Numune Boyutunun Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- THBB (Türkiye Hazır Beton Birliği), (2013). Betonun Yerleştirilmesi ve Bakımı Kılavuzu, İstanbul.
- Usta, H., (2005). Hazır Beton Sektör Araştırması, Türkiye Hazır Beton Birliği Yayınları, İstanbul.

- Uysal M., Mercan N. ve Yılmaz K., (2011). Farklı Dozlarda Üretilen Beyaz Betonların Basınç Dayanımına Farklı Kür Şartlarının Etkisi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 15:139-145.
- Yalçın, H. ve Gürü, M., (2006). Çimento ve Beton, Palme Yayıncılık, Ankara.
- Yardımcı, A., (2005) Santral çıkışı ile şantiye şartlarında C 20/25 ve C 25/30 hazır beton mukavemetinin karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, ODTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Yılmaz, A.D., (2003). Yeni Kuşak Hiper Akışkanlaştırıcı Beton Katkıları, Türkiye Mühendislik Haberleri, 426:125-129.
- Yılmaz, K. ve Canpolat, F., (2002). Etkin Vibrasyonun Beton Kalitesindeki Önemi, Osmangazi Üniversitesi Müh. Mim. Fak. Dergisi; 16:1-10.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Mustafa EZİCİ
Doğum Yeri : Osmaniye
Doğum Tarihi : 05.01.1980
Medeni Hali : Evli
Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : İskenderun Lisesi, 1993 -1996
Lisans : Çukurova Üniversitesi, 1998 - 2002
Yüksek Lisans : Adıyaman Üniversitesi, 2014 - 2016

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl

2004 - 2012 tarihleri arasında İnşaat Mühendisi olarak özel firmalarda çalıştı.
2012 yılında göreve başladığı, Adıyaman Üniversitesi'nde İnşaat Mühendisi olarak görevine devam etmektedir.