



T.C.
KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



MAKSİMUM AGREGA DANE ÇAPININ
BETON KARIŞIM TASARIMINA VE
DAYANIMINA ETKİSİ

Mehmet PARLAR

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

ŞUBAT-2019
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Mehmet PARLAR tarafından hazırlanan "Maksimum Agregada Dane apının Beton Karışım Tasarımına ve Dayanımına Etkisi" adlı tez çalışması 25/02/2019 tarihinde aşığıdaki jüri tarafından oy birliğı/ oy okluğı ile Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü İnşaat Mühendisliğı Anabilim Dalı'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan

Dr. Öğr. Üyesi Süleyman Kamil AKIN

Danışman

Prof. Dr. Ülkü Sultan KESKİN

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Arife AKIN

İmza



Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Yakup KARA
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all materials and results that are not original to this work.



Mehmet PARLAR

Tarih:25.02.2019

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MAKSİMUM AGREGA DANE ÇAPININ BETON KARIŞIM TASARIMINA VE DAYANIMINA ETKİSİ

Mehmet PARLAR

**Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı**

Danışman: Prof. Dr. Ülkü Sultan KESKİN

2019, 111 Sayfa

Jüri

Prof. Dr. Ülkü Sultan KESKİN

Dr. Öğr. Üyesi Arife AKIN

Dr. Öğr. Üyesi Süleyman Kamil AKIN

Beton sahip olduğu özellikleri sayesinde tüm dünyada; santraller, hava alanları, limanlar, binalar ve köprüler gibi insan hayatı için büyük öneme sahip yapıların inşasında kullanılan malzemelerin başında gelmektedir. Bu yapı malzemesinin üretimi çimento, agrega, su ve bazı durumlarda katkı maddeleri ile mineral maddelerin önceden yapılmış tasarıma göre belli oranlarda karıştırılmasıyla gerçekleşmektedir. Düşük maliyetle farklı ihtiyaçlara cevap verebilecek niteliklerde beton üretme noktasında betonu oluşturan malzemelerin çeşitleri, özellikleri ve karışım oranları büyük önem arz etmektedir. Bu nedenle tüm dünyada bu alanda çeşitli deneysel çalışmalar yapılmış ve yapılmaya devam etmektedir. Bu çalışma kapsamında betonun sahip olduğu bir takım özellikleriyle ilgili deneysel çalışmalar yapılarak bu beton özelliklerinin birbirlerini ne yönde değiştirdikleri ve etkiledikleri araştırılmıştır. Maksimum agrega dane çapının, çimento dozajının, betonun maruz kaldığı kür koşullarının, donma çözülme etkisinin ve alınan karot çapının betonun dayanımına olan etkileri araştırılmıştır. Ayrıca beton sınıfının ve maksimum agrega dane boyutunun karışımında kullanılması gereken malzeme miktar ve oranları üzerindeki etkileri incelenerek beton karışım tasarımlarıyla ilgili birtakım çıkarımlarda bulunulmuştur.

Bu çalışma kapsamında ilk olarak C20/25 ve C40/50 beton sınıfları için dört farklı maksimum çapta agrega ($D_{maks}= 32$ mm, $D_{maks}= 22,4$ mm $D_{maks}= 16$ mm, $D_{maks}= 8$ mm) karışımı kullanılarak beton karışım tasarımları yapılmış, üretilen numuneler suda belli süreler kür edilerek hedeflenen dayanımlar elde edilmeye çalışılmıştır. Daha sonra sabit su/çimento oranında 300 ve 400 doz çimento içeriğine sahip yine dört farklı maksimum çapta agrega ($D_{maks}= 32$ mm, $D_{maks}= 22,4$ mm $D_{maks}= 16$ mm, $D_{maks}= 8$ mm) karışımı kullanılarak beton üretimleri yapılmıştır. Toplamda 8 farklı grupta, 15x15x15 cm boyutlarında üretilen küp numunelerin bir kısmı laboratuvar ortamında suda kür edilirken bir kısmı da şantiye koşullarında kür edilmiş ve ardından kür süresi tamamlanan numunelere standart basınç deneyi uygulanmıştır. Suda kür edilen numunelerin bir kısmına ise donma - çözülme deneyi uygulandıktan sonra standart basınç deneyi yapılmıştır. Çalışmanın son kısmında yine ikinci bölümde üretilen betonlarla aynı içeriklerde ve özelliklerde 8 farklı grup beton üretimi yapılmıştır. 20x75x50cm boyutlarında üretilen ve 28 gün şantiye koşullarında kür edilen beton bloklara farklı çaplarda (70 mm, 100 mm, 150 mm) karot alma işlemi uygulanmıştır. Alınan karot numuneleri standart basınç deneyine tabi tutularak basınç dayanımları belirlenmiştir.

Yapılan çalışma sonucunda aynı beton sınıfına ait numuneler üretilirken kullanılan maksimum agrega dane çapının artması ile karışımında kullanılan su ve çimento miktarının azaldığı bunun da üretilen betonun maliyetini düşürdüğü belirlenmiştir. Ayrıca su/çimento oranı arttıkça maksimum agrega dane boyutuna bağlı olmaksızın basınç dayanımlarının düştüğü görülmüştür. Sabit su/çimento oranında 300 ve 400 doz çimento içeriğinde üretilen betonlarda kullanılan agregaların maksimum dane çapı arttıkça

betonların birim hacim ağırlık ve dayanım değerlerinin arttığı tespit edilmiştir. Bununla beraber kür koşullarının da betonun dayanım değerlerini etkilediği, suda kür edilen numunelerin basınç dayanımlarının şantiye koşullarında kür edilen numunelerden daha yüksek çıktığı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Agregâ Özgöl Ağırlığı, Betonun Basınç Dayanımı, Beton Birim Hacim Ağırlığı, Beton Karışım Tasarımı, Beton Kürü, Çimento Dozajı, Maksimum Agregâ Dane Çapı.



ABSTRACT

MS THESIS

THE EFFECT OF MAXIMUM AGGREGATE GRAIN DIAMETER ON THE MIX DESIGN AND COMPRESSIVE STRENGTH OF CONCRETE

Mehmet PARLAR

**THE GRADUATE EDUCATION INSTITUTE OF
KONYA TECHNICAL UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
IN CIVIL ENGINEERING**

Advisor: Prof. Dr. Ülkü Sultan KESKİN

2019, 111 Pages

Jüri

Prof. Dr. Ülkü Sultan KESKİN

Dr. Öğr. Üyesi Arife AKIN

Dr. Öğr. Üyesi Süleyman Kamil AKIN

Concrete is the primary material used for the construction of buildings with significant importance for human life, such as power plants, airports, ports, buildings, and bridges all over the world. The construction materials are produced by mixing cement, aggregate, water and, in some cases, additives and minerals with certain ratios considering the preconceived design. In connection with concrete production that can meet different needs with low costs, the types, properties and mixing ratios of the materials forming the concrete are of great importance. For this reason, various experimental studies have been carried out in this area all over the world and are still carried out. In this study, the experiments were conducted on certain properties of concrete and the effects that the properties of concrete had on each other were investigated. The effects of maximum aggregate grain diameter, cement dosage, concrete curing conditions, freeze thawing effect and core diameter on the strength of concrete were investigated. In addition, the effects of the concrete class and the maximum aggregate grain size on the amount and ratios of the materials to be used in the mix were examined and a number of inferences were made regarding the concrete mix design.

In the scope of this study, concrete mix designs were first made by mixing four different maximum diameter aggregates ($D_{max}= 32$ mm, $D_{max}= 22.4$ mm, $D_{max}= 16$ mm, $D_{max}= 8$ mm) for concrete classes of C20/25 and C40/50, the produced samples were then cured in water for a certain duration in order to try and obtain the targeted strength values. Then concrete production was made with a fixed water/cement ratio of 300 and 400 doses of cement content using a mix of four different maximum diameter aggregates ($D_{max}= 32$ mm, $D_{max}= 22.4$ mm, $D_{max}= 16$ mm, $D_{max}= 8$ mm). A total of 8 groups of 15x15x15 cm cube samples produced, some of which were cured in water in laboratory conditions whereas some were cured under site conditions, and the samples that completed their curing duration were subjected to standard compression tests. Some of the water-cured samples were subjected to the standard pressure test after being subjected to the freeze-thaw test. In the last part of the study, 8 different groups of concrete were produced with the same contents and properties as those produced in the second section. Core sampling of different diameters (70 mm, 100 mm, 150 mm) were applied to the concrete blocks that were produced in dimensions of 20x75x50cm and cured under site conditions for 28 days. The compressive strengths of the cored samples were determined by subjecting them to the standard pressure test.

As a result of the study, it was determined that the amount of water and cement used in the mixture decreased with the increase in the maximum aggregate grain size used in producing the samples

of the same concrete class, and that this decreased the cost of the produced concrete. In addition, it was observed that the compressive strengths were found to decrease as the water/cement ratio increased, regardless of the maximum aggregate grain size. It was determined that, for the concretes produced with a fixed water/cement ratio with 300 and 400 doses of cement content, the unit weight and strength values increased as the maximum grain diameter of the aggregates also increased. In addition, it has been observed that the curing conditions affect the strength values of the concrete and that the compressive strengths of the water cured samples were higher than the samples which were cured under site conditions.

Keywords: Aggregate Specific Gravity, Concrete Compressive Strength, Concrete Unit Volume Weight, Concrete Mix Design, Concrete Cure, Cement Content, Maximum Aggregate Grain Diameter.



ÖNSÖZ

Hazırlamış olduğum bu tez çalışması süresince bana her konuda destek olan, bilgi ve emeğini esirgemeyen çok değerli Sayın Prof. Dr. Ülkü Sultan KESKİN hocama katkılarından dolayı teşekkürlerimi sunarım. Bu çalışmanın laboratuvar ve diğer aşamalarında yardım ve desteklerini gördüğüm Kırmataş Hazır Beton San. Tic. Ltd. Şti ve Uğurlu Yapı Laboratuvarı Zemin Etüdü Sanayi ve Tic. Ltd. Şti. çalışanlarına ve özellikle Kırmataş Hazır Beton firması sahibi Mustafa GÜL' e çok teşekkür ederim.

Lisans eğitimim ve yüksek lisans çalışmalarımda benden desteklerini esirgemeyen aileme de sonsuz teşekkürler.

Mehmet PARLAR
KONYA-2019

ÇALIŞMAYI DESTEKLEYEN KURULUŞLAR

Bu yüksek lisans tezi çalışmasında, Selçuk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Koordinatörlüğü; 18201067 nolu araştırma projesi kapsamında “Maksimum Agregat Dane Çapının Beton Karışım Tasarımına ve Dayanımına Etkisi” ismiyle 7.500 TL maddi destek sağlanmıştır. Sağlamış olduğu destekten dolayı, Selçuk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Koordinatörlüğü’ne teşekkür ederim.



İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	vi
ÖNSÖZ	viii
ÇALIŞMAYI DESTEKLEYEN KURULUŞLAR	ix
İÇİNDEKİLER	x
SİMGELER VE KISALTMALAR	xii
1. GİRİŞ	1
1.1. Beton Bileşenleri ve Özellikleri	4
1.1.1. Çimento	4
1.1.2. İnce ve iri agregalar	4
1.1.3. Karışım suyu.....	6
1.1.4. Kimyasal katkılar	7
1.1.5. Mineral katkılar	8
1.2. Betonun Kıvamı ve İşlenebilirliği	8
1.2.1. Kıvam	8
1.2.2. İşlenebilirlik.....	9
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	10
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	17
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	21
4.1. Beton Dayanımının Tahribatlı Yöntemlerle Belirlenmesi	21
4.1.1. Betonun basınç dayanımı ve dayanıklılığı	21
4.1.1.1. Betonun basınç dayanımı.....	21
4.1.1.2. Betonun dayanıklılığı	22
4.1.2. Mevcut deneyler	23
4.1.2.1. Standart basınç deneyi	23
4.1.2.2. Karot deneyi	24
4.1.2.3. Gömülü numune kullanma deneyi.....	27
4.2. Deneysel Çalışmalar.....	27
4.2.1. Beton karışım hesabı (TS 802).....	27
4.2.1.1. Çevresel etki sınıfları	29
4.2.1.2. Karışımında kullanılacak malzeme miktarları	30
4.2.2. Yapılan deneyler.....	31
4.2.2.1. Granülometri deneyi (elek analizi)	31
4.2.2.2. Taze beton deneyleri.....	43
4.2.2.2.1. Farklı içeriklerde beton karışım tasarımı yapılması	43
4.2.2.2.2. Taze betondan numune alınması.....	44

4.2.2.2.3. Çökme (slump) deneyi.....	45
4.2.2.2.4. Taze betonun birim hacim ağırlık deneyi	46
4.2.2.3. Sertleşmiş beton deneyleri.....	47
4.2.2.3.1. Donma - çözülme deneyi	47
4.2.2.3.2. Karot alma deneyi.....	47
4.2.2.3.3. Standart basınç deneyi	48
4.2.3. Deney sonuçları.....	49
4.2.3.1. Farklı hacimlerde üretilen beton karışım içerikleri	49
4.2.3.2. C20/25 ve C40/50 beton sınıfları için üretilen beton maliyetleri	55
4.2.3.3. Taze beton birim ağırlık deneyi ve slump testi sonuçları.....	56
4.2.3.4. Sertleşmiş beton birim ağırlık değerleri	59
4.2.3.5. Standart basınç deneyi sonuçları	61
4.2.3.5.1. Donma çözülme deneyi sonuçları.....	77
4.2.3.5.2. Karot deneyi sonuçları	80
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	88
KAYNAKLAR.....	93
EKLER	95
ÖZGEÇMİŞ	111

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

C	: Karışımdaki çimento ağırlığı
W	: Karışımdaki su ağırlığı
W _t	: Toplam Ağırlık
W _k	: Kap Ağırlığı
V _{ag}	: Karışımdaki agrega hacmi
V	: Hacim
D _{maks}	: Maksimum agrega boyutu
cm	: Santimetre
mm	: Milimetre
m ³	: Metreküp
dm ³	: Desimetreküp
mm ²	: Milimetrekare
kg	: Kilogram
gr	: Gram
N	: Newton
Mpa	: Megapaskal (N/mm ²)
°C	: Santigrat Derece
γ	: Birim Ağırlık
ρ	: Özgül Ağırlık
σ	: Gerilme
ε	: Şekil Değişirme

Kısaltmalar

KK1	: Kırma Kum 1
KK2	: Kırma Kum 1
KT1	: Kırmataş 1
KT2	: Kırmataş 2
KT3	: Kırmataş 3
CEM I	: Portland Çimentosu
TS	: Türk Standartları
TS 802	: Beton Karışım Tasarımı Hesap Esasları Türk Standardı - 2016
TS 500	: Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları Türk Standardı - 2000
TS EN 12504-1	: Beton – Yapıda Beton Deneyleri Türk Standardı - 2011
TS EN 12390-3	: Beton-Serleşmiş Beton Deneyleri Türk Standardı - 2010

1. GİRİŞ

Yaklaşık 5000 yıl kadar önce Çin Seddinin yapımında ve Mısır piramitlerinin inşasında beton en ilkel haliyle kullanılmıştır. Ayrıca, Romalılar döneminde de beton ilkel şekliyle kullanılarak birçok mühendislik yapısı inşa edilmiştir. Günümüzdeki anlamıyla ise beton portland çimentonun 1824 yılında üretilmesi ve ilk çimento fabrikasının 1848’de İngiltere’de kurulmasıyla kullanılmaya başlanmıştır. Almanya’da 1903 yılında hazır beton ilk defa kullanılmış, 1916 yılında ise ihtiyaç doğrultusunda betonun taşınma işlemi transmikserlerle gerçekleştirilmiştir (Ünsal ve Şen, 2008).

Günümüzde beton, sahip olduğu özellikleri sayesinde inşaat sektöründe yoğun olarak üretilmekte ve kullanılmaktadır. Betondan; binalar, yollar, köprüler, barajlar, santraller, istinat duvarları, hava alanları, limanlar ve su depoları gibi insan hayatı için büyük öneme sahip birçok yapının inşa ediliyor olması bize betonun ne kadar çok kullanılan bir yapı malzemesi olduğu hakkında fikir vermektedir. Çeşitli minerallerin, kimyasal katkıların ve liflerin beton üretiminde kullanılmasıyla istenilen özelliklerde ve çeşitlerde betonlar üretilmekte, bu sayede ihtiyaca göre üretilen betondan çok daha fazla verim alınabilmektedir. Ayrıca, bu kimyasal ve mineral katkıları sayesinde yüksek dayanımlı betonlar üretilmektedir. Beton teknik ve ekonomik yönden sahip olduğu üstünlükleri sayesinde geçmişte olduğu gibi gelecek yıllarda da inşaat sektörünün en çok tercih edilen ve vazgeçilmez malzemesi olmaya devam edecektir.

Betonun üretilmesi çimento, agrega (kum, çakıl, kırmataş), su ve gerektiğinde bazı katkı ve mineral maddelerin belli bir üretim teknolojisine uygun olarak karıştırılması şeklinde olmaktadır. İlk oluşturulduğunda akıcı veya plastik kıvamda olan beton, zamanla çimentonun hidrasyonu ile katılaşarak sertleşerek mukavemet kazanan önemli bir malzemedir. Ekonomik, üretiminin yanında kullanımı da kolay olan, tasarımı ile üretiminin uygun yapılması durumunda güvenli ve dayanıklı bir yapı malzemesidir. Betonu günümüzde önemli bir yapı malzemesi yapan özellikler şöyle sıralanabilir:

- Basınca karşı dayanımının yüksek olması,
- Çevresel etkilere karşı dayanıklı olması,
- Ekonomik olması,
- Çelik donatıyla iyi aderans göstermesi,
- Hammaddelerinin kolay temin edilebilmesi ve her yerde üretilbilir olması,
- Üretimi için fazla enerjiye ihtiyaç duyulmaması.

Betonun taze haldeyken işlenebilir olması gerekmektedir. Başka bir deyişle beton taze haldeyken kolay taşınabilmeli, yerleştirilebilmeli, sıkıştırılabilmeli ve bu işlemler sonrasında segregasyona uğramamalıdır. Beton üretiminde öncelikli olarak göz önünde bulundurulmuş ve istenilen değerleri sağlaması gereken özelliklerden birisi de betonun basınç dayanımıdır. Bu yüzden betonun basınç dayanımının ve bu dayanımı etkileyen faktörlerin doğru olarak tespit edilebilmesi yüksek mukavemetli beton elde edebilme açısından önemlidir. Beton dayanımının bilindiği durumlarda betonun eğilme ve çekme dayanımları gibi özellikleri hakkında da bilgi sahibi olmak mümkündür. Basınç dayanımı betonun artı yönde olan özellikleriyle genellikle paralellik gösterirken, bazı beton özellikleriyle arasında çeşitli oranlar da bulundurmaktadır. Bu anlamda betonun basınç dayanımı betonun diğer özellikleri hakkında bilgi sahibi olunabilmesi için önemli bir parametre olarak görülebilir.

Betonda kalitenin ölçüsü yalnızca basınç dayanımına bakılarak değil, betonun ekonomik ömrü boyunca maruz kaldığı çevre etkilerine ve yüklere karşı dayanıklılığına da bakılarak belirlenmelidir. Betonun dayanıklı olması, kimyasal ve aşınma etkileri ile hava etkisi gibi çevresel faktörlere karşı dayanma süresiyle açıklanabilir. Betonda basınç dayanımı özelliği kısa sürede belirlenebilirken, dayanıklılık özelliğinin belirlenmesi için uzun zaman gerekmektedir. Beton maruz kaldığı yüklere ve çevre etkilerine karşı hizmet ömrü boyunca, fiziksel ve kimyasal bütünlüğünü koruyabilmeli, dayanıklı ve geçirimsiz olmalıdır.

Beton karışım tasarımının doğru yapılması üretilecek olan betonun istenilen dayanım ve dayanıklılık değerlerini sağlaması açısından önemlidir. Bu anlamda betonu oluşturan malzemelerin, elde edilmek istenen betonun özelliklerine olan etkilerinin iyi araştırılması gerekmektedir. Düşük maliyetle farklı ihtiyaçlara cevap verebilecek niteliklerde, istenilen dayanım değerlerini karşılayabilen beton üretebilme noktasında beton karışım tasarımlarının iyi yapılarak betonu oluşturan malzemelerin çeşitlerinin, özelliklerinin ve karışım oranlarının uygun seçilmesi büyük önem arz etmektedir.

Yapılan çalışma kapsamında çeşitli beton karışım tasarımları yapılarak numuneler üretilmiş, elde edilen numunelerle taze ve sertleşmiş beton deneyleri yapılmıştır. Çalışmada beton karışım tasarımı, beton basınç dayanımı, donma - çözülme dayanımı ve karot dayanımı üzerine bazı araştırmalar ve deneyler yapılmış olup bunlara bağlı olarak çeşitli sonuçlar elde edilmiştir. Deneysel çalışmalarda ilk olarak farklı maksimum çapta agregalarla iki farklı beton sınıfında oluşturulması amaçlanan numunelerin gerekli beton karışım hesapları yapılmış ve bu hesaplara göre numuneler

üretimiştir. Yapılan beton karışım tasarımlarıyla C20/25 ve C40/50 sınıfı betonların üretilebilmesi amaçlanmış ve standart basınç deneyine tabi tutulan numunelerin istenilen dayanımları sağlayıp sağlamadıkları araştırılmıştır. Maksimum agrega dane çapının ve beton sınıfının karışımında kullanılması gereken malzeme miktarlarını ve oranlarını ne yönde değiştireceğini tespit edebilmek ve buna bağlı olarak da üretilecek olan betonların maliyetlerinin nasıl etkileneceğini belirleyebilmek açısından çalışmanın bu kısmı oldukça önemlidir.

Çalışmanın ikinci kısmında sabit su/çimento oranında 300 ve 400 doz çimento içeriğine sahip farklı maksimum dane boyutunda agregalarla numuneler üretilmiştir. Numunelere basınç deneyi ve donma çözülme deneyi gibi sertleşmiş beton deneyleri uygulanmış maksimum agrega dane çapının, çimento dozajının ve donma - çözülme deneyinin betonun basınç dayanımı üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Numunelerin farklı kür koşullarına maruz bırakılmaları ve deney sonrası kazandıkları dayanım değerlerinin karşılaştırılması da betonun dayanım kazanmasında kür koşullarının etkisini belirlememizi sağlamıştır. Ayrıca, çalışmanın son kısmında yine aynı şekilde sabit su/çimento oranında 300 ve 400 doz çimento içeriğine sahip farklı maksimum dane boyutunda agregalarla üretilmiş olan beton bloklardan farklı çaplarda karot numuneleri alınması ve basınç dayanımlarının test edilmesi karot çapının ve karot alma işlemlerinin betonun dayanımını nasıl değiştirdiğini araştırmak amacıyla yapılmıştır.

Bu çalışma kapsamında yapılacak olan tüm çalışmalarla aşağıda maddeler halinde verilen beton özelliklerinin birbirleriyle olan ilişkileri üzerine çıkarımlar elde edilmesi ve bu beton özelliklerinin birbirine olan etkilerinin araştırılması amaçlanmıştır.

- Maksimum agrega dane boyutu - beton karışım tasarımı
- Maksimum agrega dane boyutu - betonun birim hacim ağırlığı
- Maksimum agrega dane boyutu - betonun kompasitesi
- Maksimum agrega dane boyutu - basınç dayanımı
- Maksimum agrega dane boyutu - donma çözülme dayanımı
- Çimento dozajı - basınç dayanımı
- Çimento dozajı - birim hacim ağırlığı
- Çimento dozajı - betonun donma çözülme dayanımı
- Su/çimento oranı - basınç dayanımı
- Beton kür koşulları - basınç dayanımı
- Betonun birim hacim ağırlığı - basınç dayanımı
- Alınan karot çapı - basınç dayanımı

1.1. Beton Bileşenleri ve Özellikleri

Beton kendisini oluşturan agrega, çimento ve suyun belirli ölçülerde karıştırılması sonucunda elde edilen bir yapı malzemesidir. Betonun hazırlanmasında kullanılan temel bileşenler; farklı boyutlardaki agregalar, çimento, su ve bunlara ek olarak bazı durumlarda ihtiyaç duyulan kimyasal katkılar ve mineral katkılardır. Betonu oluşturan temel malzemeler beton dayanıklılığının zayıf olmasına veya donatı korozyonunun meydana gelmesine neden olabilecek miktarda zararlı madde içermemeli, belli kalite standartlarını sağlayabilmelidir.

1.1.1. Çimento

Klinkerin bir veya daha fazla katkı maddesiyle öğütülmesi sonucu elde edilen, su ile karıştırıldığında hidrasyon reaksiyonları oluşturan ve zamanla sertleşerek dayanım kazanan toz halindeki inorganik malzemeye çimento denir. Çimento hidrolik bağlayıcı özelliğine sahip olan, agrega tanelerinin yüzeyini kaplayarak taneler arasındaki boşlukları dolduran, birçok beton karışımında hacim olarak en az yeri kaplayan önemli bir bileşendir. Katkılı Çimento, Cürüflü Çimento, Sülfata Dayanıklı Çimento ve Portland Kompoze Çimento gibi çeşitleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Betonarme yapılarda en çok tercih edilen ve kullanılan çeşitleri Portland çimentosudur (Aydeniz, 2012).

Portland çimentosu, su ile birleştirildiğinde hidrolik bağlayıcılık özelliği kazanmaktadır. Toz halinde olan Portland çimentosu su ile karıştırıldığı zaman bir dizi seri kimyasal tepkimelere girer. Tepkimeler sonucu oluşan jel, betondaki agregayı çevreleyerek birbirine bağlar. Bu davranış çimentonun bileşim ve inceliğine, agrega türüne, maksimum dane boyutu ile miktarına, su/çimento oranına, zaman ve sıcaklığa bağlı olarak değişmektedir. Ayrıca bu davranış betonun sertleşirken içinde bulunduğu hava şartlarına da bağlı olacaktır.

1.1.2. İnce ve iri agregalar

Agregalar, çeşitli büyüklüklerde kırılmış veya kırılmamış, doğal veya yapay olabilen, çimento ve su karışımıyla birlikte betona hacim kararlılığı sağlamak amacıyla kullanılan, çakıl, kırmataş gibi mineral malzemelere denilmektedir. Agreganın

çimentodan çok daha ucuz bir malzeme olması, rötreyi ve sünmeyi azaltması ve kimyasal reaksiyon eğiliminin düşük olması bu malzemeyi betonun en önemli ve temel bileşenlerinden biri yapmaktadır. Agregaların kimyasal reaksiyon eğilimlerinin düşük olması betonun dayanıklılığının yani durabilitesinin daha iyi olmasını sağlamaktadır.

Beton hacminin büyük bir kısmını (%60'ından fazlasını) agregalar oluştururken, bu malzemelerin fiziksel ve mekanik özellikleri üretilen betonun özelliklerini doğrudan etkilemektedir. Bundan dolayı kullanım amacına göre agrega seçiminde titiz davranılmalıdır. Örneğin, esnek yol üstyapısı için asfalt betonu üretiminde yüksek kalite agrega ihtiyacı oluşurken, rijit yol üstyapısı için beton üretiminde agrega kalitesinde biraz daha esnek davranılabilir. Dolayısıyla, agregalar duyulan ihtiyaç doğrultusunda ve kullanılacağı yere göre gerekli şartları yerine getirmeli; sert, temiz ve yeterli dayanıma sahip olmalıdır. Ayrıca agregalar, silt, kil, toz, toprak ve organik madde gibi yabancı madde içermemelidir. Silt, kil ve toz benzeri maddeler betonun su ihtiyacını artırmakta, organik maddeler ise çimento ile çeşitli reaksiyonlar oluşturabilmektedir. Uygun beton karışım oranlarını belirlemek için agreganın dane boyut dağılımı, su muhtevası (nem), özgül ağırlık, şekil ve yüzey yapısı gibi özelliklerinin bilinmesi gereklidir.

Agregalar sahip oldukları boyutlara göre çeşitlere ayrılırlar. İri Agregada 4 mm açıklıklı kare delikli elek üzerinde kalan agrega iken, ince agrega 4 mm açıklıklı kare delikli elekten geçen malzeme olarak tanımlanabilir. Çakıl; kırılmamış tanelerden meydana gelen iri agregadır. Kırmataş; taş ocaklarında kırılarak oluşturulan tanelerden meydana gelen iri agregadır. Doğal kum; kırılmamış tanelerden meydana gelen ince agregadır. Kırma kum; taş ocaklarında kırılarak oluşturulan tanelerden meydana gelen ince agregadır.

Bir beton karışım tasarımı yapılacağı zaman kullanılacak agreganın granülometri dağılımı, beton karışımında gerekli olan çimento ve su miktarını doğrudan belirlediği için önemli bir özelliktir. Bunun yanında iri agreganın en büyük dane boyutu da betonun çimento hamuru miktarını etkiler çünkü iri agreganın optimum gradasyonu en büyük dane boyutuna bağlıdır. Beton içerisinde bulunan agrega çimentodan daha ucuz bir malzeme olduğundan belli standartlarda bir beton üretebilmek için kullanılan agrega/çimento oranı, istenilen nitelikteki betonu üretebilmek şartıyla, ne kadar fazla olursa ekonomik kazanç da o kadar çok olacaktır.

Kullanılacak maksimum agrega dane boyutuna kullanım yerine göre bazı sınırlandırmalar getirilmiştir. İri agrega dane boyutu çok yüksek olursa taşıyıcı elemanın herhangi bir kesitindeki beton taşıyıcı elemanı temsil edemez. Bunun için iri agreganın

maksimum dane boyutu, taşıyıcı elemanın kalıp genişliğinin %20'sinden, döşeme kalınlığının %33,3 'ünden, iki donatı arası uzaklığın %75'inden büyük değerde olamaz. Ayrıca, maksimum dane boyutu paspayı kalınlığından da küçük olmalıdır (TSE 500, 2000).

1.1.3. Karışım suyu

Beton oluşturulurken kullanılan karışım suyu miktarı beton mukavemetine etki ettiği için dolayı kullanılan karışım suyunun fazla veya eksik olması mukavemeti büyük ölçüde düşürür. Karışım suyu taze betona işlenebilirlik özelliği kazandırır ve bağlayıcı özelliği olan çimento ile reaksiyona girerek bu maddenin hidratasyonunu sağlar. Betonu işleyebilmek, yerleştirebilmek açısından agreganın yüzeyinde fazladan bir su tabakası oluşturmak zorunludur. Betona katılacak karışım suyunun gereği kadar olmaması durumunda agrega danelerinin yüzeyleri kısmen de olsa kuru kalacağından çimento ile aralarında aderans yetersiz olacak, hidratasyon reaksiyonları tam olarak gerçekleşmeyecek ve sonuç olarak beton yeterli çalışabilirlikte olmayacaktır. Bunun yanında karışımdaki su miktarının olması gerekenden fazla kullanılması durumunda da betonun işlenebilirlik ve kıvam gibi özellikleri bozulacak, su/çimento oranında artma olacak ve beton mukavemeti düşecektir. Bu sebeplerden dolayı beton karışım suyu miktarı optimum oranda belirlenmeli ve kullanılmalıdır.

Karışım suyu betonun mukavemetini ve dayanıklılığını etkileyecek, donatı paslanmasına sebep olacak, çiçeklenme oluşturacak ve asit niteliği taşıyacak yabancı maddeler içermemelidir. İçerisinde sülfat ve tuzlar gibi betona zarar verecek kimyasallar bulundurmamalıdır. Karışım suyu seçiminde en iyi su; temiz, berrak, kokusuz ve içilebilir olan sudur. Ancak zorunluluk halinde bazı durumlar önceden göz önüne alınarak deniz suyu da karışım suyu olarak kullanılabilir. Bu durumları maddeler halinde sıralarsak:

- Yapılarda sürekli olarak rutubet oluşmasına sebep olacağı unutulmamalı,
- Beton yüzeyinde lekelenmelere neden olacağı bilinmeli,
- Beton dayanımında düşmelere neden olabileceği unutulmamalı,
- Alüminli çimentoyla kullanılmamalı,
- Öngerilmeli beton yapılarda ve sıcak iklimin hâkim olduğu yerlerde donatılarda korozyon riski oluşturduğundan dolayı kullanılmamalıdır (Eroğlu, 2008).

1.1.4. Kimyasal katkılar

Taze ve sertleşmiş betonun bazı özelliklerini değiştirmek için karıştırma işlemi esnasında betona, çimento kütesine oranla çok az miktarda ilave edilen malzemedir. Kimyasal katkılara priz süresini hızlandırma veya geciktirmede, dayanım kazanma hızını ve süresini ayarlama, betonun işlenebilirliğini artırmada, donmaya karşı daha dirençli betonlar üretebilmede, alkali-agrega reaksiyonları gibi istenmeyen reaksiyonları önlemede, sülfat etkisi ve korozyonun etkisini en aza indirmede ihtiyaç duyulur. Bu katkı maddelerinin karışıma olması gerekenden fazla eklenmesi sonucu tam tersi etkiler ortaya çıkabileceği gibi yine gereğinden az kullanılmaları durumunda hiç bir fayda sağlamayabilirler. En yaygın kullanılan kimyasal katkıları arasında su azaltıcılar (akışkanlaştırıcılar), priz geciktiriciler, priz hızlandırıcılar, hava sürükleyici katkıları, su geçirimsizlik katkıları ve antifrizler gösterilebilir (Aydeniz, 2012).

Hava sürükleyici katkıları betonun donmaya karşı olan direncini artırarak kış aylarında betonun bozulmasını engellemek için kullanılırlar. Betonun sertleşme süreci olarak tanımlanan priz olayının süresini uzatmak veya kısaltmak için priz geciktirici ve priz hızlandırıcı katkıları kullanılır. Özellikle kışın havanın soğuk olduğu dönemlerde priz hızlandırıcılar kullanılırken, betonun uzak mesafelere taşınmasını gerektiren durumlarda priz geciktiriciler kullanılır. Su azaltıcı katkıları ise, kıvamın değişmediği karışımlarda hedeflenen betonun daha az karışım suyu kullanılarak elde edilmesini sağlarken, karışım suyunun sabit kaldığı durumlarda da kıvamın artırılması noktasında faydalıdır. Ayrıca bazı durumlarda betonda kullanılan karışım suyunu azalttıklarından dolayı, su/çimento oranında düşme olur bu da beton mukavemetinin artmasını sağlar. Günümüzde hazır beton santrallerinde üretilen betonların kullanım alanına ulaşabilmeleri için beton için uzun sayılabilecek süreler geçmekte, bu durumda betonun kıvamında bazı değişiklikler ortaya çıkmakta, bunun sonucunda da betonun şantiyede dökülmesi, kalıplara yerleştirilmesi ve sıkıştırılması gibi işlemlerde bazı problemler yaşanmaktadır. Bu anlamda, kullanılan kıvam artırıcı katkıları sayesinde bu sorunların oluşması önlenir ve betonun çok daha uzun süreler istenilen niteliklerini koruması sağlanmış olur.

1.1.5. Mineral katkıları

Mineral katkıları; endüstri kaynaklı uçucu kül, silis dumanı, tras ve yüksek fırın cürufu gibi beton yapımında kullanılan ince taneli malzemelerdir. Çimento üretiminde kullanılabildikleri gibi doğrudan beton üretiminde de kullanılabilen bu malzemelerin genel adı puzolanlardır. Puzolanlar sulu ortamlarda çimento ile birleştiğinde hidrolik bağlayıcılık özelliği kazanan ancak kendi başlarına bu özelliği gösteremeyen malzemelerdir.

Mineral katkıları betonun dayanıklılığını artırdığı gibi betona ek dayanım da sağlayarak istenilen özelliklerde beton üretilebilmesine yardımcı olurlar. Bu katkıları betonun hidrasyon ısısını kontrol etmek, agrega alkali reaksiyonu oluşması riskini azaltmak, sülfat direncini artırmak, segregasyon ve terlemeyi azaltmak gibi amaçlarla da kullanılmaktadır. Ayrıca, bazı sanayi atıklarının mineral katkı olarak kullanılması ve bu katkıların kullanılan çimento miktarında tasarruf sağlaması mineral katkıların çevresel faydaları olarak gösterilebilir. Mineral katkıları betonlarda erken dayanımlarda düşme ve priz süresinde artışa sebep olarak bazı durumlar için istenmeyen nitelikteki betonların ortaya çıkmasına neden olabilmektedirler. Örnek olarak, erken yüksek dayanım elde edilmek istenen beton veya kış aylarında soğuk havada dökülen beton için priz süresinin artması istenmeyen durumlardandır.

1.2. Betonun Kıvamı ve İşlenebilirliği

1.2.1. Kıvam

Karışımlarda kıvam su miktarı ile doğrudan alakalı olarak değişen ve beton karışımının ıslaklık derecesi olarak tanımlanan kavramdır. Taze betonun hareket edebilme yeteneği olan kıvam, düşük olursa betonu karıştırma, kalıplara yerleştirip sıkıştırma ve pompalama gibi işlemler zorlaşır ve bu işlemler için gereken enerji artar. Bu yüzden kıvam betonun kullanım yerine, betonu karıştırma, sıkıştırma, pompalama imkânlarına bağlı olarak seçilmesi gereken bir özellik olarak sayılabilir. Karışımda su miktarının fazla olması yani kıvamın yüksek olması demek betonun işlenebilirliğinin de uygun ve yeterli olduğu anlamına gelmemektedir. Bir başka deyişle artan kıvam her zaman işlenebilirlik özelliğini de yeterli hale getirmemektedir. Çünkü artan su miktarı ve kıvam ile beraber taze betonun yerleştirilme ve sıkıştırılma işlemlerinde yapısını

koruması, içerisindeki çimento harcı ile agregaların birbirinden ayrılarak segregasyona uğramaması gerekmektedir. Betondaki su miktarının önemli ölçüde belirleyici olduğu; kuru, plastik ve akıcı olmak üzere üç kıvam sınıfı sayılabilir (Çorbacıoğlu, 2008).

1.2.2. İşlenebilirlik

Taze haldeki betonun işlenebilirliği, beton sertleşip katılaştıktan sonra dayanımı ve dayanıklılığı etkileyen önemli bir faktördür. Taze betonun segregasyona uğramadan karıştırılabilmesi, taşınabilmesi, sıkıştırılabilmesi ve pompalanabilmesi gibi yeterlilikleri betonun işlenebilirliğini ifade etmektedir. Yeterli işlenebilirliğe sahip olmayan taze betonun katılaşıp sertleştikten sonra istenilen dayanıma ve dayanıklılığa sahip olması mümkün değildir. Segregasyon sebebiyle bozulmuş olan beton homojenliği dayanımın düşük ve değişken olmasına sebep olacaktır. Ayrıca, betonda oluşacak boşluklar nedeniyle de dayanımda düşmeler meydana gelecektir. Kullanılan çimento çeşidi ve miktarı, karma suyu miktarı, su/çimento oranı, mineral ve kimyasal katkıları, agrega gradasyonu, agregaların dane şekli ve yapısı, maksimum agrega dane boyutu, hava sıcaklığı gibi durumlar işlenebilirliği etkileyen başlıca faktörlerdir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Betonun insan hayatı için büyük önem arz eden yapıların inşasında çokça kullanılması ve en önemli yapı malzemelerinden biri olması sebebiyle betonla ilgili geçmişte birçok araştırma ve deneysel çalışma yapılmış günümüzde de yapılmaya devam etmektedir. Bu anlamda, yapılacak olan tez çalışması konusuyla alakalı da geçmişte çeşitli araştırmalar, çalışmalar yapılmış ve bazı sonuçlar elde edilmiştir. Aşağıda bu çalışmalardan bazıları özetlenmiştir.

Aydeniz (2012), yaptığı tez çalışmasında agrega dane boyutunun beton dayanımına ve su emmesine olan etkilerini incelemiştir. Bu kapsamda laboratuvar ortamında değişken agrega, kum, çimento, su ve ilaveten kimyasal akışkanlaştırıcı katkıları da kullanarak küp numuneler üretmiş ve bu numunelerle basınç deneyi, ultrases deneyi gibi deneyler yapmıştır. Deneyler sonucunda elde ettiği verileri yürürlükteki TS (Türk Standartları)'ye göre değerlendirmiştir. Yapılan deneyler sonucunda;

- Su / çimento oranı arttıkça maksimum agrega dane boyutundan bağımsız olarak numunelerin basınç dayanımları düşmüştür.
- Beton üretiminde, maksimum dane boyutu daha büyük olan agregalarla üretilen numunelerde kompasitenin daha fazla olduğu görülmüştür.
- Aynı maksimum dane çapına sahip agregalarla üretilen numunelerin içerdiği çimento dozajı arttıkça betonun basınç dayanımının da arttığı görülmüştür.

Berber (2010), yaptığı çalışmasında beton karot dayanımları ve standart numune dayanımları arasındaki ilişkiyi incelemiş ve bu iki dayanım arasındaki farklılıkları bulmaya çalışmıştır. Ayrıca beş farklı beton sınıfında üretilen numunelerin basınç dayanımlarının ilgili standartlara uygunluğunu kontrol etmiştir. Deneylerde çeşitli boyutlarda küp, silindir ve karot numuneler ile bu karot numunelere eşdeğer boyutlarda üretilen silindir numuneler kullanmıştır. Tüm numunelerle yaptığı basınç deneyleri sonrasında ilk olarak standart numunelerin dayanımları arasındaki oranları tespit etmiştir. Ardından farklı kür koşulları (laboratuvar ve şantiye) uyguladığı numunelerin basınç dayanımlarını oranlayarak bazı katsayılar elde etmiştir. Karot numunelerinin basınç dayanımlarının değerlendirilmesinde narinliğin etkisini araştırmış ayrıca karot numunelerinin maruz kaldığı kesme etkisinin dayanımı nasıl değiştirdiğini belirlemeye çalışmıştır. Son olarak da üretilen numunelerin dayanımlarını TS 500 ve TS EN 206'ya,

karot numunelerini ise TS 10465'e göre değerlendirmiş ve numunelerin kabul koşullarını sağlayıp sağlamadıklarına bakmıştır. Yapılan bu çalışmada elde edilen sonuçlardan bazılarını maddeler halinde sıralarsak;

- Karot numuneler ile karot numunelere eşdeğer boyutlarda üretilen numunelerin basınç dayanımlarının farklı olduğu görülmüştür. Buradan da karot alınırken meydana gelen kesme etkisinin dayanımı %10 civarında azalttığı tespit edilmiştir.
- Karot numunelerin boy/çap oranları arttıkça basınç dayanımlarının azaldığı belirlenmiştir.
- Aynı özelliklerde olan ve bir kısmı laboratuvar ortamında bir kısmı ise şantiye koşullarında kür edilen numunelerden laboratuvar ortamında kür edilen numunelerin basınç dayanımlarının daha fazla olduğu belirlenmiştir. Bu iki farklı kür koşuluna maruz bırakılan numunelerin ortalama basınç dayanımları oranı 0,85 olarak hesaplanmıştır.
- Karot çapı, karot narinliği, karot alma doğrultusu, karot içinde kalan donatı, karot alınan yer, karot kesme etkisi, karot kürü, karot alınan betonun yaşı ve karotun nem durumu gibi etkenlerin karot dayanımının gerçek dayanıma dönüştürülmesinde dikkate alınması gerektiği anlaşılmıştır.
- Karot numune dayanımının standart numune dayanımına oranının yaklaşık olarak 0,80 ile 0,90 arasında değiştiği görülmüştür.

Eroğlu (2008), beton üretiminde kullanılan maksimum agrega dane boyutunun betonun elastisite modülünü nasıl etkilediğini incelemiştir. Yaptığı deneylerde maksimum dane boyutu 31,5 mm, 16 mm, 8 mm ve 4 mm olan agregalar kullanarak farklı beton karışımları oluşturmuş, silindir ve küp numuneler üretmiş ve bu numuneleri basınç ve ultrases deneyi gibi deneylere tabi tutmuştur. Üretilen küp ve silindir numunelerin basınç dayanımlarını karşılaştırmış, numunelerin maksimum agrega dane boyutuna göre basınç dayanımları için aralarındaki korelasyon katsayılarını hesaplanmıştır. Ayrıca bu çalışma kapsamında deneyler sonucu elde ettiği elastisite modülü değerlerini TS (Türk Standartları) ve ACI (American Concrete Institute) formülleri ile bulunan sonuçlarla kıyaslayarak birtakım çıkarımlar elde etmiştir. Bu deneysel çalışmalar sonrası elde edilen bazı sonuçlar;

- Maksimum dane boyutu değişmeksizin su / çimento oranı arttıkça elastisite modülünün azaldığı görülmektedir.
- Maksimum dane boyutuna bağlı olmaksızın basınç dayanım değeri yüksek olan numunelerin elastisite modüllerinin de yüksek olduğu görülmüştür.

- Basınç dayanımı aynı olup maksimum agrega dane boyutu daha büyük agregalardan oluşan numunelerin elastisite modüllerinin de daha büyük çıktığı tespit edilmiştir.
- Maksimum dane boyutu büyük olan numunelerde küp ve silindir basınç dayanımları birbirinden farklı değerler verirken, maksimum dane boyutu küçük olan numuneler birbirine daha yakın basınç dayanım değerleri vermektedir.
- Maksimum agrega dane boyutuna bağlı olmaksızın deneysel olarak elde edilen elastisite modülü değerlerinin TS 500'e göre hesaplanan değerlerden daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Bu tespitten yola çıkılarak deneysel olarak bulunan elastisite modülü değerlerinin kullanılmasının betonarme yapı açısından daha uygun olacağı yorumu yapılmıştır.
- Ultrases hızı dane boyutuna göre değişmemektedir. Numuneler arasında ultrases hız farkı numunelerdeki hava miktarlarının farklı olmasından kaynaklanmaktadır. Büyük taneli agrega kullanılan numunelerdeki hızın daha fazla olması içlerindeki hava miktarlarının daha az olmasına işaret eder.
- Kullanılan maksimum agrega dane boyutu daha büyük olan numunelerde kompasitenin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu anlamda kompasitesi yüksek olan numunelerin basınç dayanımları daha yüksek çıkmıştır.

Gergerli (2018), asfalt yolların yenilenmesi sonrası oluşan atık malzemelerin beton karışımlarında iri agregalar yerine kullanılabilirliğinin araştırılması üzerine bazı deneysel çalışmalar yapmıştır. İri agregalar yerine 4-22,4 mm boyutlarında ve farklı oranlarda (%5, %10, %20, %30) kazınmış asfalt malzemesi kullanarak oluşturduğu beton numunelerin farklı sıcaklıklardaki davranışlarını ve özelliklerini incelemiştir. Ürettiği taze betonlarla çökme ve birim hacim deneyleri yapmıştır. Farklı ortam ısılarına maruz bırakılmış sertleşmiş beton numuneler ile ise ultrases hızı, basınç dayanımı ve eğilme dayanımı tespiti için deneyler yaparak bazı sonuçlar elde etmiştir. Deney sonuçlarına göre; beton karışımlarına eklenen kazınmış asfalt malzemenin artışı ve küp numunelerine uygulanan ısının artışı ile numunelerin dayanımlarında ve ultrases geçiş hızında düşme olduğu tespit edilmiştir. Kiriş numunelerinin eğilme dayanımlarının ise beton karışımına iri agrega yerine kazınmış asfalt ilave edilmesiyle arttığı sonucuna varılmıştır. Yapılan taze beton deneyleri sonrasında asfalt malzeme ilavesiyle oluşturulan taze betonun çökme değeri ve işlenebilirliğinin arttığı anlaşılmıştır.

Köseoğlu (2010), taze ve sertleşmiş betonda uygulanan kalite kontrol yöntemleriyle ilgili bazı araştırma ve deney çalışmaları yapmıştır. Betonun içeriğinde bulunan agregaların dane boyutlarının beton karot dayanımı üzerindeki etkilerini incelemiştir. Yapılan deneylerde tüm özellikleri aynı olan bir betonda yalnızca maksimum agrega dane çapının değiştirilmesi ile karot dayanımının nasıl değişeceği araştırılmıştır. Ayrıca numunelerden farklı boyutlarda karot alınarak basınç dayanımlarına bakılmış ve karot boyutunun dayanımı nasıl etkilediği incelenmiştir. Yapılan çalışmada elde edilen sonuçları özetlersek;

- Agregada dane çapının artmasıyla karot dayanımının da arttığı görülmüş ve aralarında doğru bir orantı olduğu anlaşılmıştır.
- Beton dayanımının ortalama agrega dane çapının artmasıyla artacağı tespit edilmiştir.
- Büyük boyutta alınan karot numunelerinin dayanımlarının daha düşük çıktığı dolayısı ile karot çapı ile beton dayanımı arasında ters bir orantının olduğu görülmüştür.

Mardani ve ark. (2012), maksimum agrega dane boyutu ve numune boyutunun betonun karot dayanımına etkisini araştırmışlardır. Çalışmalarında üç farklı su/çimento oranına sahip (0,40, 0,60, 0,80) iki farklı maksimum agrega dane boyutunda (15 mm, 25 mm) agregalar kullanarak 6 farklı beton karışımı oluşturmuşlardır. Bu karışımlarla 15x15x15 cm boyutlarında küp numuneler, 10x20 cm boyutlarında silindir numuneler üretmişler ve 28 gün standart koşullarda kür etmişlerdir. Ayrıca, 28 gün hava koşullarında bekletilen 30x40x45 cm boyutlarındaki beton bloktan 10x10 cm, 10x20 cm ve 10x30 cm boyutlarında karot numuneleri almışlardır. Tüm numuneler 28 gün sonunda basınç deneyine tabi tutularak dayanım değerleri elde edilmiştir. Deney sonuçlarına göre; küp numunelerin basınç dayanımlarının silindir numunelerin basınç dayanımlarından daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Aynı boyutlardaki standart numunelerin ve karot numunelerin basınç dayanımları karşılaştırıldığında standart numunelerin dayanımlarının daha fazla olduğu görülmüştür. Su/çimento oranının artmasıyla beklendiği gibi basınç dayanımında düşme olmuştur. Bu oranın azalmasıyla karot numuneler ve standart numuneler arasındaki dayanım farkının arttığı tespit edilmiştir. Yine karot numunelerinde en yüksek dayanımın narinlik oranı en düşük olan numunelere ait olduğu görülmüştür.

Özdemiroğlu (2014), yaptığı çalışmada bazalt, cebeci kalker, beyaz kalker ve dolomit gibi dört farklı agrega türü kullanarak agrega oranının betonun kırılmasına olan etkilerini incelemiştir. En büyük agrega dane boyutu, su/çimento oranı ve granülometri

sabit tutularak farklı agrega konsantrasyonuna sahip numuneler oluşturulmuştur. Her agrega türü için %0, %20, %40, %60 ve %75 agrega oranına sahip silindir ve küp numuneler üretilmiştir. Deneylerde elastik ve elastik olmayan beton özellikleri, gerilme-şekil değiştirme ilişkisi, ultrases hızının değişimi gibi konular incelenmiştir. Ulaşılan sonuçlara göre; betondaki agrega oranı arttıkça betonun işlenebilirliğinin ve çökme değerinin azaldığı ve-be değerinin ise arttığı görülmüştür. Artan agrega konsantrasyonu ile artan yüzeyleri ıslatmak için ihtiyaç duyulan su miktarının daha fazla olması sebebiyle %60 ve %75 oranında agrega kullanılan numunelerde süper akışkanlaştırıcı kullanılmıştır. Ultrases hızının artan agrega oranıyla doğru orantılı olarak arttığı tespit edilmiştir. Betonun yarma - çekme dayanımı agrega konsantrasyonu ile doğru orantılı olarak değişmiştir. Ayrıca betonda agrega artışıyla dayanımdaki birim kısalmaların ve kırılma oranının azaldığı görülmüştür.

Şengül ve ark. (2003), beton üretiminde kullanılan agrega çeşidinin betonun donma - çözülme dayanıklılığına olan etkisini araştırmışlardır. Ürettikleri beton numunelerinde agrega olarak bazalt, Çatalca kalker, Cebeci kalker, Gebze kalker ve kumtaşı kullanmışlardır. Ayrıca tüm numunelerde doğal kum ve PC 42,5 çimentosu kullanmışlardır. Çalışmada agregalara Los Angeles aşınma deneyi yapmışlar ve agrega özelliklerini incelemişlerdir. Üretilen tüm karışımlarda agrega granülometrisi ve maksimum agrega boyutu sabit tutulmuştur. Numuneler hava sürükleyici katkı içeren ve içermeyen olarak iki şekilde üretilmiştir. Etkin su/çimento oranı katkısız betonlarda 0,63, katkılı betonlarda ise 0,59 olacak şekilde ayarlanmıştır. Yapılan donma- çözülme, ultrases hızı tayini ve basınç dayanımı deneyleri neticesinde bazı sonuçlara ulaşılmıştır;

- Donma - çözülme çevrimi uygulanmamış ve hava sürükleyici katkı içermeyen numunelerle yapılan basınç deneyi sonrası en yüksek dayanımı bazalt agregası ile üretilen numuneler sağlamıştır. En düşük dayanımı ise kumtaşı ile üretilen numuneler vermiştir.
- Hava sürükleyici katkı içermeyen numunelerde donma - çözülme çevrimi sonrası en fazla dayanım kaybı %27 ile Cebeci kalker ile üretilen numunelerde olmuştur. Bunu %15 kayıp ile kumtaşı ile üretilen numuneler izlemiştir.
- Hava sürükleyici katkı içeren numunelerde ise donma - çözülme çevrimi sonrası yalnızca kumtaşı ile üretilen numunelerin basınç dayanımlarında düşme olmuştur.
- Hava sürükleyici katkıların betonun ultrases hızını ve beton dayanımını azaltıcı yönde etki ettiği tespit edilmiştir.

- Hava sürükleyici katkıların betonlarda donma - çözülme çevrimi sonrası basınç dayanımı kaybını ciddi oranda azalttığı görülmüştür.

Yatağan (2010), çalışmasında değişik oranlarda ve maksimum dane boyutu 4 mm olan agregalar kullanarak harçlar üretmiştir. Ayrıca en büyük dane boyutu 16 mm olan agregalar kullanarak beton numuneler üretmiştir. Ürettiği bu harç ve beton numunelerde 20 C⁰ sıcaklık ve %40 bağıl nem ortam koşullarında kısıtlanmış ve serbest rötre ölçümleri yapmıştır. Yapılan çalışmalarda, kullanılan agregalar dane boyutu ve oranının rötreye olan ilişkisi incelenmiştir. Çalışma sonucunda agregalar dane boyutunun küçülmesinin kısıtlanmış rötre çatlak genişliğini artırdığı, kullanılan agregalar miktarının artmasının ise kısıtlanmış rötre çatlak genişliğini azalttığı görülmüştür. Daha büyük agregalar dane boyutunun kısıtlanmış rötre çatlaklarının ilerlemesini sınırlandırıcı olduğu düşünülmektedir. Beton üretiminde kullanılan toplam agregalar hacmindeki ve agregalar dane boyutundaki artmanın serbest rötreyi azalttığı tespit edilmiştir. Betonda rötre arttıkça dayanımın düştüğü deneyler sonucu ortaya çıkmıştır. Kullanılan agregaların dane boyutlarının artmasıyla betonda su emme ve kılcallık değerlerinin düşmesi de rötreyi azaltan bir etken olarak düşünülmüştür.

Yegin (2009), farklı çeşit ve miktarlarda hafif agregalar kullanarak beton üretimleri yapmış ve ürettiği numunelere donma-çözülme deneyleri uygulamıştır. Çalışmasında beton üretiminde hafif agregalar çeşidi ve oranı ile hava sürükleyici katkıların betonun donma-çözülme dayanımını nasıl değiştirdiğini incelemiştir. Deneylerde dört çeşit doğal agregalar grubu ile hafif agregalar olarak perlit agregası ve pomza agregası kullanmıştır. Hafif agregalar ayrı ayrı ve farklı oranlarda beton karışımlarına katılmıştır. Ayrıca hafif agregaların hiç kullanılmadığı yalnızca doğal agregaların kullanıldığı kontrol grubu numuneler de üretilmiştir. Bazı numunelerde de hava sürükleyici katkıları kullanılmıştır. Tüm numuneler ayrı ayrı üç farklı su/bağlayıcı oranında üretilmiştir. Yapılan deneysel çalışmalar sonrasında elde edilen bulguları maddeler halinde sıralarsak;

- Beton karışımlarında kullanılan hafif agregalar oranı arttıkça üretilen numunelerin basınç dayanımlarının azaldığı görülmüştür. Hafif agregaların boşluklu yapıya sahip olması ve dayanımlarının düşük olması bu durumun sebebi olarak yorumlanmıştır.
- Üretilen betonlardaki su/bağlayıcı oranı arttıkça numunelerin donma çözülme sonrası dayanım kaybı da artmıştır yani donma çözülme dayanımı azalmıştır. Bu durum da artan su/bağlayıcı oranıyla betonun kapiler boşluk miktarının artmasına bağlanmıştır.

- Deneylerde hafif agreganın oranının %10 olduğu karışımlarda numunelerin donma çözülme dayanımlarının iyi yönde değiştii görülmüştür. Ancak hafif agreganın oranının %10'un üzerine çıktığı durumlarda donma çözülme dayanımı azalmıştır.

- Ayrıca düşük su/bağlayıcı oranında hava sürükleyici katkı kullanılarak üretilen betonların donma - çözülme dayanıklılıklarının kontrol numunelerine kıyasla daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Ancak artan su/bağlayıcı oranıyla bu durum tersine dönmüştür.

Yıldız ve ark. (2006), çalışmalarında hazır betonların donma çözülmeye karşı dayanıklılığını araştırmışlardır. Üç ayrı beton santralinde (A, B ve C) kırmataş agregası ile üretilen hazır betonlara donma - çözülme ardından da basınç deneyleri uygulayarak betonların donma - çözülme dayanıklılıklarını karşılaştırmışlardır. Ayrıca kullanılan kırmataşlara da bazı agregası deneyleri uygulamışlardır. Deneyler beş farklı beton sınıfında (C16, C18, C20, C25, C30) üretilen numunelerle gerçekleştirilmiştir. Donma - çözülme deneyi öncesi ve sonrası numuneleri tartmışlar ve ağırlık kayıplarını belirlemişlerdir. Yapılan deneyler sonrası tüm numunelerdeki ağırlık kayıplarının %0,3'ün altında olması numunelerin donma-çözülmeden fazla etkilenmediklerini göstermiştir. En büyük basınç dayanımı kaybı A santraline ait C16 sınıfı betonda %29 ile meydana gelirken, en düşük basınç dayanım kaybı B santraline ait C18 ve C20 sınıfı betonlarda %6 ile meydana gelmiştir. Basınç dayanımı kaybının bazı numunelerde fazla olması yüksek su/çimento oranına dayandırılırken, bu kaybın az olması ise kullanılan hava sürükleyici katkılara dayandırılmıştır. Yapılan deneyler sonrası farklı santrallerde üretilen betonların farklı değerler vermesinin sebebi, santrallerde kullanılan katkı maddesi çeşidi ve miktarı ile kullanılan su / çimento oranı olarak yorumlanmıştır. Yine bu çalışmaya göre tüm numunelerde basınç dayanım kaybının %30'ları geçmemesi bu santraller tarafından üretilen betonların donma-çözülme karşı dayanıklı olduğunu göstermiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Yapılan deneysel çalışmalarda beş farklı agrega çeşidi kullanılmıştır. Kullanılan agregalardan maksimum agrega dane boyutu 4 mm olan agregalar kırma kum 1, 8 mm olan agregalar kırma kum 2, 16 mm olan agregalar kırmataş 1, 22,4 mm olan agregalar kırmataş 2 ve 32 mm olan agregalar kırmataş 3 isimleri ile ifade edilmiştir. Kullanılan agregalardan kırma kum 1'in özgül ağırlığı $2,65 \text{ kg/dm}^3$, kırma kum 2'nin özgül ağırlığı $2,67 \text{ kg/dm}^3$, kırmataş 1'in özgül ağırlığı $2,68 \text{ kg/dm}^3$, kırmataş 2'nin özgül ağırlığı $2,69 \text{ kg/dm}^3$ ve kırmataş 3'ün özgül ağırlığı $2,71 \text{ kg/dm}^3$ olarak alınmıştır. Beton karışımlarında çimento olarak Konya Çimento Fabrikası $3,15 \text{ gr/cm}^3$ özgül ağırlıklı CEM I 42,5R Portland Çimentosu kullanılmış, herhangi bir katkı maddesi kullanılmamıştır. Karışım suyu olarak ise içme suyu kullanılmıştır. Beton karma işlemi pan tipi beton mikserinde yapılmıştır.

Çalışmanın başında beton karışımlarında kullanılan kırma kum 2 ve kırmataş 3 agregaları için granülometri deneyleri yapılırken diğer agrega çeşitlerinin elek analizi sonuçları agregaların temin edildiği firmadan alınmıştır. Deneysel çalışmaların ilk kısmında C20/25 ve C40/50 beton sınıfları için dört farklı maksimum çapta ($D_{\text{maks}} = 32 \text{ mm}$, $D_{\text{maks}} = 22,4 \text{ mm}$, $D_{\text{maks}} = 16 \text{ mm}$, $D_{\text{maks}} = 8 \text{ mm}$) agrega karışımları kullanılarak beton karışım tasarımları yapılmış, elde edilen betonlarla taze ve sertleşmiş beton deneyleri gerçekleştirilmiş ve hedeflenen dayanımlar elde edilmeye çalışılmıştır. Elde edilmesi amaçlanan her beton sınıfı ve kullanılan her maksimum agrega dane boyutu için 6 adet küp numune olmak üzere toplamda 48 adet küp numune üretilmiştir. Bu numunelerin üretiminde $15 \times 15 \times 15 \text{ cm}$ boyutlarında küp kalıplar kullanılmıştır. Kür havuzunda bekletilen her numune grubu için numunelerin üç tanesi 7. ve üç tanesi 28. gün standart basınç deneyine tabi tutularak basınç dayanımları test edilmiştir. C 20/25 ve C 40/50 beton sınıfları için üretilmiş olan numune sayıları Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. C 20/25 ve C 40/50 beton sınıfları için üretilecek numune sayıları

Beton Sınıfı	D _{maks} (mm)	Üretilecek Numune Sayısı		
		7 Günlük Kırım İçin	28 Günlük Kırım İçin	Toplam
C 20/25	32	3	3	6
	22,4	3	3	6
	16	3	3	6
	8	3	3	6
C 40/50	32	3	3	6
	22,4	3	3	6
	16	3	3	6
	8	3	3	6
Genel Toplam				48

Deneysel çalışmaların ikinci bölümünde sabit su/çimento oranında 300 ve 400 doz çimento içeriğine sahip dört farklı maksimum çapta agrega ($D_{maks}= 32$ mm, $D_{maks}= 22,4$ mm, $D_{maks}= 16$ mm, $D_{maks}= 8$ mm) karışımı kullanılarak beton üretimleri yapılmıştır. Beton karışımlarında su/çimento oranı 0,57 olarak alınmıştır. 8 farklı beton karışım içeriğine sahip olan numuneler, 8 grup halinde üretilmişlerdir. İlk olarak, üretilen betonlarla birim hacim ağırlık deneyi ve slump deneyi gibi taze beton deneyleri yapılmıştır. Her grup için 15x15x15 cm boyutlarında 15 adet üretilmiş olan numunelerden 6 tanesi 7 ve 28 gün şantiye koşullarında kür edildikten sonra basınç deneyine tabi tutulurken, 6 tanesi ise 7 ve 28 gün laboratuvar koşullarında kür edildikten sonra basınç deneyine tabi tutulmuştur. Kalan 3 adet numune de laboratuvar koşullarında kür havuzunda 28 gün kür edildikten sonra, önce donma-çözülme deneyine daha sonra standart basınç deneyine tabi tutulmuşlardır. Şantiye koşullarında kür numunelerin kalıptan çıkarıldıktan sonra 3 gün boyunca günde iki defa sabah ve akşam sulanması, daha sonra 7. ve 28. güne kadar havada küre bırakılması şeklinde olmuştur. 8 grup için toplamda 120 adet numune üretilmiştir. 8 farklı grupta üretilecek numune isimleri ve içerikleri Çizelge 3.2’de verilirken bu numunelerin sayıları Çizelge 3.3’de görülmektedir.

Çizelge 3.2. Farklı içerikte üretilecek beton numuneleri isimleri ve bileşenleri

Beton Numunesi Adı	Beton Numunesi İçeriği
300 D+KK1+KK2	(300 doz) Çimento + Kırma Kum 1 + Kırma Kum 2 + Su
300 D+KK1+KK2 +KT1	(300 doz) Çimento + Kırma Kum 1 + Kırma Kum 2 + Kırmataş 1 + Su
300 D+KK1+KK2 +KT1+KT2	(300 doz) Çimento + Kırma Kum 1 + Kırma Kum 2 + Kırmataş 1 + Kırmataş 2 + Su
300 D+KK1+KK2 +KT1+KT2+KT3	(300 doz) Çimento + Kırma Kum 1 + Kırma Kum 2 + Kırmataş 1 + Kırmataş 2 + Kırmataş 3 + Su
400 D+KK1+KK2	(400 doz) Çimento + Kırma Kum 1 + Kırma Kum 2 + Su
400 D+KK1+KK2 +KT1	(400 doz) Çimento + Kırma Kum 1 + Kırma Kum 2 + Kırmataş 1 + Su
400 D+KK1+KK2 +KT1+KT2	(400 doz) Çimento + Kırma Kum 1 + Kırma Kum 2 + Kırmataş 1 + Kırmataş 2 + Su
400 D+KK1+KK2 +KT1+KT2+KT3	(400 doz) Çimento + Kırma Kum 1 + Kırma Kum 2 + Kırmataş 1 + Kırmataş 2 + Kırmataş 3 + Su

Çizelge 3.3. Farklı içerikte üretilecek beton numuneleri sayıları

Numune Grubu	Numune Adı	D _{Maks} (mm)	Üretilen Numune Sayısı (15x15x15 cm)			
			7 Günlük Kırım İçin	28 Günlük Kırım İçin	Donma - Çözülme Deneyi için	Toplam
1	300 D+KK1+KK2 +KT1+KT2+KT3	32	6	6	3	15
2	300 D+KK1+KK2 +KT1+KT2	22,4	6	6	3	15
3	300 D+KK1+KK2 +KT1	16	6	6	3	15
4	300 D+KK1+KK2	8	6	6	3	15
5	400 D+KK1+KK2 +KT1+KT2+KT3	32	6	6	3	15
6	400 D+KK1+KK2 +KT1+KT2	22,4	6	6	3	15
7	400 D+KK1+KK2 +KT1	16	6	6	3	15
8	400 D+KK1+KK2	8	6	6	3	15
			Genel Toplam			120

Deneysel çalışmaların üçüncü bölümünde, yine ikinci bölümde üretilen betonlarla aynı içeriklerde ve özelliklerde 8 farklı grup beton üretimi yapılmıştır. Her grup için 20x75x50 cm boyutlarında 1'er adet olmak üzere toplamda 8 adet beton blok üretilmiştir. 28 gün sonunda bu numunelere farklı çaplarda (70 mm, 100 mm, 150 mm) karot alma işlemi uygulanmış, her gruptan her karot çapında 3 adet olmak üzere tüm

gruplardan toplamda 66 adet karot numunesi alımı yapılmıştır. (Maksimum agrega dane çapıyla ilgili kısıtlamadan dolayı 9. ve 13. grupta üretilen numunelerden 70 mm çapında karot alınmamıştır). Daha sonra karot numunelere standart basınç deneyi uygulanmış ve dayanımları belirlenmiştir. Karot almak için üretilen beton blok sayıları Çizelge 3.4’de gösterilirken, üretilen bu numunelerden farklı çaplarda alınacak olan karot numune sayıları ise Çizelge 3.5’de verilmiştir.

Çizelge 3.4. Farklı içerikte üretilen beton blok sayıları

Numune Adı	D _{Maks} (mm)	Numune Sayısı (20x75x50 cm)
300 D+KK1+KK2 +KT1+KT2+KT3	32	1
300 D+KK1+KK2 +KT1+KT2	22,4	1
300 D+KK1+KK2 +KT1	16	1
300 D+KK1+KK2	8	1
400 D+KK1+KK2 +KT1+KT2+KT3	32	1
400 D+KK1+KK2 +KT1+KT2	22,4	1
400 D+KK1+KK2 +KT1	16	1
400 D+KK1+KK2	8	1
Toplam		8

Çizelge 3.5. Üretilen beton bloklardan farklı çaplarda alınan karot numune sayıları

Numune Grubu	Numune Adı	D _{Maks} (mm)	Farklı Çaplarda Alınan Karot Numune Sayıları			
			Karot Çapı	Karot Çapı	Karot Çapı	Toplam
			70 mm	100 mm	150 mm	
9	300 D+KK1+KK2 +KT1+KT2+KT3	32	Üretilmedi	3	3	9
10	300 D+KK1+KK2 +KT1+KT2	22,4	3	3	3	9
11	300 D+KK1+KK2 +KT1	16	3	3	3	9
12	300 D+KK1+KK2	8	3	3	3	6
13	400 D+KK1+KK2 +KT1+KT2+KT3	32	Üretilmedi	3	3	9
14	400 D+KK1+KK2 +KT1+KT2	22,4	3	3	3	9
15	400 D+KK1+KK2 +KT1	16	3	3	3	9
16	400 D+KK1+KK2	8	3	3	3	6
Genel Toplam						66

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

4.1. Beton Dayanımının Tahribatlı Yöntemlerle Belirlenmesi

Bu yöntemler uygulandığı yapı kısmında tahribat oluştururlar ve tamir edilmesi gereken deformasyonlara sebep olurlar. Tahribatlı yöntemler ile beton basınç dayanımını doğrudan elde etmek ve çeşitli parametreler dikkate alınarak standart numune dayanımına çevirmek mümkün olsa da bu deneyler doğru uygulanmadığı zaman çok yanlış sonuçlar elde edilirken yapı taşıyıcısı da tehlikeye girebilir. Standart basınç deneyi, karot alma ve gömülü numune kullanma deneyleri tahribatlı yöntemler içinde kullanılan uygulamalardır (Ergün ve Kürklü, 2005).

Bu yöntemlerin maliyetleri genelde tahribatsız yöntemlere göre daha fazladır. Bunun yanında tahribatsız yöntemler daha hızlı sonuçlar verebilirken tek başlarına kesin sonuçlar verememektedirler. Bu iki yöntemin beraber kullanılmasıyla elde edilen veriler arasında korelasyon kurulup beton dayanımı hakkında daha gerçekçi ve doğru sonuçlara ulaşılabilir.

4.1.1. Betonun basınç dayanımı ve dayanıklılığı

4.1.1.1. Betonun basınç dayanımı

Beton basınç dayanımı yüksek, çekme dayanımı ise düşük olan gevrek bir yapı malzemesidir. Betonun hiç çekme gerilmesi almadığı, çabuk çatladığı ve basınca çalıştığı kabul edildiğinden dolayı çekme dayanımı hesaplarda dikkate alınmamaktadır. Betonun basınç dayanımını belirleyebilmek için (15 cm çap, 30 cm yükseklik) silindir ve (15x15x15 cm) küp numuneler kullanılmaktadır. Numuneler deney gününe kadar kirece doymun su içerisinde bekletilir ve üretiminden itibaren geçen 28. günde basınç dayanımı deneyine tabi tutulurlar. Dünyanın birçok yerinde uygulama kolaylığı sebebiyle silindir numuneler yerine küp numuneler tercih edilmektedir. Silindir numuneler ve küp numuneler arasındaki ilişkiyi saptayarak birinin dayanım değeri belirlendiğinde diğerinin dayanım değerini tespit etmek için birtakım deneyler yapılmıştır. Yapılan deneyler sonucu küp dayanımının silindir dayanımına oranı ortalama 1,18-1,25 değerleri arasında bulunmuştur. Ancak, bu oranın bazı numunelerde 1,43 seviyelerine kadar çıkması, bu iki numune çeşidi arasındaki katsayılar kullanılarak

belirlenen değerlerin değişken sonuçlar verebileceğini göstermektedir. Basınç dayanımlarına göre betonları düşük dayanımlı, normal dayanımlı ve yüksek dayanımlı betonlar olmak üzere üç ana sınıfta değerlendirebiliriz. Bir beton numunesi basınç dayanımı; 20 N/mm^2 'den düşük ise düşük dayanımlı, $20\text{-}40 \text{ N/mm}^2$ arasında ise normal dayanımlı, 40 N/mm^2 'den fazla ise yüksek dayanımlı beton sınıfına dâhil edilmektedir (Ararat, 2015).

Kullanılan çimento, agrega ve karışım suyunun özellikleri ile taze betona uygulanan karıştırma, taşıma, yerleştirme, sıkıştırma ve pompalama işlemleri, betonun saklanma şartları ve betonun yaşı gibi etkenler beton dayanımını etkilemektedir. Ayrıca su/çimento oranı ile betonun dayanımı arasında zıt bir ilişki vardır. Yani; su/çimento oranı arttıkça betonun dayanımı azalmaktadır. Bu yüzden beton için optimum su/çimento oranının sağlanması önemli bir gerekliliktir.

4.1.1.2. Betonun dayanıklılığı

Çevresel etkenler betona ömrü boyunca hem fiziksel hem de kimyasal yönden zarar verirler ve betonun ömrünün kısalmasına sebep olurlar. Betonun tüm bu etkenlere karşı direnç göstererek bozulmadan sağlam kalabilme yeteneğine betonun dayanıklılığı denir. Sıcaklık değişikliklerinin sebep olduğu donma-çözülme, trafik araçlarının uyguladıkları yükler, çeşitli su kaynaklarının meydana getirdiği dalgaların yaptığı aşındırıcı etkiler betonun maruz kaldığı fiziksel etkenlerden bazılarıdır. Dayanıklılık anlamında betonda karşılaşılan sorunların ana nedeni betonun geçirimli olmasıdır. Geçirimsizlik; sülfat etkisi, karbonatlaşma etkisi, alkali-silika reaksiyonu, korozyon, çiçeklenme ve yangın gibi kimyasal dış etkenlere karşı betonu daha dayanıksız ve zayıf kılan bir özelliktir. Dış ortam etkilerine dayanıklı olan beton boşluk oranı düşük, doluluk oranı ve geçirimsizliği yüksek olan betondur. Betonda kullanılan malzeme kalitesi de betonun dayanıklılığını etkileyen bir durumdur. Örnek olarak, çimento harcından daha sert olan yüksek kaliteli agrega kullanılması aşındırıcı dış etkenlere karşı betonu daha dayanıklı kılacaktır.

4.1.2. Mevcut deneyler

4.1.2.1. Standart basınç deneyi

Betona uygulanan testlerden en yaygın olanı basınç dayanım testidir. Bu testin uygulama kolaylığı ve ucuz olması ile yapısal tasarım kodlarının betonun basınç dayanımı üzerine temel alınması gibi nedenler bu testin yaygın olarak uygulanmasını sağlamaktadır. Ayrıca, betonun çok düşük çekme gerilmesine karşın yüksek basınç dayanımına sahip olması mühendislik uygulamalarında betonun basınç dayanımını ve testini daha ön plana çıkarmaktadır (Yegin, 2009).

Betonun basınç dayanımı, suda saklanmış 28 günlük, çapı 15 cm, boyu 30 cm olan silindir numunelerin aksenal basınç altındaki dayanımı olarak tanımlanabilir. Standart basınç deneyi betonun dayanımının ve gerilme deformasyon ilişkisinin tespit edilerek betonun mekanik özellikleri hakkında bilgi sahibi olabilmek için yapılır. Deneylerde silindir numuneler kullanıldığı gibi küp numuneler de kullanılabilir. Bu numuneler üniform basınç yükü altında Şekil 4.1’de görülen deney presi adındaki alet ile kırılmaktadır. Deney sonrası gerilme cinsinden basınç dayanımı, numuneyi kıran maksimum yükün numunenin kesit alanına bölünmesiyle bulunur.



Şekil 4.1. Beton deney presi

4.1.2.2. Karot deneyi

Karot alma işlemi yapıyı tahrip ettiğinden dolayı özen gösterilmesi gereken bir uygulamadır. Karotlar uygun ebatlarda, yeterli sayıda ve ideal yerlerden alınmalıdır. Karot alınırken mevcut tesisatlara dikkat edilmeli ve 28 günden yaşlı betondan numune alınmalıdır. Yapıya en az zarar verilerek tamamlanması gereken bir uygulamadır. Yapı elemanından karot alımı ve kullanılan karot alma makinesi Şekil 4.2’de görülmektedir. Mevcut bir betonun karakteristik basınç dayanımının tespiti, en gerçekçi olarak, betondan karot numunesi alınıp bu numunenin serbest basınç deneyine tabi tutulmasıyla yapılabilmektedir. Ancak, karot numunesi alımı mevcut yapıyı tahrip ettiğinden en son tercih edilmesi gereken ve mutlaka ehil kişiler tarafından yapılması gereken bir yöntemdir. Numune alınacak elemanların seçiminde; yapısal elemanlarla aynı betona sahip yapısal olmayan elemanlar, perdeler, kolonlar, kirişler ve döşemeler şeklinde bir sıralamaya dikkat edilerek karot alma işlemi yapılmalıdır (İlhan, 2003).



Şekil 4.2. Karot makinesi ve numune alımı

Karot uygulaması yapılacağı zaman taşıyıcı elemanın taşıma gücünü tespit etmek için karot alınan yer en düşük dayanımın beklendiği ve bize en büyük kesit ortalamasını verecek yer olmalıdır. Elemanın en fazla çekme veya basınç kuvvetlerine maruz kaldığı bölgelerinden kesinlikle karot alınmamalıdır. Ayrıca, beton döküm doğrultusunda basınç dayanımı yaklaşık olarak 1/10 oranında daha fazla olduğundan

dolayı karot alınan yön ile beton dökümü aynı doğrultuda olmamalıdır (Ergün ve Kürklü, 2005).

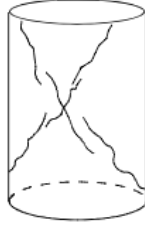

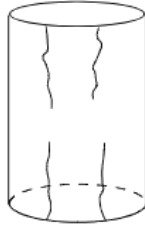

Yapıdan bazı durumlarda karot almak zorunlu hale gelebilmektedir. TS 13791'e göre beton dayanımının yerinde tespitini gerektirecek durumlar:

- Deney numunelerinin basınç dayanımlarının yetersiz çıkması, yapısal yeterliliğin sağlanıp sağlanmadığının kontrol edilmesi amacıyla,
- Deprem, yangın, kusurlu işçilik ve diğer etkenlerle yapıdaki betonda meydana gelebilecek bozulmalardan dolayı betonun basınç dayanımı hakkında bazı şüphelerin oluşması ile yapısal yeterliliğin değerlendirilmesi halinde,
- İnşaat yapımı devam ederken yapıda beton dayanımının değerlendirilmesinin gerektiği durumlarda,
- Mevcut yapının başka amaçlarla kullanılacağı, üzerinde bazı değişikliklerin yapılacağı veya yeniden tasarımının yapılacağı durumlarda gerekli olmaktadır (Akakin, 2013).

Karot alma işlemi esnasında ve karot numunesini istenilen boya getirebilmek için yapılan kesme işlemi esnasında kesilen agregaların örselenmesi ve çimento hamurundan ayrılması ihtimali oldukça yüksektir. Bu sebeple yerinde dökülmüş olan silindir numunelerin dayanımları aynı boyutlardaki karot numunelerin dayanımlarından daha fazla çıkmaktadır. Karot numunelerindeki dayanım düşüklüğü karot alma esnasındaki örseleme etkisiyle açıklanmaktadır. Örseleme etkisi bir düzeltme faktörü ile dikkate alınmaktadır. Bu düzeltme faktörünün bazı kaynaklarda 1,06 olarak kabul edilmesi gerektiği ifade edilmektedir. Ayrıca, donatı etkisinden dolayı da göz önüne alınan bir düzeltme faktörü bulunmaktadır. İçinde donatı bulunan karot dayanımında meydana gelen dayanım düşüşü %10'un altında kabul edilmektedir. Karot numunelerinin dayanımını nem faktörü de etkilemektedir. Kuru ortamlarda kür edilmiş karot numunelerinin dayanımları suya doymuş hale gelmiş olan karot numunelerinin dayanımlarından daha fazla çıkmaktadır. Suyu doymuş olan karot numunelerinin dayanımları yaklaşık %10-15 civarında daha düşük çıkmaktadır. Dayanımdaki bu düşme jel boşluklarında emilen suyun beton numunesinde şişmeye sebep olmasından kaynaklanmaktadır (Kabay, 2002).

Karot numuneleri basınç deneyinde kırılma modu normal olmalıdır. Basınç deney aletinin kalibrasyonunun doğru olmaması, karot numunesinin beton deney pres makinesine yanlış yerleştirilmesi, karot numunesi başlık malzemesinin doğru seçilmemesi, başlıklama et kalınlığının 3-6 mm aralığının çok dışında olması veya bu

kalınlığın üniform olmaması, numunenin karot alma işlemi veya kesme işlemi esnasında örselenmiş olması, karot yükseklikleri arasında belirgin farkın bulunması, karot numunesinin boşluklu ve çok nemli olması gibi durumlar hatalı kırılma moduna sebep olabilirler. Tipik hatalı kırılma ve normal kırılma şekilleri açıklamaları ile beraber Şekil 4.3’de verilmiştir (Arioğlu E. ve Arioğlu N., 2005).

Normal kırılma modu		
Kırılmadan önce	Kırılmadan sonra	<ul style="list-style-type: none"> • Karotun yan yüzeylerinde diyagonal kırılma çizgileri oluşur • Hemen hemen karotun orta noktasında “mafsal” gözlenir. “Basınç-kayma kırılması”
		
Hatalı kırılma modu		
		<ul style="list-style-type: none"> • Yükleme başlığına temas eden yüzeylerde karotu boyuna kesen paralel kırılma çizgileri oluşur • Karotta yatay çekme çatlakları gözlenebilir • Yarılma veya kırılma çizgileri karotun bir köşesinde toplanmıştır

Şekil 4.3. Karot numunelerinin kırılma şekilleri (Arioğlu ve Arioğlu, 2005)

Karot sayısı ile ilgili yapılan çalışmalardan elde edilen bazı pratik sonuçları şu şekilde sıralayabiliriz:

- Değişmeyen standart sapma değerinde karot numunesi sayısı arttıkça hata miktarı azalmaktadır.
- Hata miktarı, aynı numune sayısında küçük çaplı karottan küpe doğru azalmaktadır. Küçük çaplı karot kullanımında çıkan hata miktarı büyük çaplı karot kullanımında çıkan hata miktarından daha fazladır. Küçük çaplı karotların değerlendirilmesinde artan hata miktarı özellikle ve özenle göz önünde bulundurulması gereken bir durumdur (Arioğlu E. ve Arioğlu N., 2005).

4.1.2.3. Gömülü numune kullanma deneyi

Beton ile aynı termal gemiŖe sahip numunelerle alıŖmak amacıyla kullanılan yöntemdir. DŖeme kalıbı içerisine koyulan silindirik numune kalıpları beton dökümü esnasında dolar ve beton ile aynı çevresel etkilere maruz kalan numuneler elde edilir. DŖeme betonlarının basınç dayanımlarını öğrenmek amacı ile uygulanan bu yöntemde delme ya da kesmenin dayanıma etkisinin ortadan kalkmıŖ olması karot alma yöntemi ile bu yöntemin arasındaki farklılığı göstermektedir (Ergün ve Kürklü, 2005).

4.2. Deneysel alıŖmalar

Yapılan deneysel alıŖmalarla ilgili bazı bilgiler daha önceki bölümlerde verilmiŖti. Bu bölümde de yapılan deneysel alıŖmalar ayrıntılı bir Ŗekilde incelenecek, deneylerde elde edilen sonuçlar açıklanacaktır.

alıŖma kapsamında yapılan tüm beton karıŖım tasarımlarında kullanılan agregaların karıŖım granülometri eğrileri her maksimum dane boyutunda agregaya ile oluŖturulan karıŖım için ayrı ayrı olmak üzere referans eğrilerini sağlayacak Ŗekilde belirlenmiŖ ve agregalar tespit edilen oranlarda kullanılmıŖtır. alıŖma kapsamında yapılmıŖ olan taze ve sertleŖmiŖ beton deneylerini kısaca maddeler halinde sıralayacak olursak:

Taze Beton Deneyleri

- Farklı İçeriklerde Beton KarıŖım Tasarımı Yapılması ve Beton retimi
- Taze Betondan Numune Alınması ve Saklanması
- Çökme (Slump) Deneyi
- Birim Ağırlık Deneyi

SertleŖmiŖ Beton Deneyleri

- Donma - zlme Deneyi
- Karot Alma Deneyi
- Standart Basınç Deneyi

4.2.1. Beton karıŖım hesabı (TS 802)

İstenilen fiziksel ve mekanik özelliklere sahip, uygun kıvam ve iŖlenebilirlik özelliklerini sağlayan ve maliyet açısından da ekonomik olan beton üretebilmek

noktasında karışımda kullanılacak çimento, su, hava, agrega ve bazı durumlarda katkı maddesi miktarlarını tespit edebilmek amacıyla yapılan hesaplara beton karışım hesabı denilmektedir. Beton karışım tasarımı yapılırken öncelikle betonda kullanılacak maksimum agrega dane boyutu, betonun hedef basınç dayanımı, su/çimento oranı, üretilen betonun kıvamı, betonun maruz kalması muhtemel olan çevresel etkiler (sülfat ve klorür gibi zararlı kimyasal etkiler, donma-çözülme) ve buna bağlı olarak belirlenen çevresel etki sınıfı gibi durumlar belirlenir. Ayrıca, kullanılacak karışım suyunun, çimentonun ve agregaların özellikleri tespit edilerek beton karışım hesabına geçilir.

Bu çalışmada beton karışım hesapları yapılırken TS 802 dikkate alınmıştır. Çalışmanın ilk kısmında iki farklı beton sınıfında üretilmesi amaçlanan betonlar için uygun su/çimento oranları TS 802 Çizelge 8'den belirlenmiştir. Kırmataş agregaların farklı en büyük agrega dane çapı ve çökme değeri için kimyasal katkısız ve hava sürüklenmemiş betonun yaklaşık karışım suyu miktarı Şekil 12 kullanılarak tespit edilmiştir. Daha sonra su/çimento oranından gerekli çimento miktarları hesaplanmıştır. Agrega en büyük dane çapına ve hava sürüklenmemiş beton karışım özelliklerine uygun hava içerikleri Şekil 14'den yararlanılarak tespit edilmiştir. Miktarları belirlenen malzemelerin hacim hesapları yapılmış ve 1 m³'lük hacim değerinden çıkarılarak her karışım için kullanılacak toplam agrega hacmi belirlenmiştir. Farklı maksimum agrega çaplarına göre TS 802'de verilen referans eğrileri dikkate alınarak her agrega grubu için gerekli oranlar tespit edilmiş ve karışımlarda kullanılacak agrega hacimleri ayrı ayrı hesaplanmıştır. Son olarak hacimleri belirlenen agregaların hacim değerleri özgül ağırlıklarıyla çarpılarak ağırlıkları bulunmuştur.

Çalışmanın ikinci ve üçüncü kısımlarında üretilen betonlarda ise su/çimento oranı sabit ve 0,57 olarak alınmıştır. Bu su/çimento oranında, 300 ve 400 doz çimento içeriğinde betonlar için karışım hesapları ayrı ayrı yapılmış ve kullanılacak malzeme miktarları belirlenmiştir. Agrega miktarları, çalışmanın ilk kısmında üretilen betonlarda olduğu gibi farklı maksimum agrega çaplarına göre TS 802'de verilen referans eğrilerini sağlayacak şekilde her agrega grubu için gerekli oranlar belirlenerek ve karışımlarda kullanılacak agrega miktarları ayrı ayrı hesaplanarak yapılmıştır. Beton üretimlerinde herhangi bir akışkanlaştırıcı veya kimyasal katkı kullanılmadığından dolayı gerekli değerlendirmeler bu durum göz önüne alınarak yapılacaktır.

4.2.1.1. Çevresel etki sınıfları

Betonun ömrü boyunca maruz kalacağı çevresel etkiler tespit edilir ve bu etkiler esas alınarak; betonun çevresel etki sınıfı belirlenir. Çevresel etki sınıfları olarak X0, XC1, XC2, XC3, XC4, XD1, XD2, XD3, XS1, XS2, XS3, XF1, XF2, XF3, XF4, XM1, XM2, XM3, XA1, XA2, XA3 etki sınıfları mevcuttur. Bunlardan X0 etki sınıfı korozyon veya zararlı etki tehlikesinin bulunmadığı donatısız betonlar için; XC1, XC2, XC3, XC4 etki sınıfları karbonatlaşma nedeniyle korozyon olma ihtimali olan betonlar için; XS1, XS2, XS3 etki sınıfları deniz suyundan kaynaklanan klorür etkisine maruz kalan betonlar için; XD1, XD2, XD3 etki sınıfları deniz suyu haricinde klorür etkisindeki betonlar için; XF1, XF2, XF3, XF4 etki sınıfları donma-çözülme etkisine maruz kalan betonlar için; XM1, XM2, XM3 etki sınıfları aşınma etkisine maruz kalan betonlar için; XA1, XA2, XA3 etki sınıfları ise zararlı kimyasalların etkisinde olan betonlar için çevresel etki sınıfı olarak belirlenebilir (TS 802, 2016).

Üretilen betonun maruz kalacağı çevresel etki sınıflarına göre en büyük su/çimento oranı, en küçük dayanım sınıfı, en az çimento içeriği, en az hava içeriği gibi özelliklerden bazılarını sağlaması gerekmektedir. Bu çalışma kapsamında üretilen C20/25 sınıfı betonların maruz kalacağı etki tipi karbonatlaşma nedeniyle korozyon, etki sınıfı ise XC1 olarak kabul edilmiştir. C40/50 sınıfı için üretilen betonların ise maruz kalacağı çevresel etki tipleri deniz suyu etkisi (klorür etkisi) ve donma-çözülme etkisi olarak, etki sınıfları ise XS3 ve XF1 olarak kabul edilmiştir. Betonların üretiminde çevresel etki sınıfları için en büyük su/çimento oranının, en küçük dayanım sınıfının ve en az çimento içeriği gibi özelliklerin sağlandığına emin olunduktan sonra üretime geçilmiştir. Çizelge 4.1’de çevresel etki sınıfları ve betonun buna bağlı olarak sahip olması gereken özellikler verilmiştir.

Çizelge 4.1. Çevresel etki sınıfları (TS 802, 2016)

Etki Sınıfı	Etkinin tipi	En büyük su/çimento oranı	En küçük dayanım sınıfı	En az çimento miktarı (kg/m ³)	En az hava içeriği, %	Diğer şartlar
X0	Korozyon veya zararlı etki tehlikesi yok	–	C12/15 C16/20	–	–	–
XC1	Karbonatlaşma nedeniyle korozyon	0,70	C20/25	250	–	–
XC2		0,65	C25/30	260	–	
XC3		0,60	C25/30	270	–	
XC4		0,55	C30/37	280	–	
XS1	Deniz suyu etkisi (klorür etkisi)	0,55	C30/37	300	–	–
XS2		0,50	C35/45	320	–	
XS3		0,45	C35/45	320	–	
XD1	Deniz suyu haricinde klorür	0,55	C30/37	300	–	–
XD2		0,50	C35/45	320	–	
XD3		0,45	C35/45	320	–	
XF1	Donma/çözülme etkisi	0,60	C25/30	280	–	TS 706 EN 12620+A1 standardına uygun donma-çözülme dayanıklılığına sahip agrega
XF2		0,55	C25/30	300	4,0 ^{a)}	
XF3		0,50	C25/30	300	4,0 ^{a)}	
XF4		0,50	C30/37	320	4,0 ^{a)}	
XM1	Aşınma etkisi	0,55	C30/37	300	–	–
XM2		0,55	C30/37	320	–	
XM3		0,45	C35/45	320	–	
XA1	Zararlı kimyasal ortam	0,60	C25/30	280	–	Sülfata dayanıklı çimento ^{b)}
XA2		0,50	C35/45	320	–	
XA3		0,45	C35/45	320	–	

4.2.1.2. Karışımda kullanılacak malzeme miktarları

1 m³ betonda kullanılacak su ağırlığı betonun kıvamı, karışımda kullanılacak en büyük agrega dane boyutu ve istenilen dayanım gibi durumlar göz önüne alınarak kg cinsinden belirlenir. Bunun yanında betonun dayanım ve dayanıklılığını etkileyen en önemli malzemelerden birinin de çimento olmasından dolayı bu malzeme miktarının bilinmesi ve ayarlanması beton için çok önemlidir. 1 m³ betonun içindeki çimentonun kg cinsinden değerine dozaj denir ve dozajı etkileyen en önemli faktör betona eklenen fazla sudur. Çünkü fazla katılan su, istenilen dozajın karşılığı olan beton dayanımını etkiler. Betonlarda dozaj hesabına göre sınıflandırma yapılabilir. Karışımda çimento içeriği belirlenirken çevre etki sınıfına göre en az içeriği sağlayacak miktarın kullanılmasına dikkat edilmelidir. Çimento dozajı karışımda kullanılan su miktarının, daha önce belirlenmiş olan su/çimento oranına bölünmesiyle elde edilir.

Su/çimento oranı daha önce de belirtildiği gibi beton karışım hesabında kullanılan ve betonun dayanımı ve durabilitesi açısından önemli bir orandır. Bu oran,

betonun çevresel etki sınıfına göre belirlenmiş en büyük su/çimento oranı aşılmayacak şekilde seçilir.

4.2.2. Yapılan deneyler

4.2.2.1. Granülometri deneyi (elek analizi)

Belli miktarda agrega yığını içerisinde çeşitli büyüklüklerde taneler olması ve bu agrega tanelerinin beton karışımında kullanılma oranlarının betonun özelliklerini etkilemesi, granülometri yoluyla bu agrega oranlarının tespit edilmesini gerektirmektedir. Bu anlamda belli standartlar kullanarak en uygun granülometriyi belirleyebilmemiz mümkündür.

Yapılan bu çalışma kapsamında, kırma kum 1 ve kırma kum 2 ince agrega olarak, kırmataş 1 ve kırmataş 2 ve kırmataş 3 ise iri agrega olarak kullanılmıştır. Beton karışımlarında kullanılan maksimum agrega boyutları 32 mm, 22,4 mm, 16 mm, 8 mm ve 4 mm olup, agregaların dane dağılımları (kırma kum 2 ve kırmataş 3 hariç) daha önce yapılmış olan granülometri deneyleri sonucunda belirlenmiş ve taşın temin edildiği firmadan hazır olarak alınmıştır. Kırma kum 2 ve kırmataş 3 agregaları için ise granülometri deneyleri yapılmış ve agregaların dane dağılımları belirlenmiştir. Granülometri deneyi uygulanacak agregaların yüzeylerinin kuru olduğundan emin olunduktan sonra numuneler üzerinde granülometri deneyi uygulanmıştır.

Granülometri deneyinde, agregaların dane boyut dağılımlarını belirlemek için belli açıklıklardaki eleklerle ihtiyaç duyulur. Agregalar sırasıyla 31,5 mm, 22,4 mm, 16 mm, 11,2 mm, 8 mm, 4 mm, 2 mm, 1 mm, 0,5 mm ve 0,25 mm, 0,125 mm ve 0,063 mm açıklıklı eleklerden sırayla elenir. Her aşamada eleklerden geçmiş olan ve üzerinde kalmış olan agregalar ayrı ayrı tartılır ve çıkan ağırlıklar not edilir. Daha sonra bu ağırlıklar yüzde cinsinden hesaplanır ve % elekten geçen ve kalan değerler bulunur. Hesap sonucu bulunan % elekten geçen değerler düşey ekseninde, elek çapları yatay ekseninde gösterilerek karışıma ait granülometri eğrisi çizilir. Bu işlem beton karışımında kullanılacak bütün agregalar için yapılır ve granülometri eğrileri çizilir.

Bir agreganın granülometri eğrisi aşağıdaki özelliklere sahip olmalıdır:

➤ Eğrinin %100 çizgisine yakın olması malzemenin inceliğinin fazla olduğunu, %0 eğrisine yakın olması ise iri olduğunu gösterir.

➤ Eğri sınır durumunda yatay olabilir ve yatay durumda olması iki elek arasında malzemenin olmadığını gösterir.

➤ Birbirini izleyen iki elek numarasına karşı gelen % ordinatların farkı, agrega yığnında bu iki elek arasında kalan malzeme miktarını verir.

➤ Eğri seçilen bütün elek sisteminde vardır.

Elek analizi yapılan elek serisi üzerinde kalan kümülatif malzeme ağırlıklarının toplamının yüze bölünmesiyle o malzemenin incelik modülü elde edilmektedir. İncelik modülünün bazı özelliklerini maddeler halinde sıralarsak:

➤ Boyutları büyük olan malzemelerin miktarı arttıkça incelik modülü değeri de artmaktadır. Yani incelik modülü değeri ne kadar yüksekse malzeme o kadar iridir.

➤ Malzemede küçük tanelerin miktarının artması ise incelik modülünün daha küçük değerler almasına neden olmaktadır.

➤ İncelik modülü agreganın iriliği veya inceliği ile ilgili genel bilgilere sahip olmamızı sağlar. Ancak granülometri eğrileri gibi agreganın tane dağılımı ile ilgili herhangi bir bilgi vermemektedir.

➤ Beton karışım tasarımı yapılırken, kullanılan agregaların incelik modülleriyle ilgili bazı sınırlandırmalar getiren standartlar bulunmaktadır.

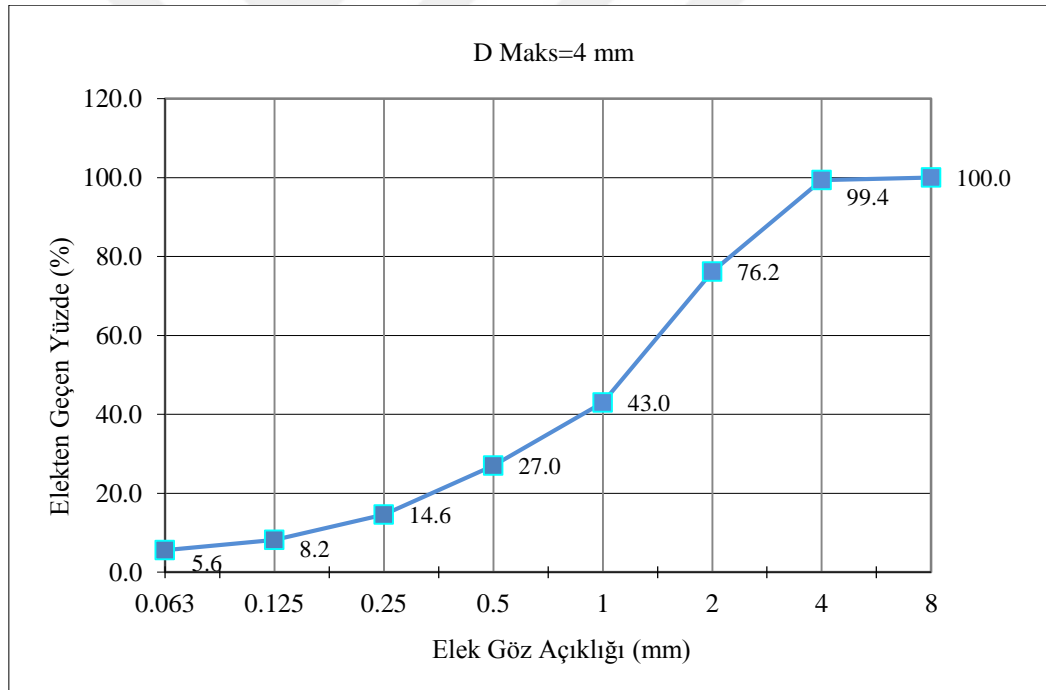
➤ Aynı gradasyona sahip olmayan agregalar aynı incelik modülü değerine sahip olabilmektedirler.

Bu çalışma dahilinde kullanılan kırma kum 1, kırma kum 2, kırmataş 1, kırmataş 2 ve kırmataş 3 malzemelerinin dane boyut dağılımları granülometri eğrileri ile gösterilmiştir.

Çalışma kapsamında kullanılan kırma kum 1 malzemesinin elek analizi sonuçları Çizelge 4.2’de, dane boyut dağılımını gösteren grafik ise Şekil 4.4’de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Kırma kum 1 elek analizi

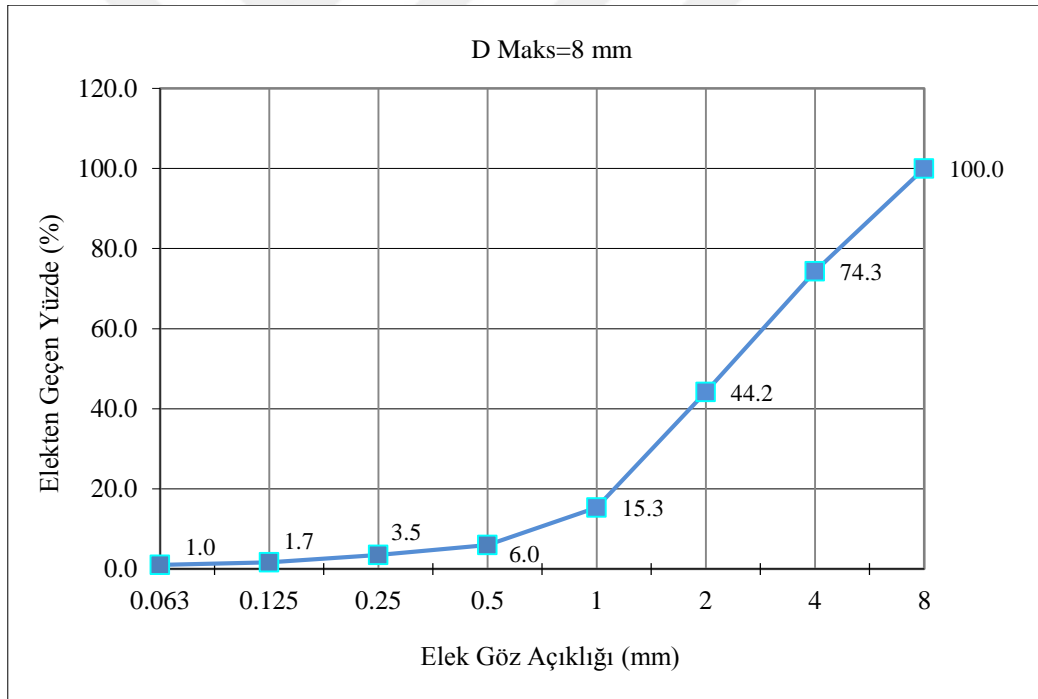
Elek açıklığı (mm)	Elekten geçen		Elek üstünde kalan	
	Ağırlık (gr)	Yüzde %	Ağırlık (gr)	Yüzde %
16	500	100	0	0
8	500	100	0	0
4	497	99,4	3	0,6
2	381	76,2	119	23,8
1	215	43,0	285	57,0
0,5	135	27,0	365	73,0
0,25	73	14,6	427	85,4
0,125	41	8,2	459	91,8
0,063	28	5,6	472	94,4

**Şekil 4.4.** Kırma kum 1 elek analizi

Çalışma kapsamında kullanılan kırma kum 2 malzemesinin elek analizi sonuçları Çizelge 4.3’de, dane boyut dağılımını gösteren grafik ise Şekil 4.5’de verilmiştir.

Çizelge 4.3. Kıрма kum 2 elek analizi

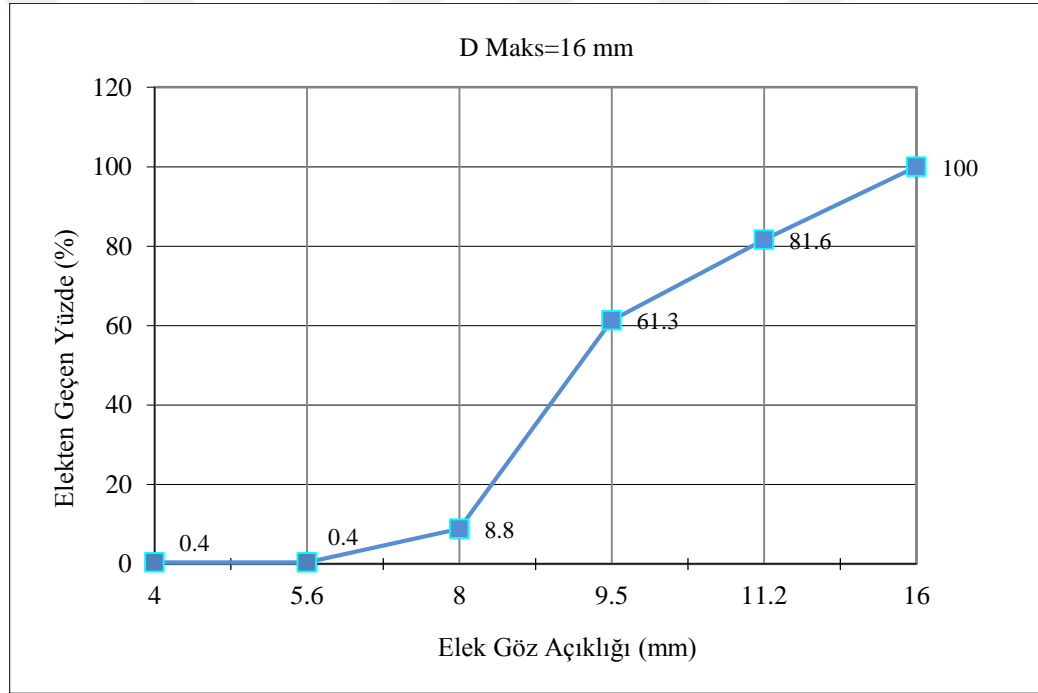
Elek açıklığı (mm)	Elekten geçen		Elek üstünde kalan	
	Ağırlık (gr)	Yüzde %	Ağırlık (gr)	Yüzde %
16	600	100	0	0
8	600	100	0	0
4	446	74,3	154	25,7
2	265	44,2	335	55,8
1	92	15,3	508	84,7
0,5	36	6,0	564	94
0,25	21	3,5	579	96,5
0,125	10	1,7	590	98,3
0,063	6	1,0	594	99

**Şekil 4.5.** Kıрма kum 2 elek analizi

Çalışma kapsamında kullanılan kırmataş 1 malzemesinin elek analizi sonuçları Çizelge 4.4’de, dane boyut dağılımını gösteren grafik ise Şekil 4.6’da verilmiştir.

Çizelge 4.4. Kırmataş 1 elek analizi

Elek açıklığı (mm)	Elekten geçen		Elek üstünde kalan	
	Ağırlık (gr)	Yüzde %	Ağırlık (gr)	Yüzde %
31,5	1162	100	0	0
16	1162	100	0	0
11,2	948,6	81,6	213,4	18,4
9,5	712,3	61,3	449,7	38,7
8	102,5	8,8	1059,5	91,2
5,6	4,3	0,4	1157,7	99,6
4	4,3	0,4	1157,7	99,6

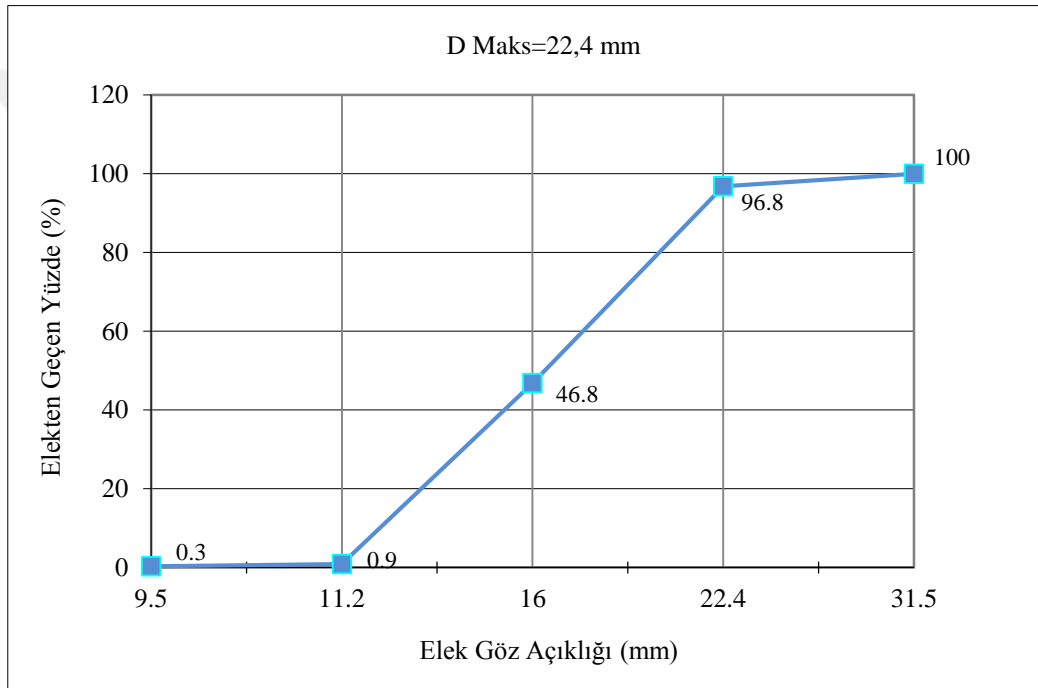


Şekil 4.6. Kırmataş 1 elek analizi

Çalışma kapsamında kullanılan kırmataş 2 malzemesinin elek analizi sonuçları Çizelge 4.5’de, dane boyut dağılımını gösteren grafik ise Şekil 4.7’de verilmiştir.

Çizelge 4.5. Kırmataş 2 elek analizi

Elek açıklığı (mm)	Elekten geçen		Elek üstünde kalan	
	Ağırlık (gr)	Yüzde %	Ağırlık (gr)	Yüzde %
31,5	1996	100	0	0
22,4	1932	96,8	64	3,2
16	935	46,8	1061	53,2
11,2	17	0,9	1979	99,1
9,5	5	0,3	1991	99,7

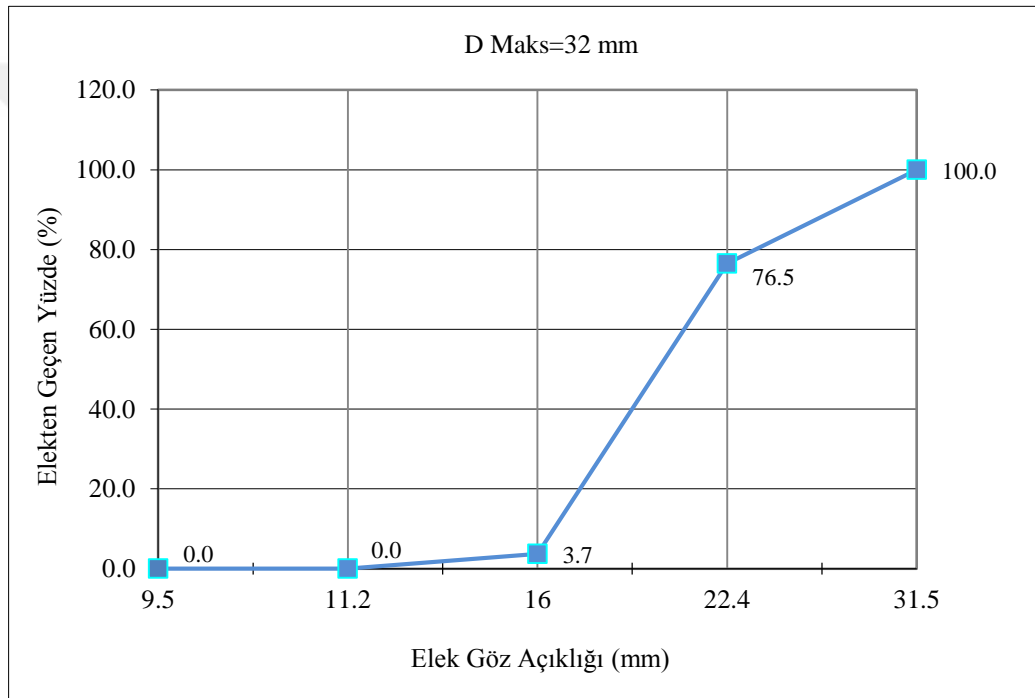


Şekil 4.7. Kırmataş 2 elek analizi

Çalışma kapsamında kullanılan kırmataş 2 malzemesinin elek analizi sonuçları Çizelge 4.6'da, dane boyut dağılımını gösteren grafik ise Şekil 4.8'de verilmiştir.

Çizelge 4.6. Kırmataş 3 elek analizi

Elek açıklığı (mm)	Elekten geçen		Elek üstünde kalan	
	Ağırlık (gr)	Yüzde %	Ağırlık (gr)	Yüzde %
31,5	10000	100	0	0
22,4	7646	76,5	2354	23,5
16	371	3,7	9629	96,3
11,2	0	0	10000	100
9,5	0	0	10000	100



Şekil 4.8. Kırmataş 3 elek analizi

Çalışmamızda granülometri eğrileri verilen agregalar beton karışımına belli oranlarda dahil edilmişlerdir. Bu oranların belirlenmesinde bazı standartlar kullanılmıştır. Değerler; en büyük agrega boyutuna bağlı olarak kabul edilen referans eğrileri olarak adlandırılan eğrilerle uyumlu ve ideal bölgeler içinde kalmalıdır. Bu eğriler; en büyük agrega boyutuna bağlı olarak $D_{maks}= 32$ mm için A32, B32, C32, $D_{maks}= 22,4$ mm için A22,4, C22,4, $D_{maks}= 16$ mm için A16, B16, C16, $D_{maks}= 8$ mm için A8, B8, C8 eğrileridir. Granülometri eğrisinin ideal bölgede kalmasıyla, doluluk oranı yükselir, boşluklar azalır, böylece boşlukları doldurmak için daha az çimento kullanılarak ekonomik çözüm elde edilir. Ayrıca, betonda

agrega yüzeylerini ıslatmak için gerekli su da azalmış olur. En büyük dane boyutu 32 mm olan agrega karışımları için referans değerleri Çizelge 4.7’de verilmiştir.

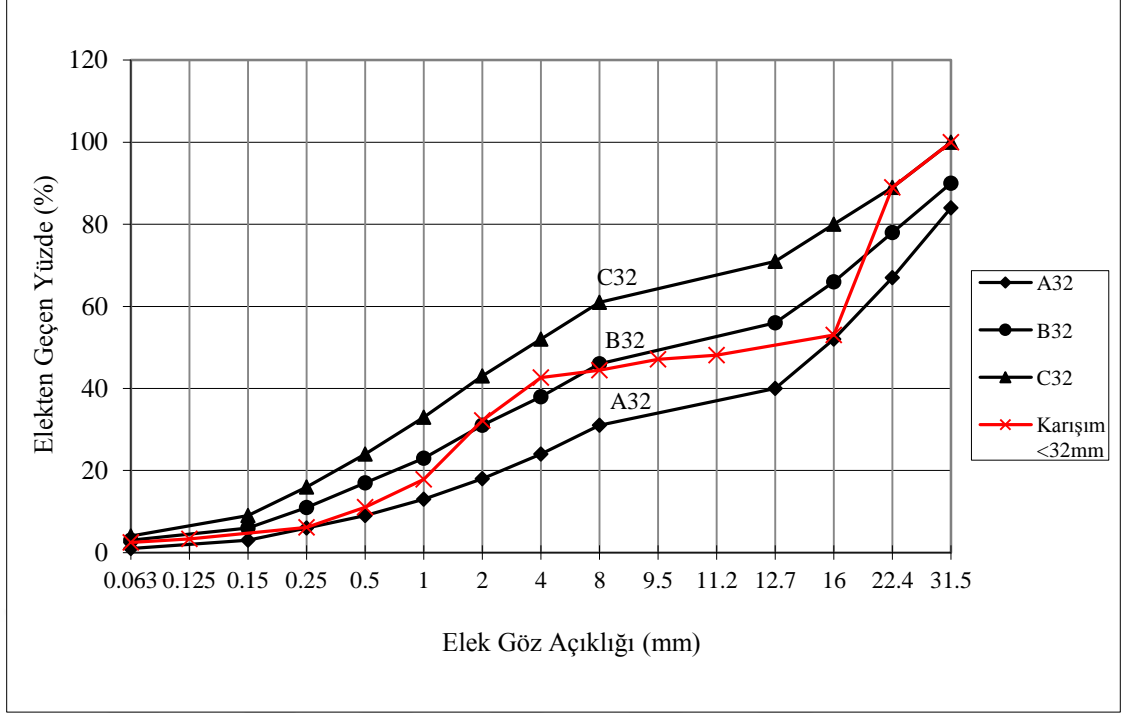
Çizelge 4.7. D_{maks} :32 mm için referans değerleri (TS 802, 2016)

Elek açıklığı (mm)	A32	B32	C32
40	95	98	100
31,5	84	90	100
22,4	67	78	89
16	52	66	80
12,7	40	56	71
8	31	46	61
4	24	38	52
2	18	31	43
1	13	23	33
0,5	9	17	24
0,25	6	11	16
0,15	3	6	9
0,063	1	3	4

Maksimum agrega dane çapı 32 mm olan karışımlarda agregaların kullanılacakları oranlar referans eğrileri esas alınarak belirlenmiş ve karışım granülometri eğrisi Şekil 4.9’da görüldüğü gibi çizilmiştir. Buna göre beton karışımında %40 oranında kırma kum 1, %4 oranında kırma kum 2, %5 oranında kırmataş 1, %5 oranında kırmataş 2 ve %46 oranında kırmataş 3 kullanılmıştır. Bu yüzdelerle oluşturulan agrega karışımı granülometri değerleri Çizelge 4.8’de verilmiştir.

Çizelge 4.8. Karışım granülometrisi (D_{maks} :32 mm)

Elek Açıklığı (mm)	Elekten Geçen %
31,5	100
22,4	89
16	53
11,2	48,1
9,5	47,1
8	44,5
4	42,6
2	32,2
1	17,8
0,5	11,1
0,25	6,2
0,125	3,3
0,063	2,5



Şekil 4.9. Karışım granülometri eğrisi ($D_{maks}:32$ mm)

En büyük dane boyutu 22,4 mm olan agregalar için referans değerleri Çizelge 4.9’da verilmiştir.

Çizelge 4.9. $D_{maks}:22,4$ mm için referans değerleri (TS 802, 2016)

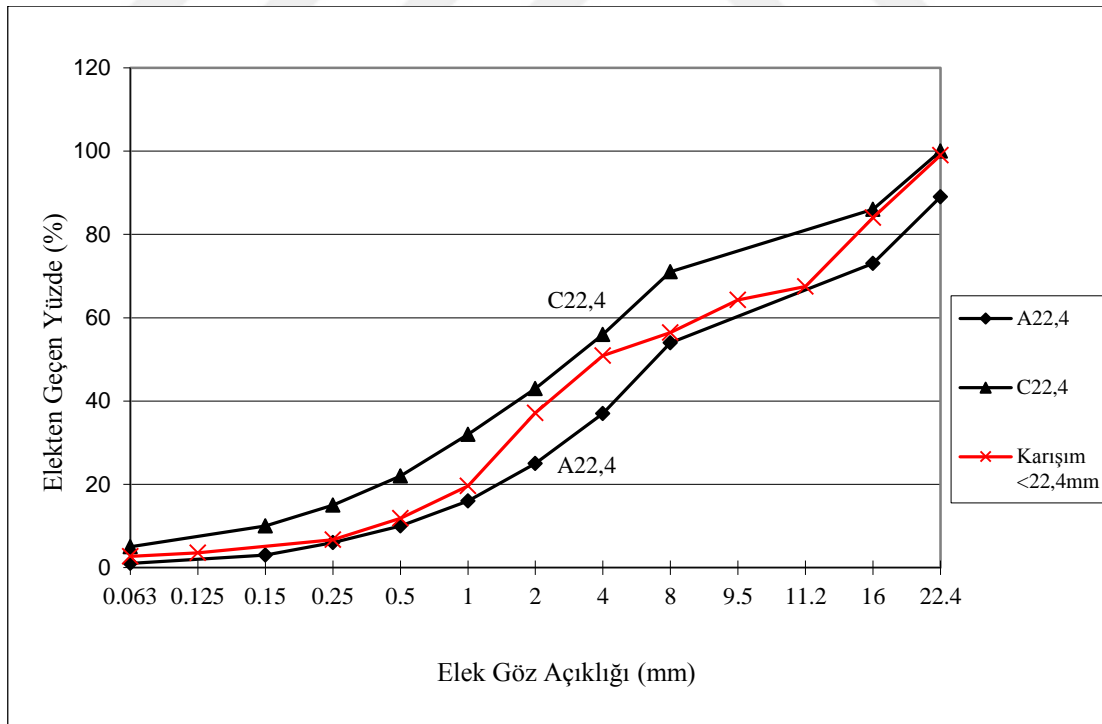
Elek açıklığı (mm)	A22,4	C22,4
31,5	100	100
22,4	89	100
16	73	86
8	54	71
4	37	56
2	25	43
1	16	32
0,5	10	22
0,25	6	15
0,15	3	10
0,063	1	5

Maksimum agregalar için referans değerleri esas alınarak belirlenmiş ve karışım granülometri eğrisi Şekil 4.10’da görüldüğü gibi çizilmiştir. Buna göre beton karışımında %40 oranında kırma kum 1, %15 oranında kırma kum 2, %15 oranında

kırmataş 1, %30 oranında kırmataş 2 kullanılmış kırmataş 3 ise kullanılmamıştır. Bu yüzdelere oluşturulan agrega karışımı granülometri değerleri Çizelge 4.10'da verilmiştir.

Çizelge 4.10. Karışım granülometrisi ($D_{maks}:22,4$ mm)

Elek Açıklığı (mm)	Elekten Geçen %
31,5	100
22,4	99
16	84
11,2	67,5
9,5	64,3
8	56,4
4	50,9
2	37,2
1	19,6
0,5	11,9
0,25	6,7
0,125	3,6
0,063	2,7



Şekil 4.10. Karışım granülometri eğrisi ($D_{maks}:22,4$ mm)

En büyük dane boyutu 16 mm olan agregalar için referans değerleri Çizelge 4.11’de verilmiştir.

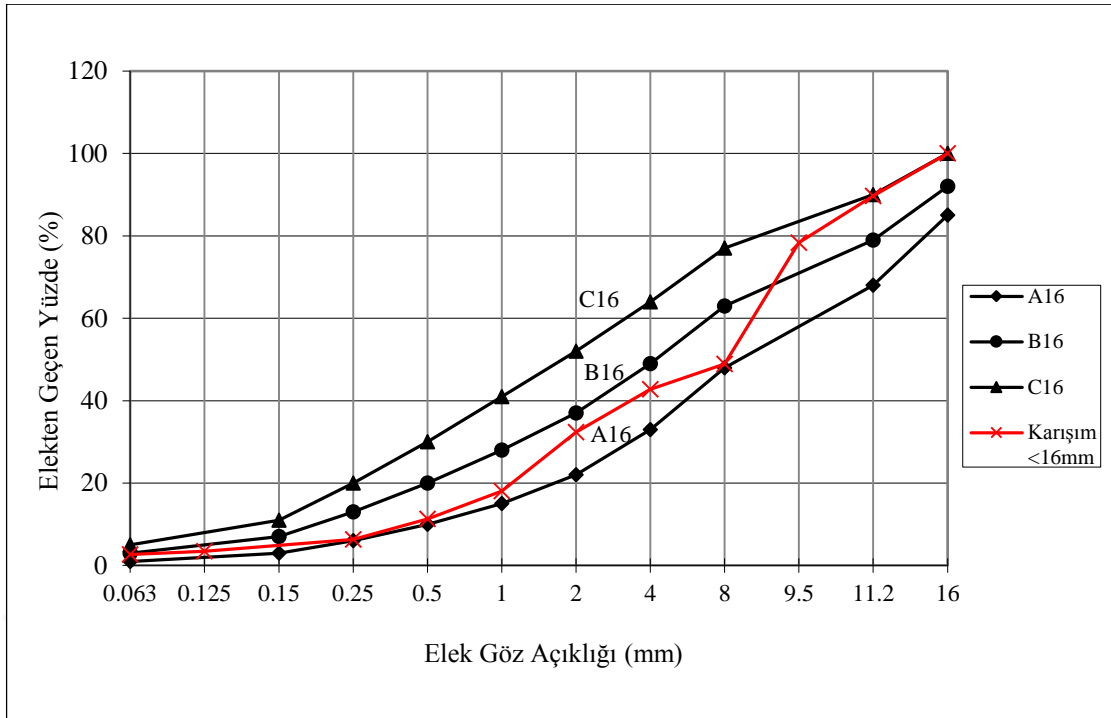
Çizelge 4.11. D_{maks} :16 mm için referans değerleri (TS 802, 2016)

Elek açıklığı (mm)	A16	B16	C16
22,4	98	99	100
16	85	92	100
11,2	68	79	90
8	48	63	77
4	33	49	64
2	22	37	52
1	15	28	41
0,5	10	20	30
0,25	6	13	20
0,15	3	7	11
0,063	1	3	5

Maksimum agregalar için dane çapı 16 mm olan karışımlarda agregaların kullanılacakları oranlar referans eğrileri esas alınarak belirlenmiş ve karışım granülometri eğrisi Şekil 4.11’de görüldüğü gibi çizilmiştir. Buna göre beton karışımında %40 oranında kırma kum 1, %4 oranında kırma kum 2 ve % 56 oranında kırmataş 1 malzeme kullanılmıştır. Bu şekilde oluşturulan agregalar için granülometri değerleri Çizelge 4.12’de verilmiştir.

Çizelge 4.12. Karışım granülometrisi (D_{maks} :16 mm)

Elek Açıklığı (mm)	Elekten Geçen %
16	100
11,2	89,7
9,5	78,3
8	48,9
4	42,8
2	32,4
1	18
0,5	11,3
0,25	6,4
0,125	3,5
0,063	2,7



Şekil 4.11. Karışım granülometri eğrisi (D_{maks}:16 mm)

En büyük dane boyutu 8 mm olan agrega karışımları için referans değerleri Çizelge 4.13’de verilmiştir.

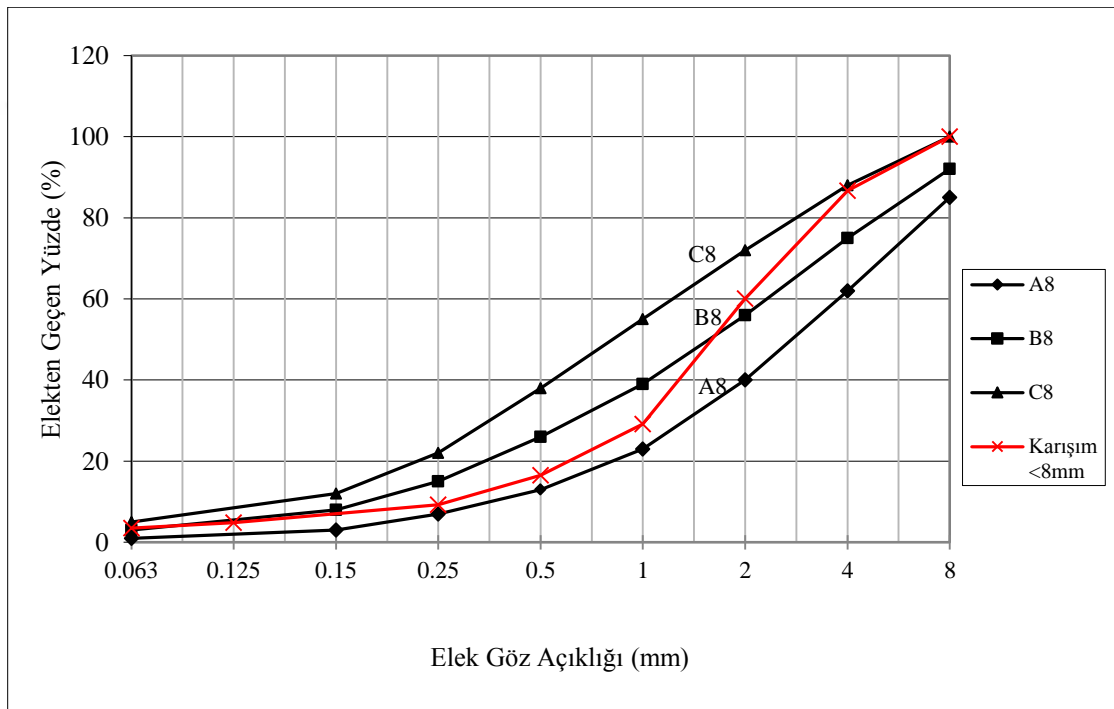
Çizelge 4.13. D_{maks}:8 mm için referans değerleri (TS 802, 2016)

Elek açıklığı (mm)	A8	B8	C8
11,2	98	99	100
8	85	92	100
4	62	75	88
2	40	56	72
1	23	39	55
0,5	13	26	38
0,25	7	15	22
0,15	3	8	12
0,063	1	3	5

Maksimum agrega dane çapı 8 mm olan karışımlarda agregaların kullanılacakları oranlar referans eğrileri esas alınarak belirlenmiş ve karışım granülometri eğrisi Şekil 4.12’de görüldüğü gibi çizilmiştir. Buna göre beton karışımında %50 oranında kırma kum 1 ve %50 oranında da kırma kum 2 malzeme kullanılmıştır. Bu şekilde oluşturulan agrega karışımı granülometri değerleri Çizelge 4.14’de verilmiştir.

Çizelge 4.14. Karışım granülometrisi ($D_{maks}:8$ mm)

Elek Açıklığı (mm)	Elekten Geçen %
8	100
4	86,7
2	60,1
1	29,2
0,5	16,5
0,25	9,3
0,125	4,8
0,063	3,5

**Şekil 4.12.** Karışım granülometri eğrisi ($D_{maks}:8$ mm)

4.2.2.2. Taze beton deneyleri

4.2.2.2.1. Farklı içeriklerde beton karışım tasarımı yapılması

Üretilen beton karışımlarının tasarımları TS 802 (2016) referans alınarak yapılmıştır. Öncelikle üretilmek istenilen beton özelliklerine göre gerekli hesaplamalar yapılarak karışımda kullanılacak malzeme miktar ve oranları belirlenmiştir. Agregaların kuruluğu, karma suyunun temizliği, çimento türünün uygunluğu gibi durumlardan emin olunduktan sonra üretilen beton için gereken agregalar, çimento ve su daha

önceden yapılmış hesaplara göre ayrı ayrı tartılarak karışımlar için gerekli olan miktarlarda malzeme grupları oluşturulmuştur. Daha sonra beton karma işlemine geçilmiştir. Agregalar beton mikserine konulup bir miktar karıştırıldıktan sonra, bir miktar su ile ıslatılıp belli bir süre daha karıştırma işlemine devam edilmiş ve ardından gerekli çimento ve kalan karma suyu yavaş yavaş miksera dökülerek karıştırma işlemi sürdürülmüştür. Karıştırma işlemine beton kıvama gelene kadar devam edilmiştir.

4.2.2.2.2. Taze betondan numune alınması

Üretimi yapılan taze betondan alınan numuneler küp kalıplarda bir gün bekletilip priz alması sağlandıktan sonra kalıplardan çıkartılmışlardır. Numunelerin bir kısmı kür havuzunda bir kısmı ise şantiye koşullarında küre bırakılmıştır. Kür havuzu, 17-20 C⁰ sıcaklığa ayarlanmıştır. Taze betondan küp kalıplara numune alımı şu şekilde yapılmıştır:

- Öncelikle taze betonun doldurulacağı 15x15x15 cm boyutlarındaki küp kalıpların ihtiyaç duyulan sayıda hazırlanması,
- Dökülecek taze betonun priz aldıktan sonra kalıptan rahat çıkabilmesi için kalıpların yağlanması,
- Üretimi yapılan taze betonun, kalıplara gerekli şişleme ve sarsma işlemleri yapılarak homojen bir şekilde doldurulması,
- Numunelerin üzerine numunenin alındığı tarih ve numune adının yazıldığı kâğıtların koyulması ve numunelerin bir gün kalıplarda bekletilerek yeteri kadar priz almasının sağlanması,
- Bir günün sonunda sertleşmiş olan beton numunelerin kalıplardan kompresör kullanılarak hava basıncı yardımıyla dikkatlice çıkartılması ve gerekli kontrollerin yapılması,
- Numunelerde şekil bozukluğu, çatlama, kırılma, vb. herhangi bir deformasyonun olmadığı anlaşıldıktan sonra, numunelerin kür işlemine bırakılması.

Şekil 4.13’de kalıpların hazırlanması işlemi ve kalıpların doldurulması esnasında taze betonun şişlenerek sıkıştırılması gösterilmiştir. Deneyler esnasında betonun kalıplara homojen yerleşmesine ve segregasyon oluşmamasına dikkat edilmiştir.



Şekil 4.13. Numune kalıplarının hazırlanması ve taze betonun şişlenmesi

Şekil 4.14’de numunelerin kalıplardan hava kompresörü yardımıyla çıkarılması işlemi ve ardından kür havuzuna yerleştirilen beton numuneler gösterilmiştir.



Şekil 4.14. Numunelerin kalıplardan çıkarılması ve kür havuzuna koyulması

4.2.2.2.3. Çökme (slump) deneyi

Betonun kıvam sınıfını belirlemek için yapılan bir deney olup çökme deneyi olarak da bilinir. Bu deneyde slump konisi kullanılır. Numune huniye koyulmadan hemen önce homojen bir şekilde iyice karıştırılmalı ve alındığı betonu tam olarak temsil edebilmelidir. Agregaların maksimum tane boyutu 40 mm ve üzerinde ise ıslak eleme yöntemiyle 40 mm ve üzeri tane boyutundaki agregalar ayrıldıktan sonra deneye devam edilmelidir. Taze beton huniye 3 eşit tabaka halinde doldurulmalı ve her tabaka doldurma esnasında sıkıştırma çubuğu ile 25 defa şişlenmelidir. İkinci ve son tabaka

sıkıştırılırken, sıkıştırma çubuğunun bir alt tabakaya 2,5 cm girecek şekilde şişleme yapılması iyi bir sıkışma sağlanabilmesi için uygun görülmektedir. Son olarak huni saplarından tutulup yavaşça düşey olarak yukarı doğru çekilir ve taze betonun çökme değeri ölçülür. Sıkıştırma işlemi ile betonun içinde boşluk ve hava kalmasının önlenmesi ve homojen dağılan bir betonun oluşması amaçlanmaktadır. Beton ne kadar akışkan ise slump da o kadar fazla olacaktır (Anonim, 2015).

Çalışma kapsamında yapılan çökme deneyleri de belirtilen yöntemlere uygun olarak yapılmıştır. Şekil 4.15’de slump deneyinin yapılarak çökme değerinin belirlenmesi işlemi gösterilmiştir.



Şekil 4.15. Taze betona slump deneyi yapılması ve çökme değerinin belirlenmesi

4.2.2.2.4. Taze betonun birim hacim ağırlık deneyi

Beton içerisindeki boşluk miktarı, betonu oluşturan malzemelerin özellikleri, beton üretiminde yapılan uygulamalar üretilecek olan taze betonun birim ağırlığını doğrudan etkileyebilecek durumlar arasında sayılabilir. Taze betonun birim ağırlığının bilinmesi beton hakkında bazı ön bilgilere sahip olabilmemiz açısından önemlidir. Yapılan bu çalışmada üretilen her beton grubu için taze beton birim ağırlık deneyi ayrı ayrı yapılmıştır. Üretilmiş olan taze beton, hacmi ve darası daha önceden ölçülerek belirlenmiş olan bir kabın içerisine homojen bir şekilde doldurulmuştur. Daha sonra betonun şişleme işlemi ile sıkışması sağlanmış olup, sıkıştırma çubuğu darbelerinden kalan boşluklar doluncaya kadar kabın dış kenarlarına tokmak ile hafifçe vurulmuştur. Sıkıştırma işlemi tamamlandıktan sonra betonun yüzey tesviyesi yapılmış, beton seviyesi kap üst kenarları seviyesine getirilmiştir. Ardından kap, içerisindeki taze

betonla beraber tartılmış ve elde edilen değer kaydedilmiştir. Bu değerden kabın boş ağırlığı çıkarılmış ve bulunan taze beton ağırlığı kabın hacmine bölünerek taze beton birim ağırlığı belirlenmiştir.

4.2.2.3. Sertleşmiş beton deneyleri

4.2.2.3.1. Donma - çözülme deneyi

Çalışmanın bu kısmında sabit su/çimento oranında 300 ve 400 doz çimento içeriğinde üretilen ve 28 gün kür edilen beton numuneler donma-çözülme deneyine tabi tutulmuşlardır. -20 C^0 'ye ayarlanan soğutucunun içerisine koyulan numuneler bu derecede 2 saat kadar tutulmuş daha sonra çıkarılarak 1 saat suda çözülmüşlerdir. Ardından numuneler tekrar soğutucuya koyulmuşlar ve bu işlem her numune grubu için aynı şekilde 25 kere tekrar edilmiştir (Tan, 2010).

Donma çözülme deneyinden sonra numuneler standart basınç deneyine tabi tutulmuşlardır. Aynı grupta bulunup donma çözülme deneyi uygulanmayan numunelerle donma çözülme uygulanan numuneler arasındaki dayanım ilişkisi, bir başka deyişle donma çözülmenin beton dayanımı üzerine etkisi araştırılmıştır.

4.2.2.3.2. Karot alma deneyi

Karot alma işlemi, farklı içeriklerde üretilmiş olan ve şantiye koşullarında 28 gün kür edilen beton bloklardan 3 farklı çapta karot numunesi alınarak yapılmıştır. Alınmış olan karot numunelere narinlik oranı 1 olacak şekilde kesme işlemi ve ardından başlıklama işlemi yapıldıktan sonra numuneler standart basınç deneyine tabi tutulmuşlardır. Karot alma işlemi TS EN 12504-1 standardında belirtilen şekilde yapılırken, alınan karot numunelerinin basınç dayanımlarının tayini TS EN 12390-3 standardında belirtilen şekilde yapılmıştır. Şekil 4.16'da beton bloklardan karot alma ve alınan karot numunelerin narinlik oranları 1 olacak şekilde kesilmesi işlemleri gösterilmiştir.



Şekil 4.16. Beton bloklardan karot alınması ve alınan karot numunelerinin kesilmesi

4.2.2.3.3. Standart basınç deneyi

Üretilen küp numunelerden 120 tanesi kür havuzunda 48 tanesi ise şantiye koşullarında 7 ve 28 gün kür edildikten sonra standart basınç deneyine tabi tutulmuştur. Ayrıca, şantiye koşullarında 28 gün kür edilen beton bloklardan 3 farklı çapta alınan 66 adet karot numunesine de standart basınç deneyi uygulanmış ve tüm numunelerin bu sürelerde kazanmış oldukları basınç dayanımları tespit edilmiştir. Betonun basınç altındaki davranışı incelenerek deney sonrası beton numunelerin gerilme deformasyon (σ - ϵ) eğrileri elde edilmiştir. Standart basınç deneyinde küp numuneye yük uygulanmaya başladıktan belli bir süre sonra eğik çatlaklar oluşmuş, uygulanan yük miktarı arttıkça zamanla bu çatlaklar numunenin bir piramit biçiminde kırılmasıyla sonuçlanmıştır. Aynı beton sınıfı için üretilen ve maksimum agrega boyutu daha büyük olan numunelerde kırılma sonrası dağılmanın daha fazla olduğu gözlemlenmiştir. Şekil 4.17’de standart basınç deneyi uygulanmış kübik ve silindirik numune örnekleri gösterilmiştir.



Şekil 4.17. Küp ve silindir numunelerin kırılması

4.2.3. Deney sonuçları

4.2.3.1. Farklı hacimlerde üretilen beton karışım içerikleri

Çalışmanın ilk kısmında C20/25 ve C40/50 sınıfı betonlar elde edebilmek için yapılan beton karışımlarında kullanılan malzeme miktar ve oranları beton karma işleminden önce ayrı ayrı hesaplanarak belirlenmiştir. C20/25 sınıfı beton elde etmek için üretilen beton karışımında kullanılması gereken malzeme miktar ve oranları 1 m^3 ve 30 dm^3 'lük karışımlar için sırasıyla Çizelge 4.15 ve Çizelge 4.16'da verilmiştir.

Çizelge 4.15. C20/25 -1 m³'lük karışım için bileşimler

Dmaks (mm)	Agregalar	Agrega yüzdeleri (%)	Agrega ağırlıkları (kg)	Çimento ağırlığı (kg)	Su ağırlığı (kg)	Hava yüzesi (%)	
C20/25	32	Kırma Kum 1	0,40	730,979	294,202	203	1,40
		Kırma Kum 2	0,04	73,649			
		Kırmataş 1	0,05	92,406			
		Kırmataş 2	0,05	92,751			
		Kırmataş 3	0,46	859,658			
	22,4	Kırma Kum 1	0,40	707,741	311,594	215	1,84
		Kırma Kum 2	0,15	267,406			
		Kırmataş 1	0,15	268,407			
		Kırmataş 2	0,30	538,818			
		Kırmataş 3	x	x			
	16	Kırma Kum 1	0,40	687,919	326,087	225	2,25
		Kırma Kum 2	0,04	69,311			
		Kırmataş 1	0,56	973,990			
		Kırmataş 2	x	x			
		Kırmataş 3	x	x			
8	Kırma Kum 1	0,50	806,074	357,971	247	3,10	
	Kırma Kum 2	0,50	812,158				
	Kırmataş 1	x	x				
	Kırmataş 2	x	x				
	Kırmataş 3	x	x				

Çizelge 4.16. C20/25 – 30 dm³'lük karışım için bileşimler

Dmaks (mm)	Agregalar	Agrega yüzdeleri (%)	Agrega ağırlıkları (kg)	Çimento ağırlığı (kg)	Su ağırlığı (kg)	Hava yüzesi (%)	
C20/25	32	Kırma Kum 1	0,40	21,929	8,826	6,09	1,40
		Kırma Kum 2	0,04	2,209			
		Kırmataş 1	0,05	2,772			
		Kırmataş 2	0,05	2,783			
		Kırmataş 3	0,46	25,790			
	22,4	Kırma Kum 1	0,40	21,232	9,348	6,45	1,84
		Kırma Kum 2	0,15	8,022			
		Kırmataş 1	0,15	8,052			
		Kırmataş 2	0,30	16,165			
		Kırmataş 3	x	x			
	16	Kırma Kum 1	0,40	20,638	9,783	6,75	2,25
		Kırma Kum 2	0,04	2,079			
		Kırmataş 1	0,56	29,220			
		Kırmataş 2	x	x			
		Kırmataş 3	x	x			
8	Kırma Kum 1	0,50	24,182	10,739	7,41	3,10	
	Kırma Kum 2	0,50	24,365				
	Kırmataş 1	x	x				
	Kırmataş 2	x	x				
	Kırmataş 3	x	x				

C40/50 sınıfı beton elde etmek amacıyla üretilecek beton karışımında kullanılması gereken malzeme miktarları ve oranları 1 m³ ve 30 dm³'lük karışımlar için sırasıyla Çizelge 4.17 ve Çizelge 4.18'de verilmiştir.

Çizelge 4.17. C40/50 – 1 m³'lük karışım için bileşimler

Dmaks (mm)	Agregalar	Agrega yüzdeleri (%)	Agrega ağırlıkları (kg)	Çimento ağırlığı (kg)	Su ağırlığı (kg)	Hava yüzüsü (%)	
C40/50	32	Kırma Kum 1	0,40	667,336	483,33	203	1,40
		Kırma Kum	0,04	67,236			
		Kırmataş 1	0,05	84,361			
		Kırmataş 2	0,05	84,676			
		Kırmataş 3	0,46	784,813			
	22,4	Kırma Kum 1	0,40	640,335	511,905	215	1,84
		Kırma Kum 2	0,15	241,939			
		Kırmataş 1	0,15	242,846			
		Kırmataş 2	0,30	487,501			
		Kırmataş 3	x	x			
	16	Kırma Kum 1	0,40	617,378	535,714	225	2,25
		Kırma Kum	0,04	62,203			
		Kırmataş 1	0,56	874,114			
		Kırmataş 2	x	x			
		Kırmataş 3	x	x			
	8	Kırma Kum 1	0,50	709,278	588,095	247	3,10
		Kırma Kum	0,50	714,631			
		Kırmataş 1	x	x			
		Kırmataş 2	x	x			
		Kırmataş 3	x	x			

Çizelge 4.18. C40/50 – 30 dm³'lük karışım için bileşimler

	Dmaks (mm)	Agregalar	Agrega yüzdeleri (%)	Agrega ağırlıkları (kg)	Çimento ağırlığı (kg)	Su ağırlığı (kg)	Hava yüzesi (%)
C40/50	32	Kırma Kum 1	0,40	20,020	14,499	6,09	1,40
		Kırma Kum 2	0,04	2,017			
		Kırmataş 1	0,05	2,531			
		Kırmataş 2	0,05	2,540			
		Kırmataş 3	0,46	23,544			
	22,4	Kırma Kum 1	0,40	19,210	15,357	6,45	1,84
		Kırma Kum 2	0,15	7,258			
		Kırmataş 1	0,15	7,285			
		Kırmataş 2	0,30	14,625			
		Kırmataş 3	x	x			
	16	Kırma Kum 1	0,40	18,521	16,071	6,75	2,25
		Kırma Kum 2	0,04	1,866			
		Kırmataş 1	0,56	26,223			
		Kırmataş 2	x	x			
		Kırmataş 3	x	x			
	8	Kırma Kum 1	0,50	21,278	17,643	7,41	3,10
		Kırma Kum 2	0,50	21,439			
		Kırmataş 1	x	x			
		Kırmataş 2	x	x			
		Kırmataş 3	x	x			

Çalışmanın ikinci bölümünde sabit su/çimento oranında 300 ve 400 doz çimento içeriğinde ve dört farklı maksimum çapta agrega karışımı kullanılarak hazırlanan beton karışımlarında kullanılan malzeme miktar ve oranları beton karma işleminden önce ayrı ayrı hesaplanarak belirlenmiştir. 300 ve 400 doz çimento içerikli üretilecek beton karışımlarında kullanılması gereken malzeme miktar ve oranları 1 m³ ve 60 dm³'lük karışımlar için ayrı ayrı sırasıyla Çizelge 4.19, Çizelge 4.20, Çizelge 4.21 ve Çizelge 4.22'de verilmiştir. Çalışmanın son kısmında da bu kısımda üretilen betonlarla aynı içerikte her grup için 80 dm³ olacak şekilde beton karışımları üretilmiştir.

Çizelge 4.19. 300 doz çimento – 1 m³'lük karışım için bileşimler

Numune Adı	Dmaks (mm)	Agregalar	Agrega yüzdeleri (%)	Agrega ağırlıkları (kg)	Çimento ağırlığı (kg)	Su ağırlığı (kg)	Hava yüzesi (%)
300 D+KK1+KK2+KT1+KT2+KT3	32	Kırma Kum 1	0,40	762,948	300	171	1,40
		Kırma Kum 2	0,04	76,869			
		Kırmataş 1	0,05	96,448			
		Kırmataş 2	0,05	96,808			
		Kırmataş 3	0,46	897,257			
300 D+KK1+KK2+KT1+KT2	22,4	Kırma Kum 1	0,40	758,284	300	171	1,84
		Kırma Kum 2	0,15	286,502			
		Kırmataş 1	0,15	287,575			
		Kırmataş 2	0,30	577,298			
		Kırmataş 3	x	x			
300 D+KK1+KK2+KT1	16	Kırma Kum 1	0,40	753,938	300	171	2,25
		Kırma Kum 2	0,04	75,962			
		Kırmataş 1	0,56	1067,463			
		Kırmataş 2	x	x			
		Kırmataş 3	x	x			
300 D+KK1+KK2	8	Kırma Kum 1	0,50	931,160	300	171	3,10
		Kırma Kum 2	0,50	938,187			
		Kırmataş 1	x	x			
		Kırmataş 2	x	x			
		Kırmataş 3	x	x			

Çizelge 4.20. 300 doz çimento – 60 dm³'lük karışım için bileşimler

Numune Adı	Dmaks (mm)	Agregalar	Agrega yüzdeleri (%)	Agrega ağırlıkları (kg)	Çimento ağırlığı (kg)	Su ağırlığı (kg)	Hava yüzesi (%)
300 D+KK1+KK2+KT1+KT2+KT3	32	Kırma Kum 1	0,40	45,777	18	10,26	1,40
		Kırma Kum 2	0,04	4,612			
		Kırmataş 1	0,05	5,787			
		Kırmataş 2	0,05	5,808			
		Kırmataş 3	0,46	53,835			
300 D+KK1+KK2+KT1+KT2	22,4	Kırma Kum 1	0,40	45,497	18	10,26	1,84
		Kırma Kum 2	0,15	17,190			
		Kırmataş 1	0,15	17,254			
		Kırmataş 2	0,30	34,638			
		Kırmataş 3	x	x			
300 D+KK1+KK2+KT1	16	Kırma Kum 1	0,40	45,236	18	10,26	2,25
		Kırma Kum 2	0,04	4,558			
		Kırmataş 1	0,56	64,048			
		Kırmataş 2	x	x			
		Kırmataş 3	x	x			
300 D+KK1+KK2	8	Kırma Kum 1	0,50	55,870	18	10,26	3,10
		Kırma Kum 2	0,50	56,291			
		Kırmataş 1	x	x			
		Kırmataş 2	x	x			
		Kırmataş 3	x	x			

Çizelge 4.21. 400 doz çimento – 1m³'lük karışım için bileşimler

Numune Adı	Dmaks (mm)	Agregalar	Agrega yüzdeleri (%)	Agrega ağırlıkları (kg)	Çimento ağırlığı (kg)	Su ağırlığı (kg)	Hava yüzesi (%)
400 D+KK1+KK2+KT1+KT2+KT3	32	Kırma Kum 1	0,40	668,876	400	228	1,40
		Kırma Kum 2	0,04	67,393			
		Kırmataş 1	0,05	84,557			
		Kırmataş 2	0,05	84,872			
		Kırmataş 3	0,46	786,624			
400 D+KK1+KK2+KT1+KT2	22,4	Kırma Kum 1	0,40	664,212	400	228	1,84
		Kırma Kum 2	0,15	250,959			
		Kırmataş 1	0,15	251,899			
		Kırmataş 2	0,30	505,680			
		Kırmataş 3	x	x			
400 D+KK1+KK2+KT1	16	Kırma Kum 1	0,40	659,866	400	228	2,25
		Kırma Kum 2	0,04	66,486			
		Kırmataş 1	0,56	934,272			
		Kırmataş 2	x	x			
		Kırmataş 3	x	x			
400 D+KK1+KK2	8	Kırma Kum 1	0,50	813,571	400	228	3,10
		Kırma Kum 2	0,50	819,711			
		Kırmataş 1	x	x			
		Kırmataş 2	x	x			
		Kırmataş 3	x	x			

Çizelge 4.22. 400 doz çimento – 60 dm³'lük karışım için bileşimler

Numune Adı	Dmaks (mm)	Agregalar	Agrega yüzdeleri (%)	Agrega ağırlıkları (kg)	Çimento ağırlığı (kg)	Su ağırlığı (kg)	Hava yüzesi (%)
400 D+KK1+KK2+KT1+KT2+KT3	32	Kırma Kum 1	0,40	40,133	24	13,68	1,40
		Kırma Kum 2	0,04	4,044			
		Kırmataş 1	0,05	5,073			
		Kırmataş 2	0,05	5,092			
		Kırmataş 3	0,46	47,197			
400 D+KK1+KK2+KT1+KT2	22,4	Kırma Kum 1	0,40	39,853	24	13,68	1,84
		Kırma Kum 2	0,15	15,058			
		Kırmataş 1	0,15	15,114			
		Kırmataş 2	0,30	30,341			
		Kırmataş 3	x	x			
400 D+KK1+KK2+KT1	16	Kırma Kum 1	0,40	39,592	24	13,68	2,25
		Kırma Kum 2	0,04	3,989			
		Kırmataş 1	0,56	56,056			
		Kırmataş 2	x	x			
		Kırmataş 3	x	x			
400 D+KK1+KK2	8	Kırma Kum 1	0,50	48,814	24	13,68	3,10
		Kırma Kum 2	0,50	49,183			
		Kırmataş 1	x	x			
		Kırmataş 2	x	x			
		Kırmataş 3	x	x			

4.2.3.2. C20/25 ve C40/50 beton sınıfları için üretilen beton maliyetleri

C20/25 ve C40/50 beton sınıfları için üretilen betonların her maksimum agrega tane çapında üretilen beton karışımı için ayrı ayrı olmak üzere maliyetleri hesaplanmış ve maliyetler karşılaştırmalı olarak Çizelge 4.23'de ve Çizelge 4.24'de gösterilmiştir. Karışımlarda kullanılan agregalar ve çimento maliyete dâhil edilmiş, su ise ihmal edilmiştir. Çimento ve su fiyatları KDV dâhil fiyatlar olup, hesaplamalar piyasada faaliyet gösteren beton firmalarından alınan yaklaşık çimento ve agrega maliyetlerine göre yapılmıştır.

Çizelge 4.23. C20/25 beton sınıfı için 30 dm³ ve 1 m³'lük beton maliyetleri

	D_{maks} (mm)	Kullanılan Toplam Agrega Miktarı ve Maliyeti	Kullanılan Toplam Çimento Miktarı ve Maliyeti	30 dm³'lük Karışım için Toplam Maliyet	1 m³'lük Karışım için Toplam Maliyet
C20/25	32	55,483 Kg 0,015 TL X 55,483 = 0,832 TL	8,826 Kg 0,35 TL X 8,826 =3,089 TL	3,921 TL	130,700 TL
	22,4	53,471 Kg 0,015 TL X 53,471 = 0,802 TL	9,348 Kg 0,35 TL X 9,348 =3,272 TL	4,074 TL	135,800 TL
	16	51,937 Kg 0,015 TL X 51,937 = 0,779 TL	9,783 Kg 0,35 TL X 9,783 =3,424 TL	4,203 TL	140,100 TL
	8	48,547 Kg 0,015 TL X 48,547 = 0,728 TL	10,739 Kg 0,35 TL X 10,739 =3,759 TL	4,487 TL	149,567 TL

Çizelge 4.24. C40/50 beton sınıfı için 30 dm³ ve 1m³'lük beton maliyetleri

C40/50	D _{maks} (mm)	Kullanılan Toplam Agregası Miktarı ve Maliyeti	Kullanılan Toplam Çimento Miktarı ve Maliyeti	30 dm ³ 'lük Karışım için Toplam Maliyet	1 m ³ 'lük Karışım için Toplam Maliyet
	32	50,652 Kg 0,015 TL X 50,652 = 0,760 TL	14,499 Kg 0,35 TL X 14,499 = 5,075 TL	5,835 TL	194,500 TL
	22,4	48,378 Kg 0,015 TL X 48,378 = 0,726 TL	15,357 Kg 0,35 TL X 15,357 = 5,375 TL	6,101 TL	203,367 TL
	16	46,610 Kg 0,015 TL X 46,610 = 0,699 TL	16,071 Kg 0,35 TL X 16,071 = 5,625 TL	6,324 TL	210,800 TL
	8	42,717 Kg 0,015 TL X 42,717 = 0,641 TL	17,643 Kg 0,35 TL X 17,643 = 6,175 TL	6,816 TL	227,200 TL

Çıkan sonuçlara bakıldığında aynı beton sınıfı için üretilen beton karışımlarında kullanılan maksimum agrega dane çapı arttıkça betonların maliyetlerinin azaldığı görülmektedir. Kullanılan agrega miktarındaki artışa rağmen maliyetteki azalma kullanılan çimento miktarının azalması ve çimentonun agregadan daha maliyetli bir malzeme olmasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca, beton sınıfı yükseldikçe maksimum agrega dane çapına göre ortaya çıkan maliyet farklarının daha fazla olduğu belirlenmiştir.

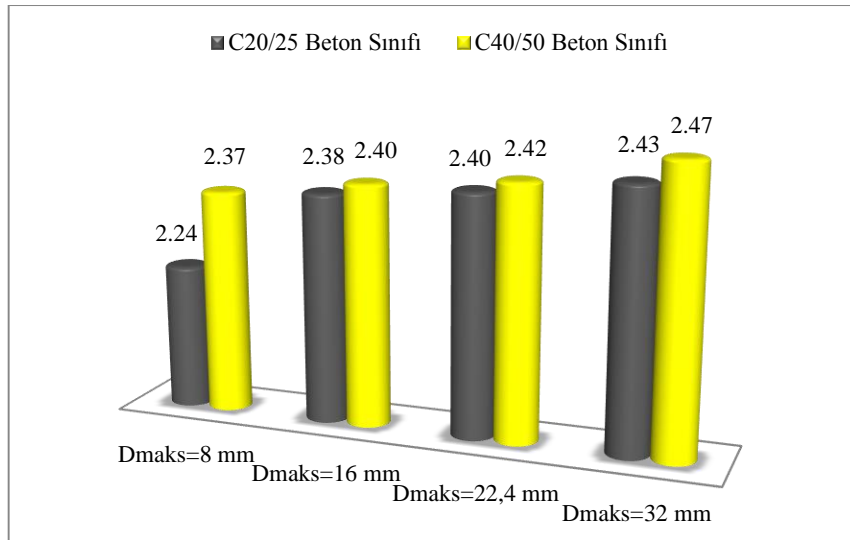
4.2.3.3. Taze beton birim ağırlık deneyi ve slump testi sonuçları

Çalışmanın ilk kısmında C20/25 ve C40/50 beton sınıflarında üretilmesi amaçlanan ve en büyük dane boyutu 32 mm, 22,4 mm, 16 mm ve 8 mm olan agregalar kullanılarak üretilen taze betonlar kalıplara doldurulmadan önce birim ağırlık ve slump deneylerine tabi tutulmuşlardır. Taze beton birim ağırlık ve slump testi sonuçları Çizelge 4.25'de verilmiştir.

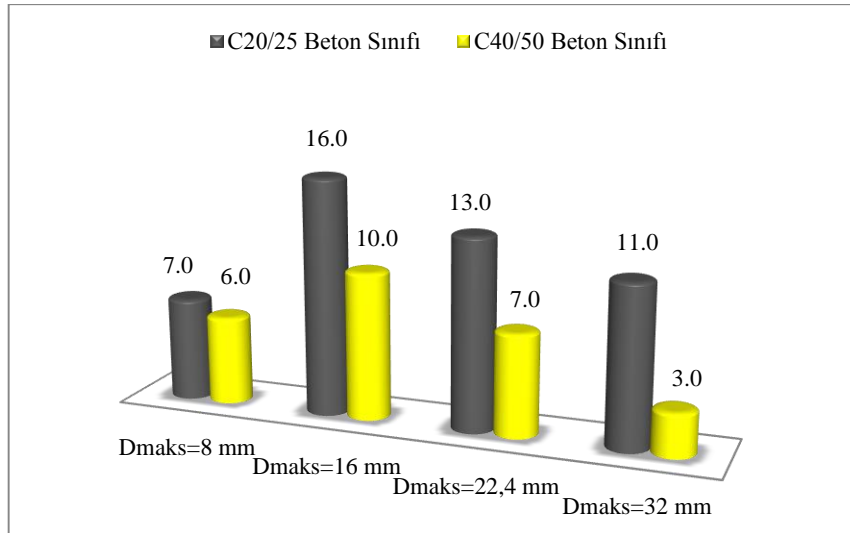
Çizelge 4.25. Taze beton birim ağırlık deneyi ve slump testi sonuçları

Beton Sınıfı	D Maks (mm)	Toplam Ağırlık Wt (gr)	Kap Ağırlığı Wk (gr)	Hacim V (cm ³)	Birim Ağırlık γ (gr/cm ³)	Çökme (cm)
C 20/25	32	11160	2950	3375	2,433	11
	22,4	11060	2950	3375	2,403	13
	16	11000	2985	3375	2,375	16
	8	10560	2985	3375	2,244	7
C 40/50	32	11270	2950	3375	2,465	3
	22,4	11140	2985	3375	2,416	7
	16	11052	2950	3375	2,400	10
	8	10975	2985	3375	2,367	6

C20/25 ve C40/50 olarak iki farklı beton sınıfı için dört farklı maksimum çapta agrega karışımı kullanılarak üretilen taze betonların beton sınıfına ve maksimum agrega dane çapına göre birim ağırlık değerlerinin karşılaştırılması Şekil 4.18’de çökme değerlerinin karşılaştırılması ise Şekil 4.19’da gösterilmiştir.



Şekil 4.18. Taze beton birim ağırlık değerleri

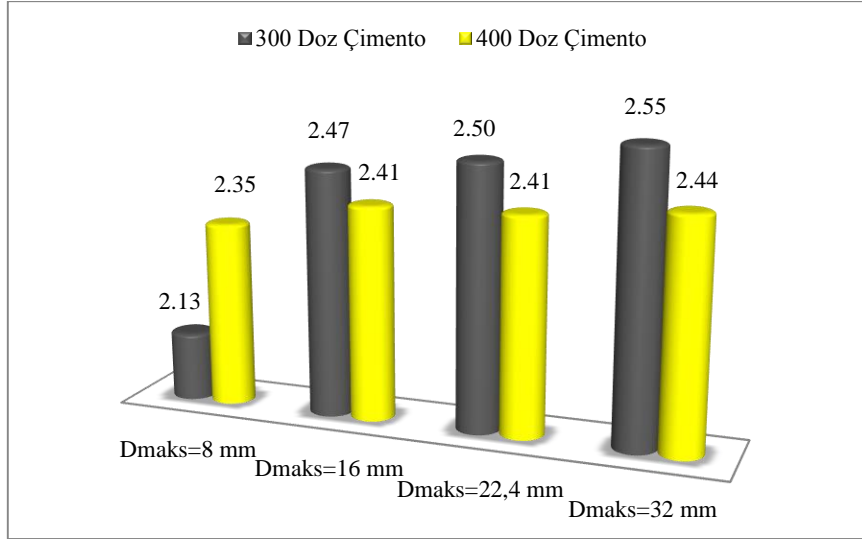


Şekil 4.19. Taze beton çökme değerleri

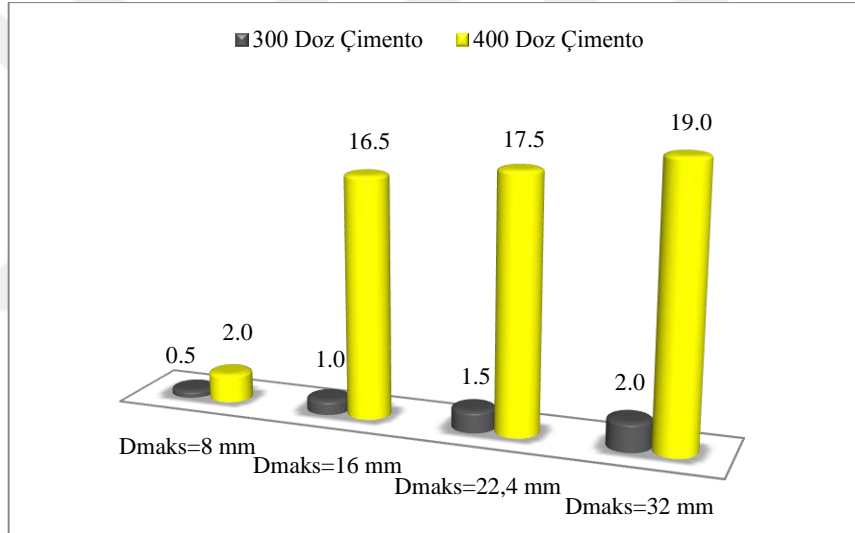
Çalışmanın ikinci kısmında sabit su/çimento oranında 300 ve 400 doz çimento içeriğine sahip dört farklı maksimum çapta agrega karışımı kullanılarak üretilen taze betonların birim ağırlık ve slump testi sonuçları Çizelge 4.26’da verilmiştir. Ayrıca, taze betonların çimento dozajına ve maksimum agrega dane çapına göre birim ağırlık değerlerinin karşılaştırılması Şekil 4.20’de, çökme değerlerinin karşılaştırılması ise Şekil 4.21’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.26. Taze beton birim ağırlık deneyi ve slump testi sonuçları

Numune Grubu	Numune Adı	D Maks (mm)	Toplam Ağırlık Wt (gr)	Kap Ağırlığı Wk (gr)	Hacim V (cm ³)	Birim Ağırlık γ (gr/cm ³)	Çökme (cm)
1	300 D+KK1+KK2+KT1+KT2+KT3	32	11330	2730	3375	2,548	2,0
2	300 D+KK1+KK2+KT1+KT2	22,4	11420	2975	3375	2,502	1,5
3	300 D+KK1+KK2+KT1	16	11310	2975	3375	2,470	1,0
4	300 D+KK1+KK2	8	10140	2950	3375	2,130	0,5
5	400 D+KK1+KK2+KT1+KT2+KT3	32	11200	2975	3375	2,437	19,0
6	400 D+KK1+KK2+KT1+KT2	22,4	11120	2975	3375	2,413	17,5
7	400 D+KK1+KK2+KT1	16	11100	2975	3375	2,407	16,5
8	400 D+KK1+KK2	8	10910	2975	3375	2,351	2,0



Şekil 4.20. Taze beton birim ağırlık değerleri



Şekil 4.21. Taze beton çökme değerleri

4.2.3.4. Sertleşmiş beton birim ağırlık değerleri

300 doz ve 400 doz çimento içerikli 28 günlük beton numunelerinin standart basınç deneyi uygulanmadan hemen önce ağırlıkları tartılarak birim ağırlık değerleri hesaplanmıştır ve bu değerler sırasıyla Çizelge 4.27 ve Çizelge 4.28'de verilmiştir.

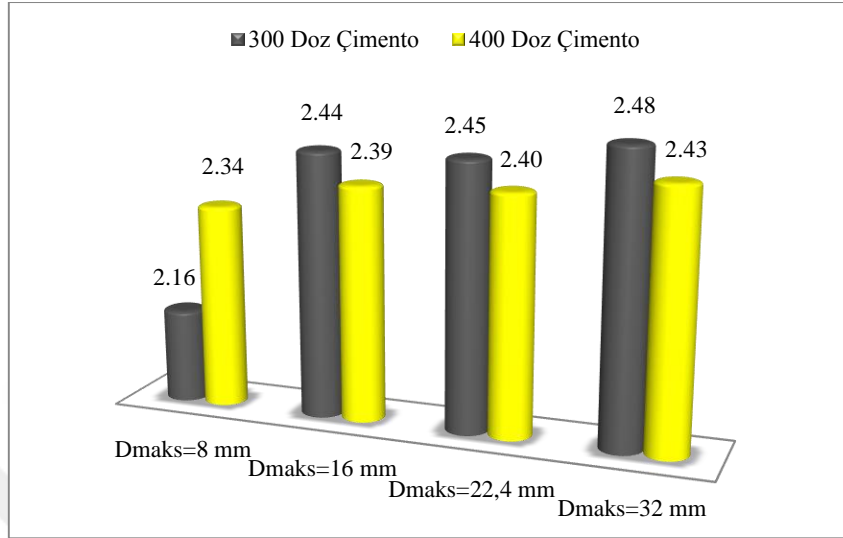
Çizelge 4.27. 300 doz çimento içerikli beton numuneleri ortalama birim ağırlık değerleri

Numune Adı	DMaks (mm)	Numune	28 Günlük			
			Şantiye Koşullarında Kür		Suda Kür	
			Ağırlık (gr)	Birim Ağırlık γ (gr/cm ³)	Ağırlık (gr)	Birim Ağırlık γ (gr/cm ³)
300 D+KK1+KK2+KT1+KT2+KT3	32	1	8450,00	2,504	8325,00	2,467
		2	8351,00	2,474	8430,00	2,498
		3	8303,00	2,460	8380,00	2,483
		Ortalama	8368,00	2,479	8378,33	2,482
300 D+KK1+KK2+KT1+KT2	22,4	1	8250,00	2,444	8222,00	2,436
		2	8270,00	2,450	.....	.....
		3	8204,00	2,431	8284,00	2,455
		Ortalama	8241,33	2,442	8253,00	2,445
300 D+KK1+KK2+KT1	16	1	8230,00	2,439	8200,00	2,430
		2	8210,00	2,433	8250,00	2,444
		3	8170,00	2,421	8275,00	2,452
		Ortalama	8203,33	2,431	8241,67	2,442
300 D+KK1+KK2	8	1	7203,00	2,134	7270,00	2,154
		2	7288,00	2,159	7265,00	2,153
		3	7236,00	2,144	7290,00	2,160
		Ortalama	7242,33	2,146	7275,00	2,156

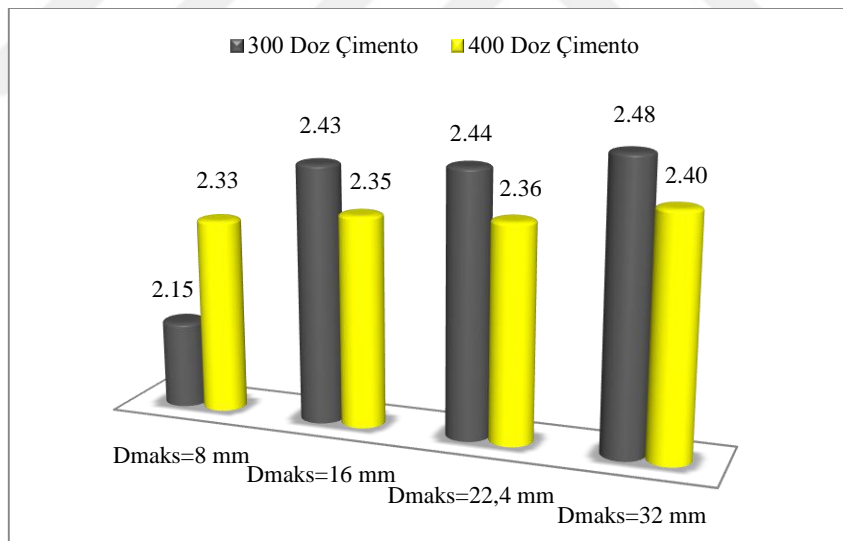
Çizelge 4.28. 400 doz çimento içerikli beton numuneleri ortalama birim ağırlık değerleri

Numune Adı	DMaks (mm)	Numune	28 Günlük			
			Şantiye Koşullarında Kür		Suda Kür	
			Ağırlık (gr)	Birim Ağırlık γ (gr/cm ³)	Ağırlık (gr)	Birim Ağırlık γ (gr/cm ³)
400 D+KK1+KK2+KT1+KT2+KT3	32	1	8100,00	2,400	8112,00	2,404
		2	8065,00	2,390	8292,00	2,457
		3	8133,00	2,410	8186,00	2,425
		Ortalama	8099,33	2,400	8196,67	2,429
400 D+KK1+KK2+KT1+KT2	22,4	1	7990,00	2,367	8125,00	2,407
		2	7900,00	2,341	8055,00	2,387
		3	8025,00	2,378	8097,00	2,399
		Ortalama	7971,67	2,362	8092,33	2,398
400 D+KK1+KK2+KT1	16	1	7950,00	2,356	8045,00	2,384
		2	7915,00	2,345	8078,00	2,393
		3	7960,00	2,359	8090,00	2,397
		Ortalama	7941,67	2,353	8071,00	2,391
400 D+KK1+KK2	8	1	7850,00	2,326	7880,00	2,335
		2	7835,00	2,321	7892,00	2,338
		3	7870,00	2,332	7906,00	2,343
		Ortalama	7851,67	2,326	7892,67	2,339

28 gün boyunca suda ve şantiye koşullarında kür edilen beton numunelerinin çimento dozajlarına göre birim ağırlık değerlerinin karşılaştırılması sırasıyla Şekil 4.22’de ve Şekil 4.23’de gösterilmiştir.



Şekil 4.22. 28 gün suda kür edilen beton numuneleri ortalama birim ağırlık değerleri



Şekil 4.23. 28 gün şantiye koşullarında kür edilen beton numuneleri ortalama birim ağırlık değerleri

4.2.3.5. Standart basınç deneyi sonuçları

C 20/25 Dayanım değerleri

C 20/25 beton sınıfında üretilmesi amaçlanan ve en büyük dane boyutu 32 mm, 22,4 mm, 16 mm ve 8 mm olan agregalardan oluşturulan numunelerin basınç deneyi

sonrası elde edilen 7 ve 28 günlük dayanımları ile kırılma yükleri sırasıyla Çizelge 4.29, Çizelge 4.30, Çizelge 4.31 ve Çizelge 4.32’de verilmiştir.

Çizelge 4.29. C20/25 sınıfı betonda D maksimum = 32 mm için kırılma yükü ve dayanım değerleri

Numune	7 Günlük		Numune	28 Günlük	
	Maksimum Yük (KN)	Dayanım (Mpa)		Maksimum Yük (KN)	Dayanım (Mpa)
1	353,68	15,719	4	583,36	25,927
2	403,84	17,948	5	545,49	24,244
3	371,79	16,524	6	560,77	24,923
Ortalama	376,437	16,730	Ortalama	563,207	25,031

Çizelge 4.30. C20/25 sınıfı betonda D maksimum = 22,4 mm için kırılma yükü ve dayanım değerleri

Numune	7 Günlük		Numune	28 Günlük	
	Maksimum Yük (KN)	Dayanım (Mpa)		Maksimum Yük (KN)	Dayanım (Mpa)
1	459,13	20,406	4	633,010	28,134
2	474,19	21,075	5	655,440	29,131
3	493,58	21,937	6	708,970	31,510
Ortalama	475,633	21,139	Ortalama	665,807	29,592

Çizelge 4.31. C20/25 sınıfı betonda D maksimum = 16 mm için kırılma yükü ve dayanım değerleri

Numune	7 Günlük		Numune	28 Günlük	
	Maksimum Yük (KN)	Dayanım (Mpa)		Maksimum Yük (KN)	Dayanım (Mpa)
1	435,250	19,344	4	592,140	26,317
2	445,350	19,793	5	641,820	28,525
3	456,890	20,306	6	579,800	25,769
Ortalama	445,830	19,814	Ortalama	604,587	26,870

Çizelge 4.32. C20/25 sınıfı betonda D maksimum = 8 mm için kırılma yükü ve dayanım değerleri

Numune	7 Günlük	
	Maksimum Yük (KN)	Dayanım (Mpa)
1	435,090	19,337
2	433,170	19,252
3	443,420	19,708
Ortalama	437,227	19,432

Numune	28 Günlük	
	Maksimum Yük (KN)	Dayanım (Mpa)
4	608,810	27,057
5	586,370	26,061
6	602,560	26,780
Ortalama	599,247	26,633

C 40/50 Dayanım Değerleri

C40/50 beton sınıfında üretilmesi amaçlanan ve en büyük agrega dane çapı 32 mm ve 22,4 mm olan numunelerin 7 ve 28 günlük dayanımları ile kırılma yükleri sırasıyla Çizelge 4.33 ve 4.34'de verilmiştir.

Çizelge 4.33. C40/50 sınıfı betonda D maksimum = 32 mm için kırılma yükü ve dayanım değerleri

Numune	7 Günlük	
	Maksimum Yük (KN)	Dayanım (Mpa)
1	903,040	40,135
2	830,120	36,894
3	877,720	39,010
Ortalama	870,293	38,680

Numune	28 Günlük	
	Maksimum Yük (KN)	Dayanım (Mpa)
4	1177,720	52,343
5	1113,460	49,487
6	1062,330	47,215
Ortalama	1117,837	49,682

Çizelge 4.34. C40/50 sınıfı betonda D maksimum = 22,4 mm için kırılma yükü ve dayanım değerleri

Numune	7 Günlük	
	Maksimum Yük (KN)	Dayanım (Mpa)
1	917,620	40,783
2	904,640	40,206
3	901,440	40,064
Ortalama	907,900	40,351

Numune	28 Günlük	
	Maksimum Yük (KN)	Dayanım (Mpa)
4	1121,950	49,864
5	1153,200	51,253
6	1080,120	48,005
Ortalama	1118,423	49,707

C40/50 beton sınıfında üretilmesi amaçlanan ve en büyük agrega dane çapı 16 mm ve 8 mm olan numunelerin 7 ve 28 günlük dayanımları ile kırılma yükleri sırasıyla Çizelge 4.35 ve Çizelge 4.36'da verilmiştir.

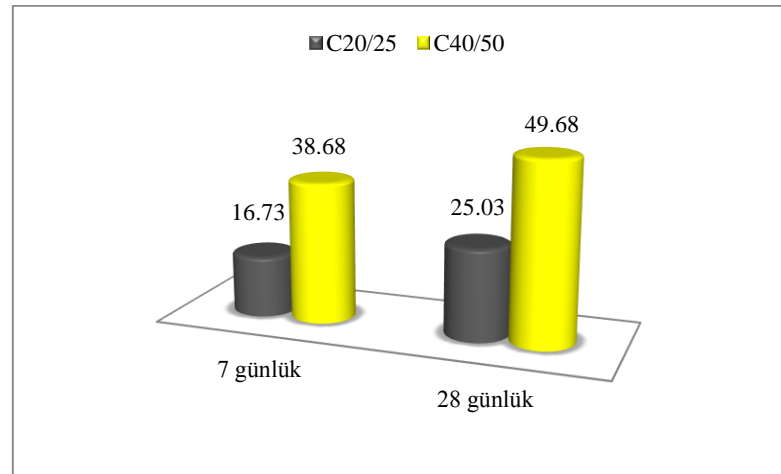
Çizelge 4.35. C40/50 sınıfı betonda D maksimum = 16 mm için kırılma yükü ve dayanım değerleri

Numune	7 Günlük		Numune	28 Günlük	
	Maksimum Yük (KN)	Dayanım (Mpa)		Maksimum Yük (KN)	Dayanım (Mpa)
1	1031,890	45,862	4	1275,480	56,688
2	1013,620	45,050	5	1293,910	57,507
3	1024,830	45,548	6	1261,690	56,075
Ortalama	907,320	45,487	Ortalama	1277,027	56,757

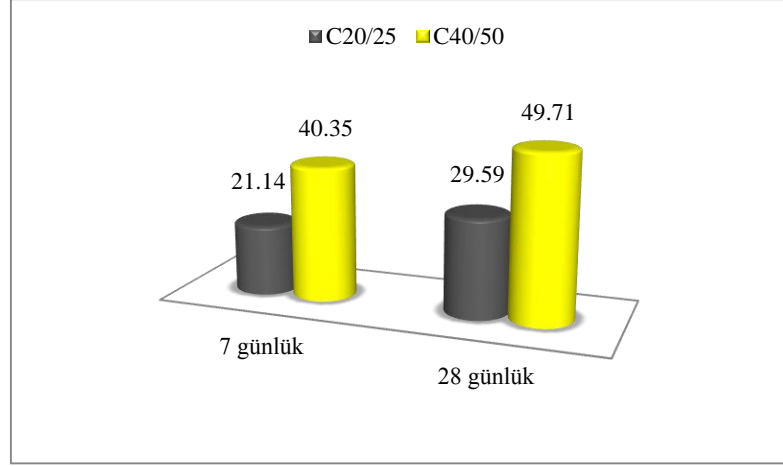
Çizelge 4.36. C40/50 sınıfı betonda D maksimum = 8 mm için kırılma yükü ve dayanım değerleri

Numune	7 Günlük		Numune	28 Günlük	
	Maksimum Yük (KN)	Dayanım (Mpa)		Maksimum Yük (KN)	Dayanım (Mpa)
1	1012,330	44,992	4	1191,020	52,934
2	1021,150	45,384	5	1173,710	52,165
3	1017,033	45,228	6	1226,120	54,494
Ortalama	1017,033	45,201	Ortalama	1196,950	53,198

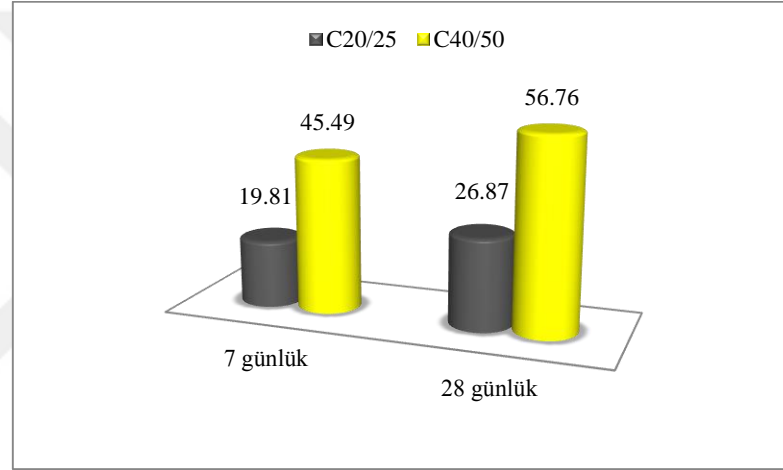
C20/25 ve C40/50 beton sınıfları için üretilmiş olan numunelerin en büyük agrega dane boyutuna göre 7 ve 28 günde kazanmış oldukları ortalama basınç dayanımları sırasıyla Şekil 4.24, Şekil 4.25, Şekil 4.26 ve Şekil 4.27’de verilmiştir.



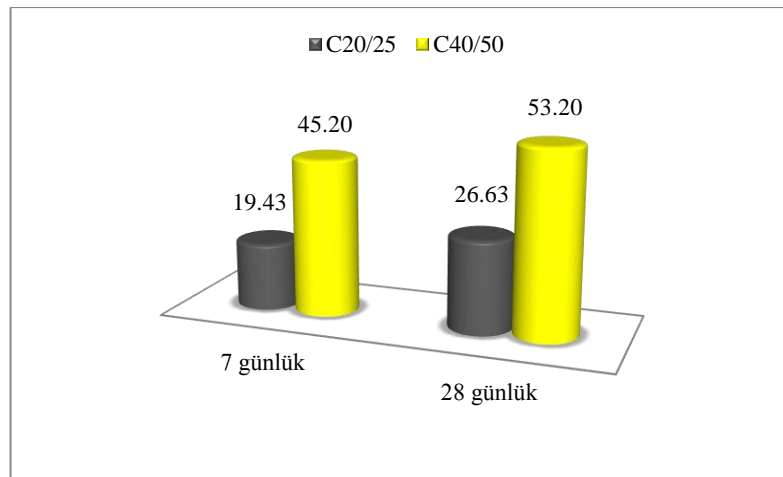
Şekil 4.24. Basınç dayanımları (D maksimum = 32 mm)



Şekil 4.25. Basınç dayanımları (D maksimum = 22,4 mm)

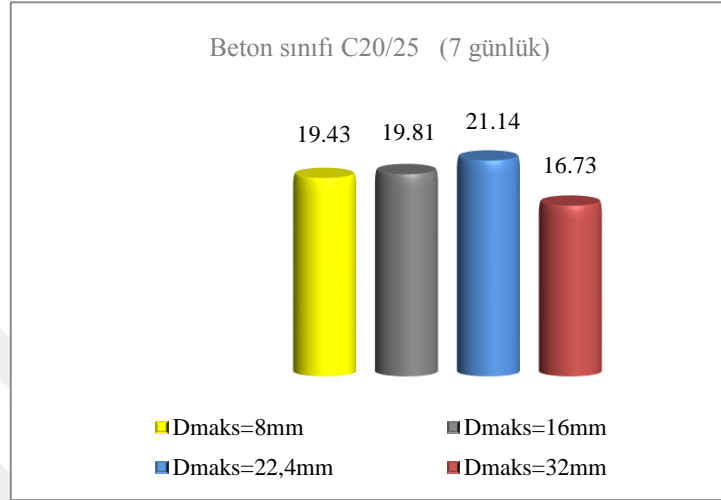


Şekil 4.26. Basınç dayanımları (D maksimum = 16 mm)

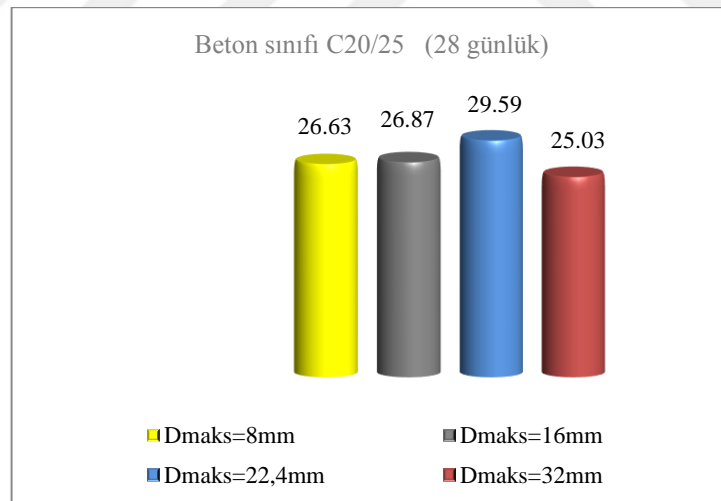


Şekil 4.27. Basınç dayanımları (D maksimum = 8 mm)

Aynı beton sınıfı için farklı maksimum dane çapındaki agregalarla üretilen beton numunelerinin basınç deneyi sonrası elde edilen ortalama dayanımlarının kıyaslanması C20/25 beton sınıfı için Şekil 4.28 ve Şekil 4.29’da gösterilirken, C40/50 beton sınıfı için Şekil 4.30 ve Şekil 4.31’de gösterilmiştir.

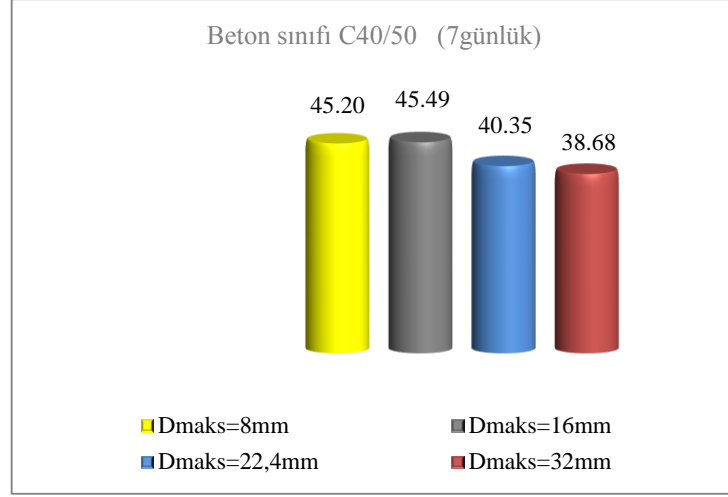


Şekil 4.28. C20/25 beton sınıfı için üretilen numunelerin 7 günlük basınç dayanımları

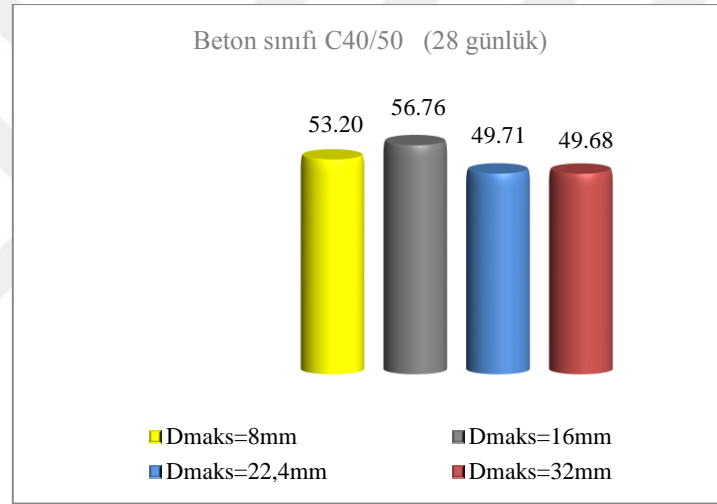


Şekil 4.29. C20/25 beton sınıfı için üretilen numunelerin 28 günlük basınç dayanımları

Şekil 4.29’a bakıldığında C20/25 beton sınıfı için farklı maksimum dane çapındaki agregalarla üretilen beton numunelerin ortalama dayanım değerlerinin birbirine yakın çıktığı görülmektedir. En büyük ortalama dayanım değeri diğer gruplara göre ortalama dayanımı yaklaşık 3-4 Mpa fazla olan ve maksimum agrega dane çapı 22,4 mm olan numune grubunun çıkmıştır.



Şekil 4.30. C40/50 beton sınıfı için üretilen numunelerin 7 günlük basınç dayanımları



Şekil 4.31. C40/50 beton sınıfı için üretilen numunelerin 28 günlük basınç dayanımları

Şekil 4.31'e bakıldığında en büyük ortalama basınç dayanım değerinin $D_{maks}=16$ mm olan numunelere ait olduğu görülürken en düşük ortalama basınç dayanım değerinin $D_{maks}=32$ mm olan numunelere ait olduğu görülmektedir. $D_{maks}=32$ mm ve $D_{maks}=22,4$ mm olan numunelerin basınç dayanımlarının diğer numune gruplarından daha düşük çıkmasının sebebinin kullanılan agregaların yapısı veya tane şekliyle alakalı olabileceği düşünülmüştür.

Çalışmanın ikinci kısmında sabit su/çimento oranında 300 ve 400 doz çimento içeriğine sahip dört farklı maksimum çapta agrega karışımı kullanılarak üretilen beton numunelerin basınç deneyi sonrası elde edilen 7 ve 28 günlük dayanımları ile kırılma yükleri sırasıyla Çizelge 4.37, Çizelge 4.38, Çizelge 4.39 ve Çizelge 4.40'da verilmiştir.

Çizelge 4.37. 300 doz çimento içerikli beton numuneleri 7 günlük dayanım değerleri

Numune Adı	DMaks (mm)	Numune	7 Günlük			
			Şantiye Koşullarında Kür		Suda Kür	
			Maks. Yük (KN)	Dayanım (Mpa)	Maks. Yük (KN)	Dayanım (Mpa)
300 D+KK1+KK2+KT1+KT2+KT3	32	1	700,800	31,147	683,010	30,356
		2	689,260	30,634	860,730	38,255
		3	669,070	29,736	768,750	34,167
		Ortalama	686,377	30,506	770,830	34,259
300 D+KK1+KK2+KT1+KT2	22,4	1	660,570	29,359	706,250	31,389
		2	696,470	30,954	702,560	31,225
		3	696,150	30,940	749,830	33,326
		Ortalama	684,397	30,418	719,547	31,980
300 D+KK1+KK2+KT1	16	1	643,750	28,611	813,140	36,140
		2	698,390	31,040	687,170	30,541
		3	722,750	32,122	759,610	33,760
		Ortalama	688,297	30,591	753,307	33,480
300 D+KK1+KK2	8	1	459,450	20,420	348,230	15,477
		2	364,420	16,196	366,500	16,289
		3	388,140	17,251	489,900	21,773
		Ortalama	404,003	17,956	401,543	17,846

Çizelge 4.38. 300 doz çimento içerikli beton numuneleri 28 günlük dayanım değerleri

Numune Adı	DMaks (mm)	Numune	28 Günlük			
			Şantiye Koşullarında Kür		Suda Kür	
			Maks. Yük (KN)	Dayanım (Mpa)	Maks. Yük (KN)	Dayanım (Mpa)
300 D+KK1+KK2+KT1+KT2+KT3	32	1	827,24	36,766	858,01	38,134
		2	725,32	32,236	959,93	42,664
		3	896,79	39,857	955,6	42,471
		Ortalama	816,450	36,286	924,513	41,090
300 D+KK1+KK2+KT1+KT2	22,4	1	775,96	34,487	793,26	35,256
		2	702,72	31,232	....	....
		3	805,44	35,797	816,82	36,303
		Ortalama	761,373	33,839	805,040	35,780
300 D+KK1+KK2+KT1	16	1	786,69	34,964	810,73	36,032
		2	734,77	32,656	802,08	35,648
		3	758,97	33,732	756,08	33,604
		Ortalama	760,143	33,784	789,630	35,095
300 D+KK1+KK2	8	1	386,37	17,172	479,800	21,324
		2	482,21	21,432	514,900	22,884
		3	440,38	19,572	472,590	21,004
		Ortalama	436,320	19,392	489,097	21,737

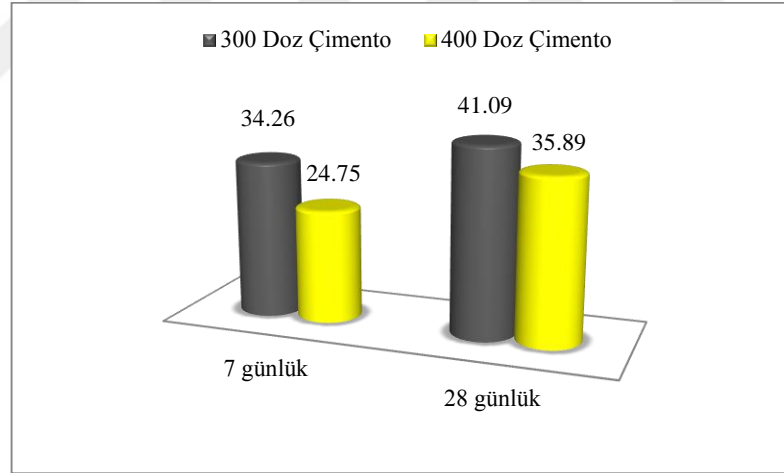
Çizelge 4.39. 400 doz çimento içerikli beton numuneleri 7 günlük dayanım değerleri

Numune Adı	DMaks (mm)	Numune	7 Günlük			
			Şantiye Koşullarında Kür		Suda Kür	
			Maks. Yük (KN)	Dayanım (Mpa)	Maks. Yük (KN)	Dayanım (Mpa)
400 D+KK1+KK2+KT1+KT2+KT3	32	1	550,000	24,444	508,490	22,600
		2	479,320	21,303	592,940	26,353
		3	522,270	23,212	569,070	25,292
		Ortalama	517,197	22,986	556,833	24,748
400 D+KK1+KK2+KT1+KT2	22,4	1	513,140	22,806	590,220	26,232
		2	565,700	25,142	514,420	22,863
		3	559,130	24,850	537,010	23,867
		Ortalama	545,990	24,266	547,217	24,321
400 D+KK1+KK2+KT1	16	1	629,320	27,970	644,390	28,640
		2	641,020	28,490	593,580	26,381
		3	561,690	24,964	600,160	26,674
		Ortalama	610,677	27,141	612,710	27,232
400 D+KK1+KK2	8	1	554,000	24,622	600,000	26,667
		2	575,160	25,563	616,980	27,421
		3	556,080	24,715	623,230	27,699
		Ortalama	561,747	24,967	613,403	27,262

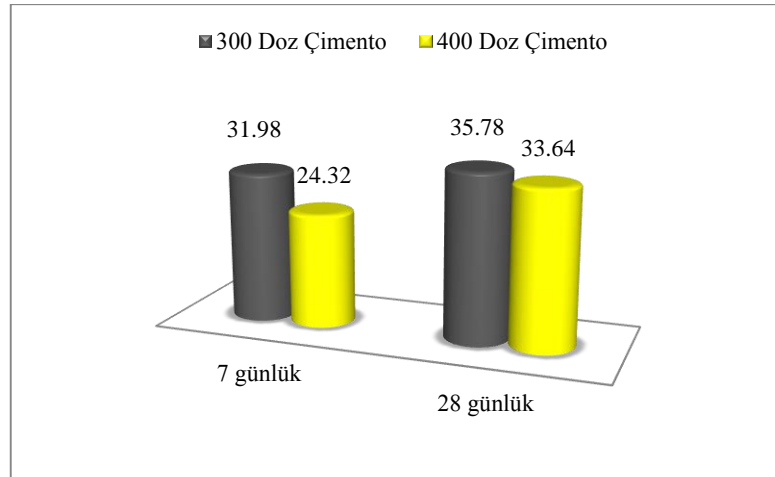
Çizelge 4.40. 400 doz çimento içerikli beton numuneleri 28 günlük dayanım değerleri

Numune Adı	DMaks (mm)	Numune	28 Günlük			
			Şantiye Koşullarında Kür		Suda Kür	
			Maks. Yük (KN)	Dayanım (Mpa)	Maks. Yük (KN)	Dayanım (Mpa)
400 D+KK1+KK2+KT1+KT2+KT3	32	1	634,130	28,184	796,950	35,420
		2	646,950	28,753	796,630	35,406
		3	776,440	34,508	829,160	36,852
		Ortalama	685,840	30,482	807,580	35,893
400 D+KK1+KK2+KT1+KT2	22,4	1	758,490	33,711	801,440	35,620
		2	698,870	31,061	778,680	34,608
		3	723,870	32,172	690,700	30,698
		Ortalama	727,077	32,315	756,940	33,642
400 D+KK1+KK2+KT1	16	1	696,620	30,961	734,640	32,651
		2	658,100	29,249	758,690	33,720
		3	691,900	30,751	730,250	32,456
		Ortalama	682,207	30,320	741,193	32,942
400 D+KK1+KK2	8	1	725,320	32,236	676,440	30,064
		2	700,640	31,140	721,950	32,087
		3	671,630	29,850	751,760	33,412
		Ortalama	699,197	31,075	716,717	31,854

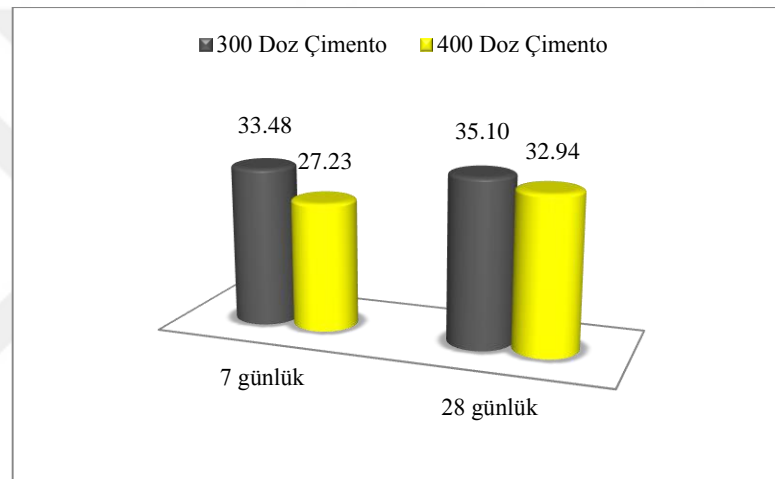
Aynı maksimum dane çapına sahip agregalarla, sabit su/çimento oranında, 300 ve 400 doz çimento içeriğinde üretilmiş olan beton numunelerin 7 ve 28 gün suda kür edilerek kazanmış oldukları basınç dayanımları $D_{maks} = 32$ mm için Şekil 4.32’de, $D_{maks} = 22,4$ mm için Şekil 4.33’de, $D_{maks} = 16$ mm için Şekil 4.34’de ve $D_{maks} = 8$ mm için Şekil 4.35’de ayrı ayrı gösterilmiştir. Şekillere bakıldığında aynı maksimum agrega dane çapında sabit su/çimento oranında üretilen beton numunelerinden 300 doz çimento içeriğinde üretilenlerin dayanım değerlerinin 400 doz çimento içeriğinde üretilenlerden daha yüksek çıktığı görülmektedir. Yalnızca 300 doz çimento içeriğinde, maksimum agrega dane çapı 8 mm olan numune grubu (300D+KK1+KK2) bu duruma uymamaktadır ve bu gruptaki numunelerin dayanımları oldukça düşük çıkmıştır. Bu durumun sebebi, beton karışımındaki düşen maksimum agrega dane çapıyla beraber artan toplam agrega yüzey alanı ve boşluk miktarı olarak yorumlanmıştır. Yani bu durumun 300D+KK1+KK2 grubu numuneleri oluşturan karışımda kullanılan mevcut su ve çimento miktarının karışımın ihtiyacı olanın çok altında olmasından kaynaklandığı sonucuna varılmıştır.



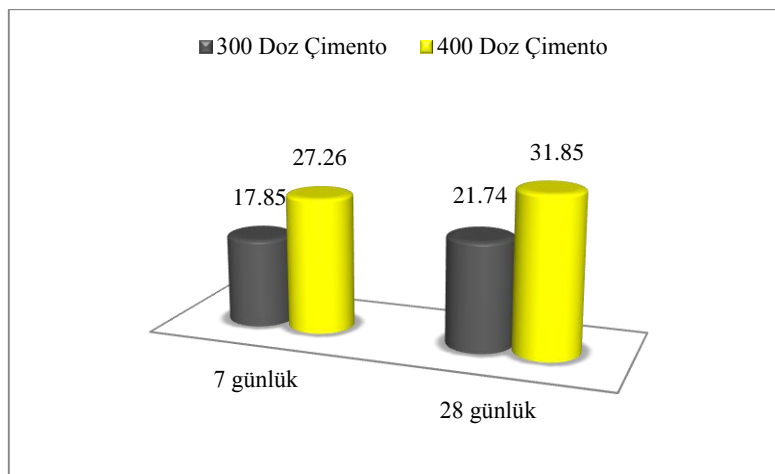
Şekil 4.32. Basınç dayanımları (D maksimum = 32 mm)



Şekil 4.33. Basınç dayanımları (D maksimum = 22,4 mm)

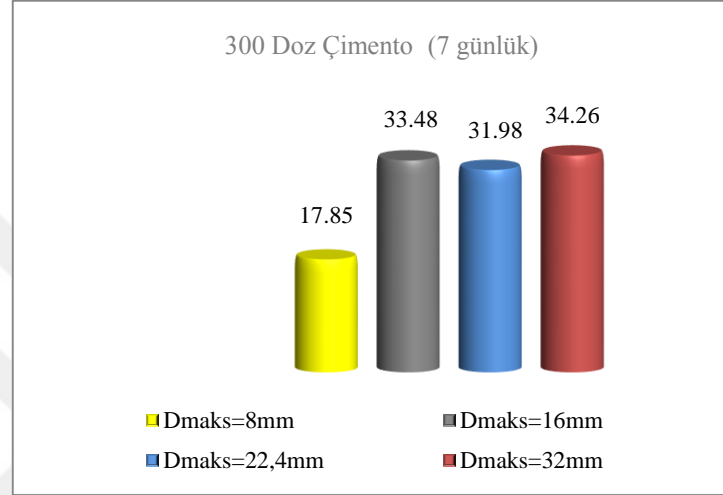


Şekil 4.34. Basınç dayanımları (D maksimum = 16 mm)

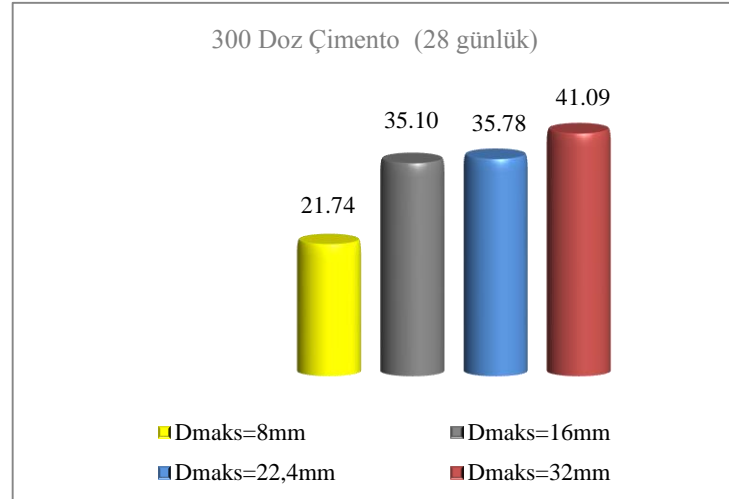


Şekil 4.35. Basınç dayanımları (D maksimum = 8 mm)

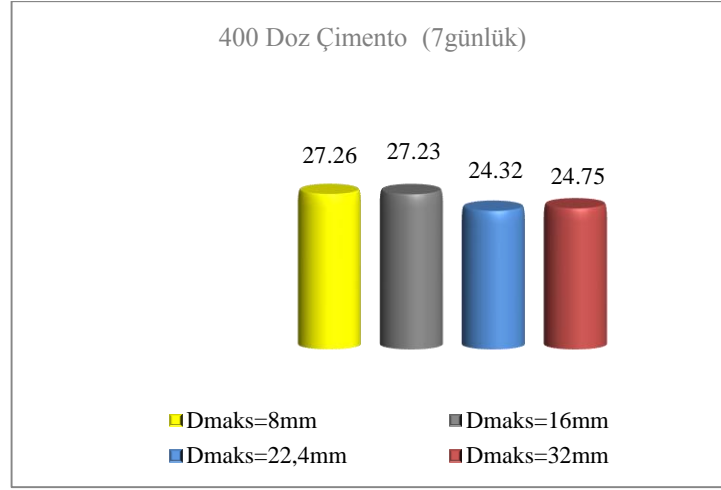
300 doz çimento içeriğinde üretilen ve suda kür edilen beton numunelerin en büyük agrega dane boyutuna göre 7 ve 28 günde kazanmış oldukları ortalama basınç dayanımları sırasıyla Şekil 4.36 ve Şekil 4.37 'de gösterilmiştir. 400 doz çimento içeriğinde üretilen ve suda kür edilen beton numunelerin en büyük agrega boyutuna göre 7 ve 28 günde kazanmış oldukları ortalama basınç dayanımları ise sırasıyla Şekil 4.38 ve Şekil 4.39'da gösterilmiştir.



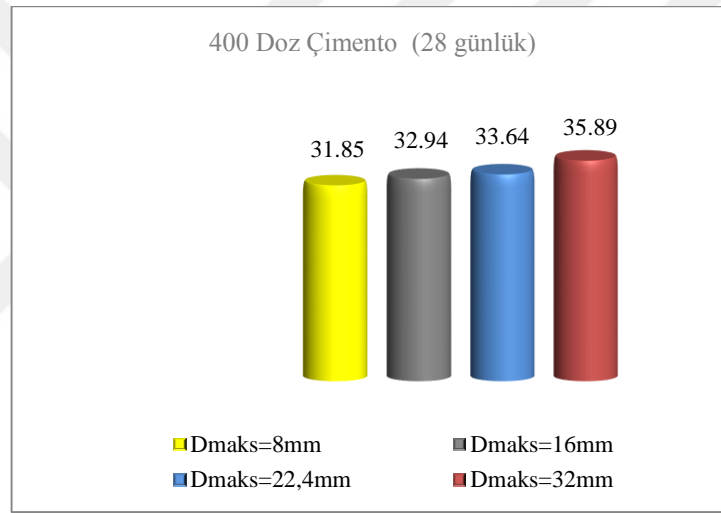
Şekil 4.36. 300 doz çimento içeriğinde üretilen numunelerin 7 günlük basınç dayanımları



Şekil 4.37. 300 doz çimento içeriğinde üretilen numunelerin 28 günlük basınç dayanımları



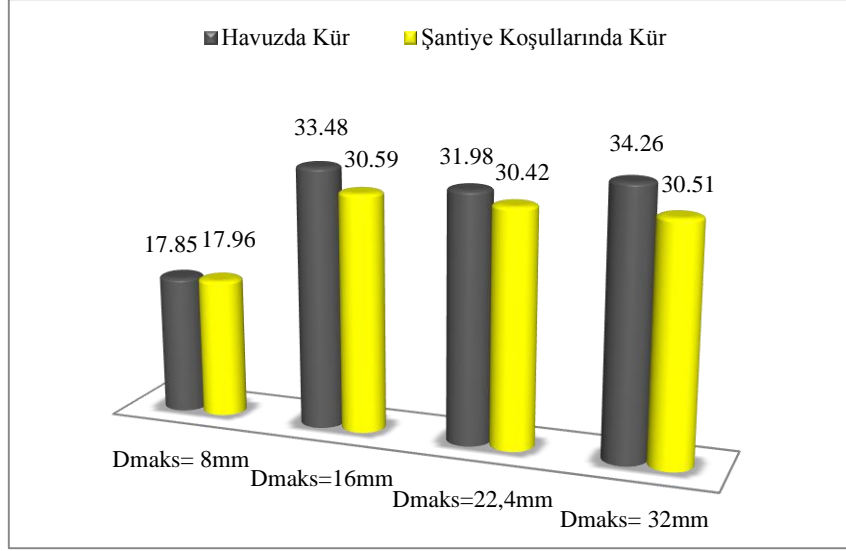
Şekil 4.38. 400 doz çimento içeriğinde üretilen numunelerin 28 günlük basınç dayanımları



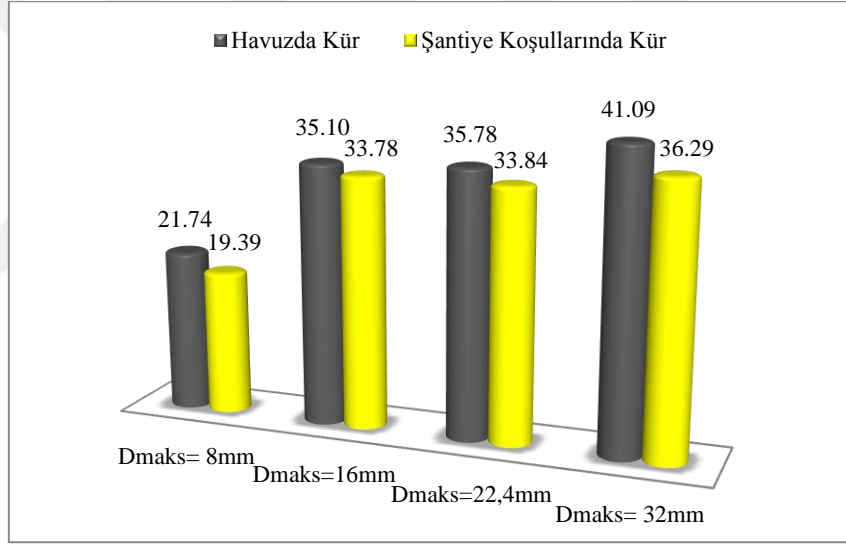
Şekil 4.39. 400 doz çimento içeriğinde üretilen numunelerin 28 günlük basınç dayanımları

Şekil 4.37 ve Şekil 4.39'a bakıldığında sabit su/çimento oranında, 300 ve 400 doz çimento içeriğinde üretilen ve suda kür edilen beton numunelerin maksimum agrega dane boyutu arttıkça 28 gün sonunda kazanmış oldukları ortalama dayanım değerlerinin de arttığı görülmektedir.

300 doz çimento içeriğinde üretilen beton numunelerin kür koşullarına göre 7 ve 28 günde kazanmış oldukları ortalama basınç dayanımları karşılaştırmalı olarak sırasıyla Şekil 4.40 ve Şekil 4.41 'de gösterilmiştir.



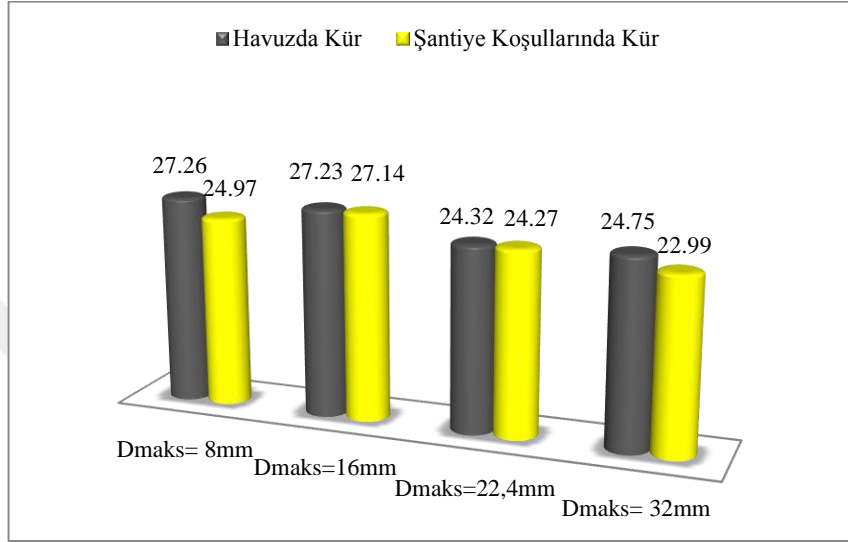
Şekil 4.40. 300 doz çimento içeriğinde üretilen numunelerin kür koşullarına göre 7 günlük basınç dayanımları



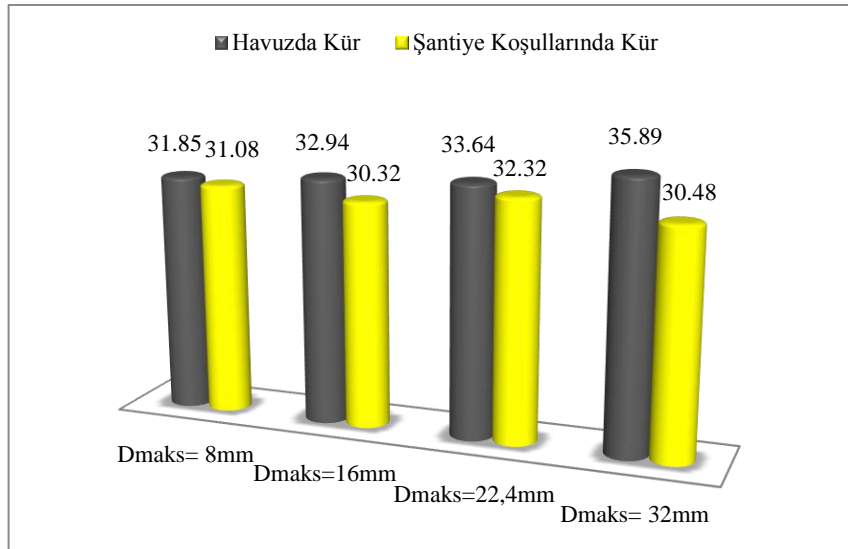
Şekil 4.41. 300 doz çimento içeriğinde üretilen numunelerin kür koşullarına göre 28 günlük basınç dayanımları

Şekil 4.41'deki verilere bakılarak kür koşullarının betonun kazanacağı basınç dayanımını nasıl etkileyeceği konusunda bilgi sahibi olmak mümkündür. Şekle bakıldığında havuzda 28 gün kür edilen beton numunelerin basınç dayanımlarının şantiye koşullarında aynı süre kür edilen beton numunelerin basınç dayanımlarından daha fazla olduğu görülmektedir. Bu durumun sebebi, sulu veya yüksek nem değerine sahip ortamlar ile uygun sıcaklık değerlerinin betonun yapısındaki çimento ile suyun yapacağı hidrasyon reaksiyonlarına olan olumlu etkisi olarak yorumlanmıştır.

400 doz çimento içeriğinde üretilen beton numunelerin kür koşullarına göre 7 ve 28 günde kazanmış oldukları ortalama basınç dayanımları karşılaştırmalı olarak sırasıyla Şekil 4.42 ve Şekil 4.43'de gösterilmiştir. Şekillere bakıldığında yine aynı şekilde 28 gün havuzda laboratuvar koşullarında kür edilen beton numunelerin basınç dayanımlarının 28 gün şantiye koşullarında kür edilen beton numunelerin basınç dayanımlarından yüksek çıktığı görülmektedir.

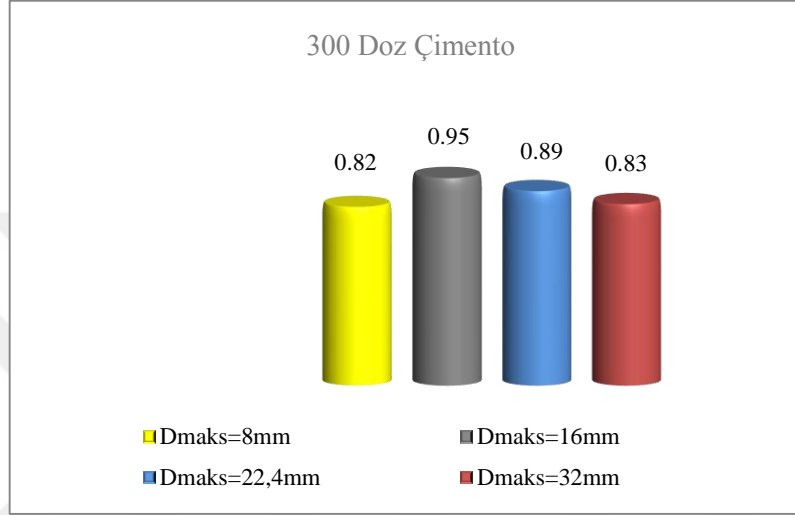


Şekil 4.42. 400 doz çimento içeriğinde üretilen numunelerin kür koşullarına göre 7 günlük basınç dayanımları



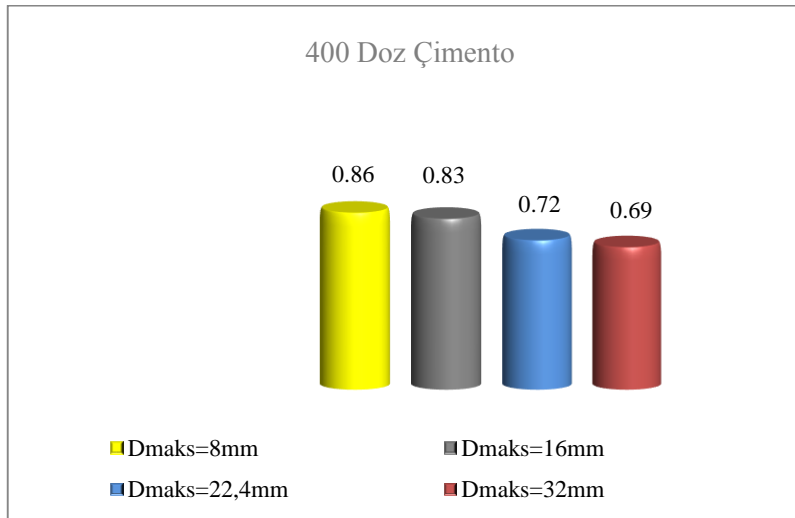
Şekil 4.43. 400 doz çimento içeriğinde üretilen numunelerin kür koşullarına göre 28 günlük basınç dayanımları

Üretilen betonların karışım içeriklerine göre ilk 7 günde kazanmış oldukları dayanım değerlerinin 28 gün sonunda kazanmış oldukları dayanım değerlerine oranlarının farklılık gösterdiği, yani numunelerin ilk 7 gün sonunda dayanım kazanma hızlarının değişkenlik gösterdiği belirlenmiştir. 300 doz çimento içeriğinde üretilen ve suda kür edilen numune gruplarının 7 günlük basınç dayanım değerlerinin 28 günlük basınç dayanım değerlerine olan oranları Şekil 4.44’de gösterilmiştir.



Şekil 4.44. 300 doz çimento içeriğinde üretilen numunelerin 7/28 günlük dayanım oranları

400 doz çimento içeriğinde üretilen ve suda kür edilen numune gruplarının 7 günlük basınç dayanımlarının 28 günlük basınç dayanımlarına olan oranları Şekil 4.45’de gösterilmiştir.



Şekil 4.45. 400 doz çimento içeriğinde üretilen numunelerin 7/28 günlük dayanım oranları

4.2.3.5.1. Donma çözülme deneyi sonuçları

Donma çözülme deneyi uygulanan numune gruplarının dayanım değerlerine bakıldığında aynı grupta olup da donma çözülme deneyi uygulanmayan numunelere göre dayanım değerlerinde fazla bir değişikliğin olmadığı, dayanımların yakın değerler aldığı belirlenmiştir. 300 doz çimento içeriğinde üretilen beton numunelerinden maksimum agrega dane çapı 16 mm, 22,4 mm ve 32 mm olan numune gruplarında donma çözülme deneyi sonrası ortalama dayanımda düşme olduğu görülmüştür. 400 doz çimento içeriğinde üretilen beton numunelerinde ise yalnızca maksimum agrega dane çapı 16 mm ve 32 mm olan numune gruplarında donma çözülme deneyi sonrası ortalama dayanımda düşme olduğu görülmüştür. Çizelge 4.41’de 300 doz çimento içerikli Çizelge 4.42’de ise 400 doz çimento içerikli numuneler için donma çözülme deneyi uygulanan ve uygulanmayan numune gruplarının standart basınç deneyi sonrası elde edilen basınç dayanımları verilmiştir.

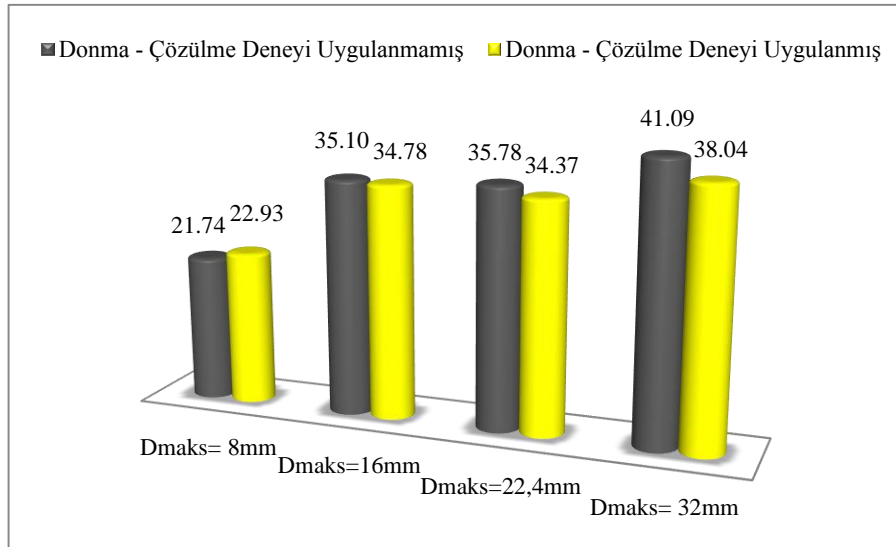
Çizelge 4.41. Donma-çözülme deneyi uygulanan ve uygulanmayan 300 doz çimento içerikli numune dayanımları

Numune Grubu Adı	D Maks (mm)	Numune	Donma - Çözülme Deneyi Uygulanmamış Numune Dayanımları (Mpa)		Donma - Çözülme Deneyi Uygulanmış Numune Dayanımları (Mpa)	
			Maks. Yük (KN)	Dayanım (Mpa)	Maks. Yük (KN)	Dayanım (Mpa)
300 D+KK1+KK2+KT1+KT2+KT3	32	1	858,010	38,134	849,670	37,763
		2	959,930	42,664	850,000	37,778
		3	955,600	42,471	868,260	38,589
		Ortalama	924,513	41,090	855,977	38,043
300 D+KK1+KK2+KT1+KT2	22,4	1	793,260	35,256	780,280	34,679
		2	.....	.....	814,740	36,211
		3	816,820	36,303	725,000	32,222
		Ortalama	536,693	35,780	773,340	34,371
300 D+KK1+KK2+KT1	16	1	810,730	36,032	779,640	34,651
		2	802,080	35,648	752,080	33,426
		3	756,080	33,604	816,020	36,268
		Ortalama	789,630	35,095	782,580	34,782
300 D+KK1+KK2	8	1	479,800	21,324	485,410	21,574
		2	514,900	22,884	527,610	23,454
		3	472,590	21,004	534,610	23,760
		Ortalama	489,097	21,737	515,877	22,929

Çizelge 4.42. Donma-çözülme deneyi uygulanan ve uygulanmayan 300 doz çimento içerikli numune dayanımları

Numune Grubu Adı	D Maks (mm)	Numune	Donma - Çözülme Deneyi Uygulanmamış Numune Dayanımları (Mpa)		Donma - Çözülme Deneyi Uygulanmış Numune Dayanımları (Mpa)	
			Maks. Yük (KN)	Dayanım (Mpa)	Maks. Yük (KN)	Dayanım (Mpa)
400 D+KK1+KK2+KT1+KT2+KT3	32	1	796,950	35,420	776,600	34,516
		2	796,630	35,406	799,350	35,527
		3	829,160	36,852	833,650	37,051
		Ortalama	807,580	35,893	803,200	35,698
400 D+KK1+KK2+KT1+KT2	22,4	1	801,440	35,620	825,640	36,695
		2	778,680	34,608	710,250	31,567
		3	690,700	30,698	778,360	34,594
		Ortalama	756,940	33,642	771,417	34,285
400 D+KK1+KK2+KT1	16	1	734,640	32,651	822,910	33,155
		2	758,690	33,720	754,640	30,797
		3	730,250	32,456	804,320	33,554
		Ortalama	741,193	32,942	793,957	32,502
400 D+KK1+KK2	8	1	676,440	30,064	757,530	33,668
		2	721,950	32,087	738,780	32,835
		3	751,760	33,412	781,410	34,729
		Ortalama	716,717	31,854	759,240	33,744

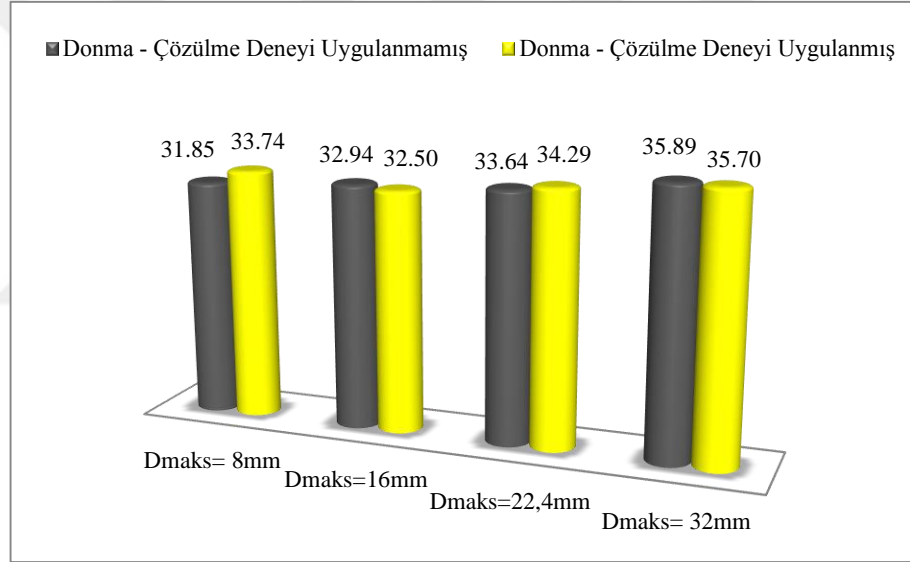
Şekil 4.46'da donma-çözülme deneyi uygulanan ve uygulanmayan 300 doz çimento içerikli numune dayanımları karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.46. Donma-çözülme deneyi uygulanan ve uygulanmayan 300 doz çimento içerikli numune dayanımları

Şekil 4.46'ya bakıldığında donma-çözülme deneyi sonrasında numune gruplarında ciddi bir dayanım düşmesinin olmadığı, en fazla dayanım kaybının maksimum agrega tane çapı 32 mm olacak şekilde üretilmiş olan numune grubunda %7'lik bir oranla gerçekleştiği görülmektedir. Bundan sonraki en fazla dayanım kaybının ise yaklaşık %4'lük bir oranla maksimum agrega dane çapı 22,4 mm olan numune grubunda meydana gelmiştir. Donma-çözülme deneyi sonrası maksimum agrega tane çapı 16 mm olan numune grubunun dayanımında da az da olsa düşme olmuş, son numune grubunun dayanımında ise herhangi bir düşme meydana gelmemiştir.

Şekil 4.47'de ise donma-çözülme deneyi uygulanan ve uygulanmayan 400 doz çimento içerikli numune dayanımları karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.47. Donma-çözülme deneyi uygulanan ve uygulanmayan 400 doz çimento içerikli numune dayanımları

Şekil 4.47'ye bakıldığında donma-çözülme deneyi sonrası numune gruplarının dayanımlarında anlamlı bir değişikliğin olmadığı yani 400 doz çimento içeriğinde üretilen bu numune gruplarının dayanımlarının donma-çözülme deneyinden neredeyse hiç etkilenmedikleri görülmektedir.

4.2.3.5.2. Karot deneyi sonuçları

Alınan karot numunelerin standart basınç deneyi sonrası elde edilen dayanım değerleri 300 doz çimento içeriğindeki $D_{maks} = 32$ mm olan numuneler için Çizelge 4.43'de, $D_{maks} = 22,4$ mm olan numuneler için Çizelge 4.44'de, $D_{maks} = 16$ mm olan numuneler için Çizelge 4.45'de ve $D_{maks} = 8$ mm olan numuneler için Çizelge 4.46'da verilmiştir.

Çizelge 4.43. 300 doz çimento içerikli karot numuneleri basınç dayanımları ($D_{maks} = 32$ mm)

300D+KK1+KK2+KT1+KT2+KT3 Numunesi için Deney Sonuçları ($D_{maks} = 32$ mm)				
Karot Çapı (mm)	Karot Numunesi Kesit Alanı (mm ²)	Maksimum Yük (KN)	Dayanım (MPa)	Ortalama Dayanım (MPa)
100	9503,32	236,100	30,076	34,348
		258,700	32,955	
		314,100	40,013	
150	17671,46	497,600	28,177	30,751
		560,100	31,716	
		571,500	32,361	
Genel Ortalama Dayanım				32,550

Çizelge 4.44. 300 doz çimento içerikli karot numuneleri basınç dayanımları ($D_{maks} = 22,4$ mm)

300D+KK1+KK2+KT1+KT2 Numunesi için Deney Sonuçları ($D_{maks} = 22,4$ mm)				
Karot Çapı (mm)	Karot Numunesi Kesit Alanı (mm ²)	Maksimum Yük (KN)	Dayanım (MPa)	Ortalama Dayanım (MPa)
70	3848,45	132,400	34,390	31,100
		111,300	28,909	
		115,500	30,000	
100	9503,32	243,200	30,981	32,098
		262,700	33,465	
		250,000	31,847	
150	17671,46	477,200	27,022	18,288
		249,600	14,134	
		242,100	13,709	
Genel Ortalama Dayanım				27,162

Çizelge 4.45. 300 doz çimento içerikli karot numuneleri basınç dayanımları ($D_{maks} = 16$ mm)

300D+KK1+KK2+KT1 Numunesi için Deney Sonuçları ($D_{maks} = 16$ mm)				
Karot Çapı (mm)	Karot Numunesi Kesit Alanı (mm ²)	Maksimum Yük (KN)	Dayanım (MPa)	Ortalama Dayanım (MPa)
70	3848,45	58,200	15,117	17,117
		51,300	13,325	
		88,200	22,909	
100	9503,32	103,000	13,121	14,051
		104,000	13,248	
		123,900	15,783	
150	17671,46	273,100	15,464	17,318
		348,700	19,745	
		295,700	16,744	
Genel Ortalama Dayanım				16,162

Çizelge 4.46. 300 doz çimento içerikli karot numuneleri basınç dayanımları ($D_{maks} = 8$ mm)

300D+KK1+KK2 Numunesi için Deney Sonuçları ($D_{maks} = 8$ mm)				
Karot Çapı (mm)	Karot Numunesi Kesit Alanı (mm ²)	Maksimum Yük (KN)	Dayanım (MPa)	Ortalama Dayanım (MPa)
70	3848,45	38,300	9,948	12,701
		49,700	12,909	
		58,700	15,247	
100	9503,32	89,200	11,363	10,811
		74,800	9,529	
		90,600	11,541	
150	17671,46	186,400	10,555	11,431
		157,200	8,901	
		262,000	14,836	
Genel Ortalama Dayanım				11,648

Alınan karot numunelerin standart basınç deneyi sonrası elde edilen dayanım değerleri 400 doz çimento içeriğindeki $D_{maks} = 32$ mm olan numuneler için Çizelge 4.47’de, $D_{maks} = 22,4$ mm olan numuneler için Çizelge 4.48’de, $D_{maks} = 16$ mm olan numuneler için Çizelge 4.49’da ve $D_{maks} = 8$ mm olan numuneler için Çizelge 4.50’de verilmiştir.

Çizelge 4.47. 400 doz çimento içerikli karot numuneleri basınç dayanımları (D maksimum = 32 mm)

400D+KK1+KK2+KT1+KT2+KT3 Numunesi için				
Deney Sonuçları (D_{maks} = 32 mm)				
Karot Çapı (mm)	Karot Numunesi Kesit Alanı (mm²)	Maksimum Yük (KN)	Dayanım (MPa)	Ortalama Dayanım (MPa)
100	9503,32	224,800	28,637	28,548
		220,800	28,127	
		226,700	28,879	
150	17671,46	544,500	30,832	28,950
		543,200	30,759	
		446,100	25,260	
Genel Ortalama Dayanım				28,749

Çizelge 4.48. 400 doz çimento içerikli karot numuneleri basınç dayanımları (D maksimum = 22,4 mm)

400D+KK1+KK2+KT1+KT2 Numunesi için				
Deney Sonuçları (D_{maks} = 22,4 mm)				
Karot Çapı (mm)	Karot Numunesi Kesit Alanı (mm²)	Maksimum Yük (KN)	Dayanım (MPa)	Ortalama Dayanım (MPa)
70	3848,45	74,800	19,429	23,654
		98,500	25,584	
		99,900	25,948	
100	9503,32	229,800	29,274	28,985
		238,800	30,420	
		214,000	27,261	
150	17671,46	486,700	27,559	27,506
		478,500	27,095	
		492,100	27,865	
Genel Ortalama Dayanım				26,715

Çizelge 4.49. 400 doz çimento içerikli karot numuneleri basınç dayanımları ($D_{maks} = 16\text{mm}$)

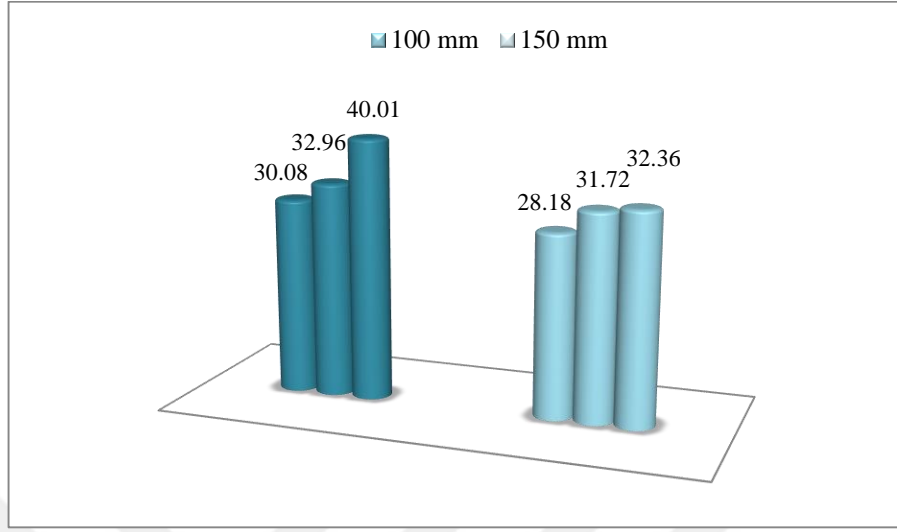
400D+KK1+KK2+KT1 Numunesi için Deney Sonuçları ($D_{maks} = 16\text{ mm}$)				
Karot Çapı (mm)	Karot Numunesi Kesit Alanı (mm²)	Maksimum Yük (KN)	Dayanım (MPa)	Ortalama Dayanım (MPa)
70	3848,45	87,700	22,779	22,511
		100,700	26,156	
		71,600	18,597	
100	9503,32	209,800	26,726	29,490
		246,700	31,427	
		238,000	30,318	
150	17671,46	521,600	29,536	29,824
		537,100	30,413	
		521,400	29,524	
Genel Ortalama Dayanım				27,275

Çizelge 4.50. 400 doz çimento içerikli karot numuneleri basınç dayanımları ($D_{maks} = 8\text{ mm}$)

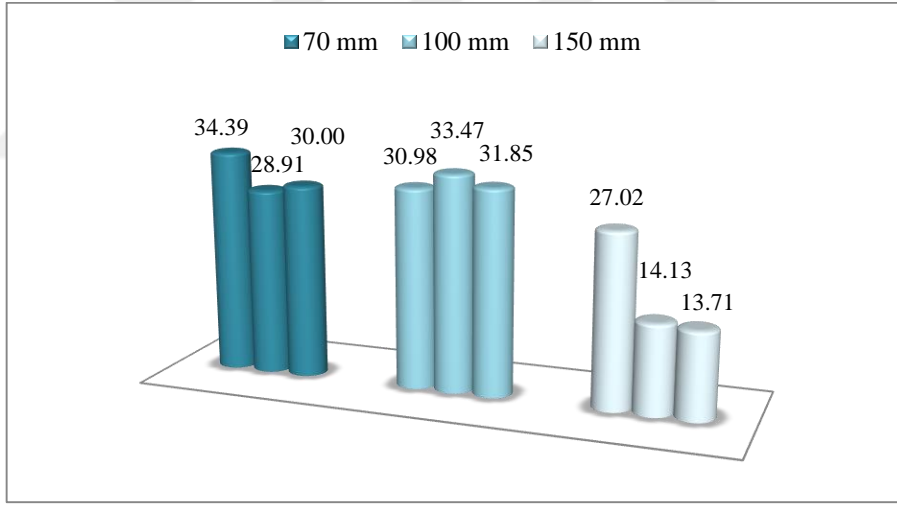
400D+KK1+KK2 Numunesi için Deney Sonuçları ($D_{maks} = 8\text{ mm}$)				
Karot Çapı (mm)	Karot Numunesi Kesit Alanı (mm²)	Maksimum Yük (KN)	Dayanım (MPa)	Ortalama Dayanım (MPa)
70	3848,45	101,300	26,312	28,520
		107,100	27,818	
		121,000	31,429	
100	9503,32	287,800	36,662	34,259
		249,700	31,809	
		269,300	34,306	
150	17671,46	557,700	31,580	30,261
		506,700	28,692	
		538,800	30,510	
Genel Ortalama Dayanım				31,013

Basınç deneyi sonrası elde edilen karot dayanımlarına bakıldığında alınan karot çapının beton dayanımını ne yönde değiştirdiğiyle ilgili net bir bilgi elde edilememiştir. Yani elde edilen deney sonuçlarına göre karot çapının beton dayanımına etkisiyle ilgili bir yorum yapmak zordur. Farklı çaplarda alınan karot numuneleri basınç dayanım değerleri; 300 doz çimento içeriğindeki $D_{maks} = 32\text{ mm}$ olan numuneler için Şekil 4.48'de, $D_{maks} = 22,4\text{ mm}$ olan numuneler için Şekil 4.49'da, $D_{maks} = 16\text{ mm}$ olan

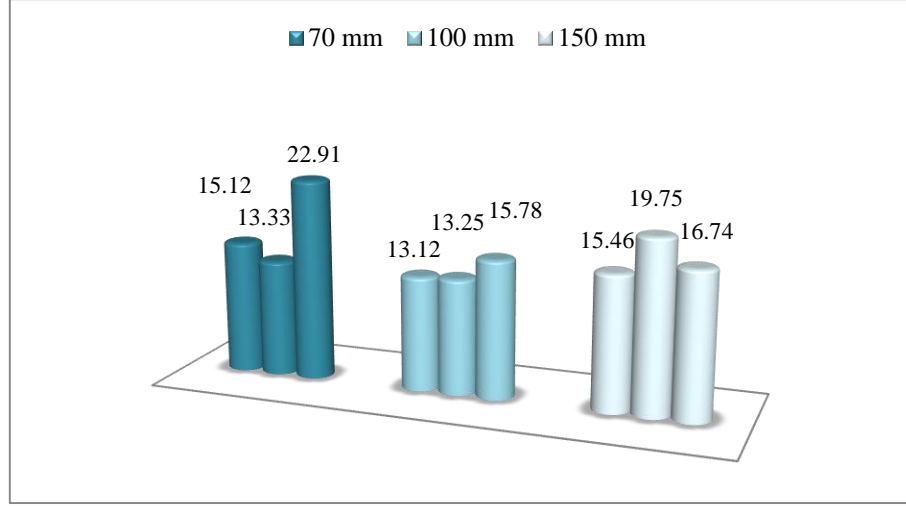
numuneler için Şekil 4.50’de ve $D_{maks}= 8$ mm olan numuneler için Şekil 4.51’de karşılaştırmalı olarak verilmiştir.



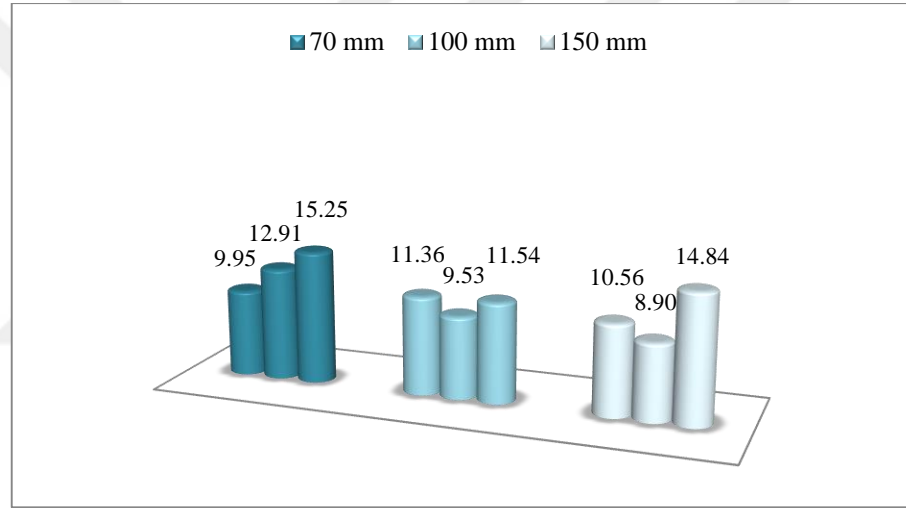
Şekil 4.48. Karot numuneleri basınç dayanımları (300 doz çimento, $D_{maks} = 32$ mm)



Şekil 4.49. Karot numuneleri basınç dayanımları (300 doz çimento, $D_{maks} = 22,4$ mm)

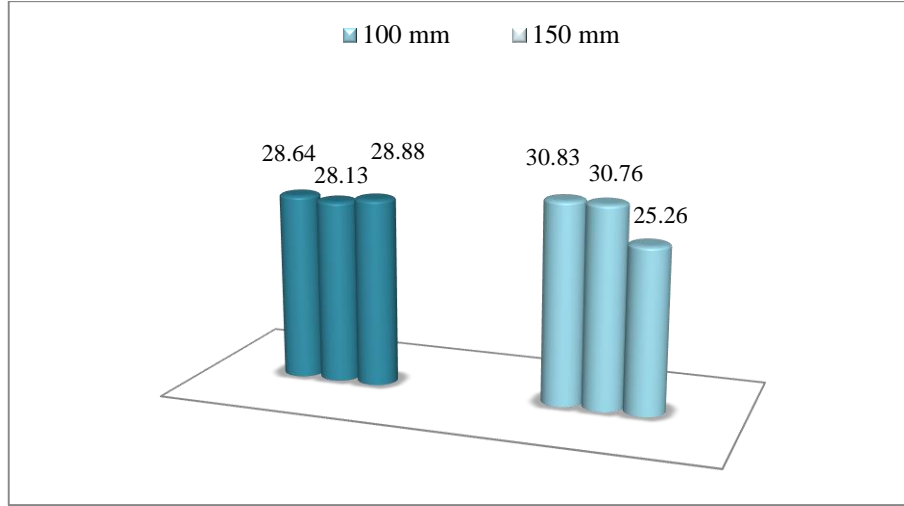


Şekil 4.50. Karot numuneleri basınç dayanımları (300 doz çimento, $D_{maks} = 16$ mm)

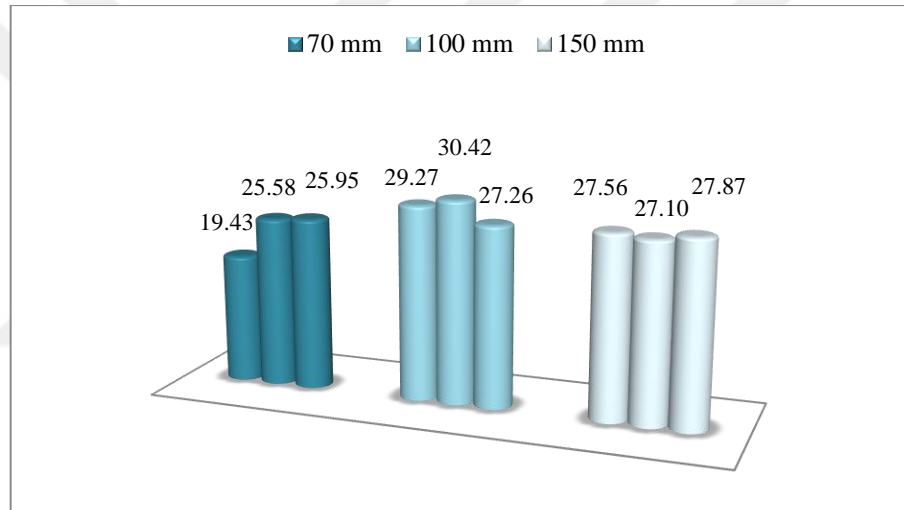


Şekil 4.51. Karot numuneleri basınç dayanımları (300 doz çimento, $D_{maks} = 8$ mm)

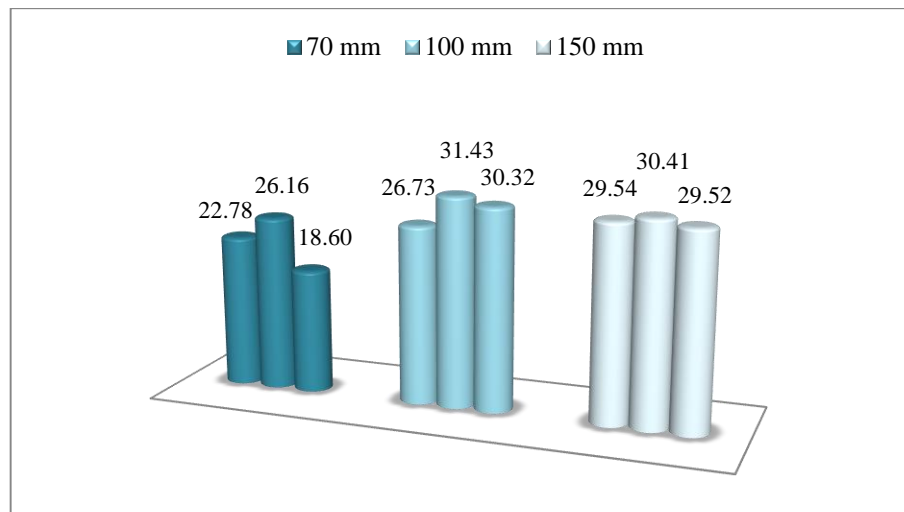
Farklı çaplarda alınan karot numuneleri basınç dayanım değerleri; 400 doz çimento içeriğindeki $D_{maks} = 32$ mm olan numuneler için Şekil 4.52’de, $D_{maks} = 22,4$ mm olan numuneler için Şekil 4.53’de, $D_{maks} = 16$ mm olan numuneler için Şekil 4.54’de ve $D_{maks} = 8$ mm olan numuneler için Şekil 4.55’de karşılaştırmalı olarak verilmiştir.



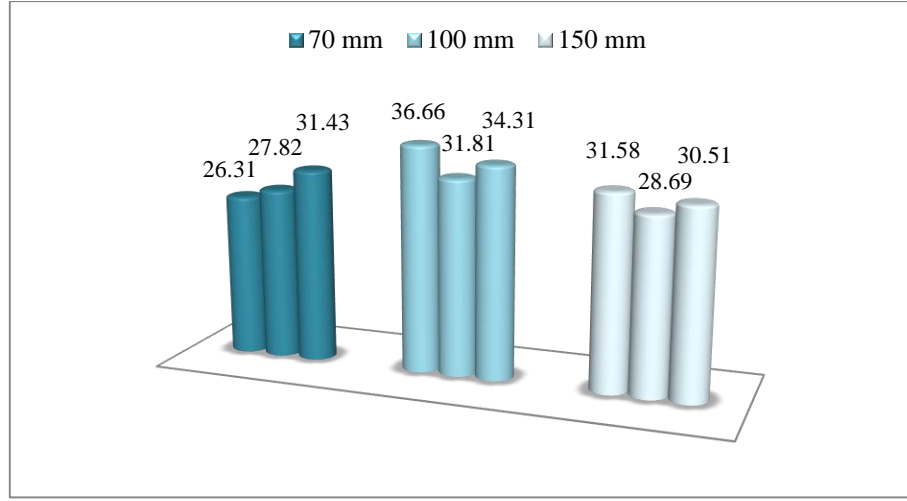
Şekil 4.52. Karot numuneleri basınç dayanımları (400 doz çimento, $D_{maks} = 32$ mm)



Şekil 4.53. Karot numuneleri basınç dayanımları (400 doz çimento, $D_{maks} = 22,4$ mm)



Şekil 4.54. Karot numuneleri basınç dayanımları (400 doz çimento, $D_{maks} = 16$ mm)



Şekil 4.55. Karot numuneleri basınç dayanımları (400 doz çimento, $D_{maks} = 8$ mm)



5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışma kapsamında farklı içeriklerde beton karışımları yapılmıştır. Bu tasarımlara göre beton üretimleri gerçekleştirilmiş, üretilen bu betonlarla çökme (slump) deneyi, birim ağırlık deneyi gibi taze beton deneyleri ve donma çözülme deneyi, karot alma deneyi, standart basınç deneyi gibi sertleşmiş beton deneyleri yapılmıştır. Yapılan deneysel çalışmalarla bazı beton özellikleri araştırılmış ve sonuçlar elde edilmeye çalışılmıştır. Yapılan çalışmalardan çıkarılan sonuçları maddeler halinde şöyle sıralayabiliriz:

1. C20/25 ve C40/50 beton sınıfları için üretilen betonlarda kullanılan maksimum agrega dane boyutu arttıkça taze beton birim ağırlık değerlerinin arttığı görülmüştür. Ayrıca, aynı maksimum agrega dane çapında C20/25 beton sınıfı için üretilen numunelerin birim ağırlık değerleri C40/50 beton sınıfı için üretilen numunelerden daha düşük çıkmıştır.

2. Karışımlarda kullanılan agregaların maksimum dane boyutları arttıkça özgül ağırlıklarının arttığı görülmüştür. Sabit su/çimento oranında 300 ve 400 doz çimento içeriğinde üretilen beton karışımlarında kullanılan agregaların özgül ağırlıklarının artmasıyla üretilen betonların birim hacim ağırlıklarının da arttığı tespit edilmiştir. Sonuç olarak, maksimum agrega dane boyutu ile betonun birim hacim ağırlığı arasında doğru orantı olduğunu söylemek mümkündür.

3. Çalışmanın ikinci bölümünde sabit su/çimento oranında, aynı maksimum çapta agrega karışımları kullanılarak üretilen betonlarda kullanılan çimento dozajı arttıkça taze ve sertleşmiş beton birim hacim ağırlıklarının düştüğü belirlenmiştir.

4. Sabit su/çimento oranında 300 ve 400 doz çimento içeriğinde üretilen taze betonların birim hacim ağırlıkları arttıkça beton basınç dayanımlarının da arttığı tespit edilmiştir. Ayrıca, 28 gün suda kür edilen sertleşmiş beton numunelerin birim hacim ağırlıkları ve dayanımlarının doğru orantılı olarak değiştiği görülmüştür.

5. Maksimum agrega dane boyutu değişmeksizin, sabit su/çimento oranında üretilen küp numunelerde kullanılan çimento dozajı azaldıkça beton dayanımının arttığı belirlenmiştir. Bu durum sabit su/çimento oranında artan çimento dozajıyla beraber artan su miktarının dayanımı düşürmedeki etkisi olarak yorumlanmıştır. Yani çalışmanın bu kısmında suyun dayanımı azaltıcı etkisinin az da olsa çimentonun dayanımı artırıcı etkisinin önüne geçtiği söylenebilir. Bu duruma yalnızca 300 doz

çimento içeriğinde, maksimum agrega dane çapı 8 mm olan 4 numaralı numune grubunun uymadığı görülmüştür.

6. Aynı maksimum agrega dane çapında C20/25 ve C40/50 beton sınıfları için üretilen numunelerden C20/25 beton sınıfı için üretilen numunelerin çökme değerlerinin daha fazla olduğu görülmüştür.

7. Sabit su/çimento oranında 300 ve 400 doz çimento içeriğinde üretilen betonlar için; maksimum agrega dane boyutundan bağımsız olarak karışımda kullanılan su miktarı arttıkça taze betonun kıvam değeri artmaktadır. Slump deneyleri sonucunda; sabit su/çimento oranında 400 doz çimento içeriğine sahip beton karışımlarının çökme değerlerinin 300 doz çimento içeriğine sahip olan karışımlardan daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

8. Çimento dozajından bağımsız olarak sabit su/çimento oranında 300 ve 400 doz çimento içeriğinde üretilen karışımlarda maksimum agrega dane boyutu arttıkça kıvam değerinin de arttığı tespit edilmiştir. Bu durum maksimum agrega dane boyutunun artmasıyla azalan toplam yüzey alanının ve boşluk miktarının ihtiyaç duyulan su miktarını azaltması ve bu durumun kıvamı artırması şeklinde yorumlanmıştır.

9. Bu çalışmada görülmüştür ki, su/çimento oranı arttıkça maksimum dane boyutuna bağlı olmaksızın numunelerin basınç dayanımları düşmektedir. Su/ çimento oranı ve dayanım arasında ters orantı mevcuttur.

10. Kür koşullarının betonun kazanacağı basınç dayanımına etkisinin olduğu, 7 ve 28 gün boyunca havuzda kür edilen numunelerin ortalama basınç dayanımlarının şantiye koşullarında kür edilen numunelere göre daha yüksek çıktığı tespit edilmiştir.

11. Bu çalışmada sabit su/çimento oranında beton karışımında kullanılan çimento dozajı, su miktarı ve agrega dane boyutunun numunelerin dayanım kazanma hızı üzerinde etkisinin olduğu anlaşılmıştır. Sabit su/çimento oranında 300 doz çimento ile üretilen ve suda kür edilen numunelerin dayanım kazanma hızlarının 400 doz çimento kullanılarak üretilen numunelere göre daha fazla olduğu görülmüştür. Ayrıca, 400 doz çimento ile üretilen ve suda kür edilen numunelerde kullanılan maksimum agrega dane boyutu küçüldükçe numunelerin dayanım kazanma hızının arttığı belirlenmiştir. 300 doz çimento ile üretilen numunelerde de bu durumun maksimum agrega dane çapı 8 mm olan 4 numaralı numune grubu haricinde geçerli olduğu görülmüştür.

12. Aynı beton sınıfı için farklı maksimum çapta agregalarla üretilen beton numunelerinde sabit su/çimento oranına karşılık kullanılan agrega miktarları değişmiştir. Maksimum dane boyutu daha büyük agregalarla oluşturulan taze betonda

daha fazla oranda agregaya kullanılmıştır ve bu betonların işlenebilirliklerinin daha düşük olduğu görülmüştür.

13. Maksimum agregaya tane çapı büyüdükçe birim hacmi dolduran agregaya tane sayısı azalmakta bu da agregaya yığınının boşluk oranının küçülmesi anlamına gelmektedir. Betona katılacak çimento miktarı agregaya boşluğuyla doğrudan ilgilidir. Agregalar arasındaki boşluk azaldıkça yani kompasitenin artması sağlandıkça gerekli olan minimum çimento dozajı da azalacaktır. Minimum dozaj olarak bir miktar verilmesinin sebebi agreganın tüm boşluklarında çimentonun bulunabilmesini sağlamaktır. Agregaya göre çok daha maliyetli olan çimentonun iyi bir agregaya gradasyonuyla yani düşük porozite yüksek kompasitenin sağlanmasıyla daha az kullanılabilmesi bunun da ekonomik açıdan bir kazanç sağlayacağı söylenebilir.

14. C20/25 ve C40/50 beton sınıfları için üretilen betonlarda kullanılan maksimum agregaya dane boyutu arttıkça beton maliyetinin düştüğü belirlenmiştir. İki farklı beton sınıfında üretilen betonlardan C40/50 beton sınıfı için maksimum agregaya tane boyutu 8 mm olarak üretilen betonun en yüksek maliyetli beton olduğu, C20/25 beton sınıfı için maksimum agregaya tane boyutu 32 mm olarak üretilen betonun ise en düşük maliyetli beton olduğu tespit edilmiştir.

15. Aynı beton sınıfına sahip numuneler üretilirken kullanılan maksimum agregaya dane çapı arttıkça karışımda kullanılan çimento ve su miktarları azalmıştır. Bir başka ifadeyle karışımda düşen maksimum agregaya dane çapına karşılık ihtiyaç duyulan su ve çimento miktarı artmıştır. Özellikle beton karışımlarında maksimum tane çapı daha küçük olan agregaların kullanıldığı durumlarda toplam agregaya yüzey alanının daha büyük olması ihtiyaç duyulan su miktarını artırmıştır.

16. Üretilen numunelerde kullanılan maksimum agregaya dane boyutu küçüldükçe toplam agregaya yüzey alanı ve boşluk miktarı arttığından dolayı ihtiyaç duyulan su ve çimento miktarının arttığı ve bazı karışımlar için bu malzemelerin belli minimum miktarlarının sağlanması gerektiği anlaşılmıştır. 300 doz çimento ile üretilen numune grupları içerisinde maksimum agregaya dane boyutu 8mm olacak şekilde üretilen beton karışımında ihtiyaç duyulan su ve çimento miktarının en fazla olduğu tespit edilmiştir. Bu grupta (4 numaralı grup) üretilen numunelerin birim hacim ağırlıkları ve basınç dayanımları diğer gruplarda üretilen numunelere göre çok daha düşük çıkmıştır. Ayrıca, bu numunelerin çok daha boşluklu bir yapıya sahip oldukları görülmüştür. Bu durumun 4 numaralı numune grubunu oluşturan karışımda kullanılan mevcut su ve çimento

miktarının karışımın ihtiyacı olanın çok altında olmasından kaynaklandığı sonucuna varılmıştır.

17. 8 farklı grupta üretilerek donma-çözülme deneyi uygulanan ve uygulanmayan numune gruplarının dayanım değerlerine bakıldığında dayanım değerlerinin hemen hemen aynı olduğu yani üretilen beton numunelerinin basınç dayanımlarının donma çözülme deneyinden fazla etkilenmedikleri görülmüştür. 5 numune grubunun dayanım değerlerinde az da olsa düşme olmuş diğer 3 grubun numune dayanımlarında ise düşme olmamıştır. Donma-çözülme deneyi sonrası en fazla dayanım kaybı 1 numaralı numune grubunda yani 300 doz çimento içeriğinde maksimum agrega tane çapı 32 mm olacak şekilde üretilmiş olan numune grubunda yaklaşık %7'lik oranla olmuştur. Bunu yaklaşık %4'lük dayanım kaybıyla 2 numaralı numune grubu takip etmiştir. 3, 5 ve 7 numaralı numune gruplarında da dayanımlarda çok az düşmeler olmuş, bunların dışında kalan 3 farklı numune grubunda herhangi bir dayanım kaybı görülmemiştir.

18. Aynı beton karışım içeriğinde üretilen küp numuneler ile beton bloklardan alınan karot numunelerin basınç dayanım değerleri karşılaştırıldığında, küp numunelerin ortalama basınç dayanım değerlerinin karot numuneleri ortalama basınç dayanım değerlerinden daha yüksek çıktığı görülmüştür.

19. Yapılan karot deneyleri sonrasında karot dayanımlarında alınan karot çapına göre standart bir değişim durumu tespit edilememiştir. Farklı içeriklerde üretilen beton numune gruplarının bazılarında 70 mm karot çaplı numunelerin dayanım değerleri en yüksek çıkarken bazılarında ise 100 mm veya 150 mm karot çaplı numune dayanımlarının yüksek çıktığı görülmüştür. Beton karot dayanımının karot çapının etkisiyle değişimi hakkında daha doğru bilgi edinilebilmesi için her gruptan her karot çapında 3 adet olacak şekilde alınan karot sayısının artırılması yani bu araştırmanın daha fazla sayıda karot numunesi alınarak yapılması uygun bir yöntem olabilir.

Çalışmanın ilk kısmında ürettiğimiz numunelerle ilgili olarak elde ettiğimiz sonuçlara göre C20/25 ve C40/50 beton sınıflarında üretim için oluşturulan numunelerin dayanımlarında az da olsa bazı sapmalar görülmüştür. Bu sapmalara neden olabilecek olası faktörleri aşağıdaki gibi sıralayabiliriz:

- Betonun hazırlandığı, döküldüğü ve kür edildiği ortamdaki sıcaklık ve nem miktarına bağlı olarak çevresel faktörler
- Numunelerin elde edilmesinde kullanılan agrega gradasyonu
- Agrega maksimum dane boyutu

- Agrega dane şekli
- Agrega tanelerinin yüzey dokusu
- Agregada bulunan zararlı maddeler
- Çimentonun özellikleri
- Betonun karıştırılması, yerleştirilmesi, sıkıştırılması vs.
- Betonun küplerden çıkarılması esnasında yapılan hatalar

Hedeflenen dayanımlara daha yakın ve doğru sonuçlar elde edebilmek, ulaşmak istediğimiz sonuçlarla ilgili daha fazla ve ayrıntılı yorumlar yapabilmek için daha detaylı araştırmalar ve deneysel çalışmalar yapılabilir. Kullanılan agregaların kökenine inilip agregalar ile ilgili kapsamlı araştırma ve deneyler yapma yoluna gidilebilir. Agreganın kalitesi, yüzey özellikleri, şekilleri hakkında daha ayrıntılı bilgiler elde edilebilir, bu bilgiler ışığında agrega seçiminde daha titiz davranılabilir ve üretime daha uygun olanlar kullanılabilir. Ayrıca, agregadaki zararlı maddelerin giderilmesi için yıkanması ve elenmesi gibi daha titiz çalışmalar yapılabilir. Beton karma suyu analiz edilebilir ve zararlı içeriklere sahipse uygun içeriğe sahip olanlar kullanılabilir. Kullanılan çimento çeşidi ve özellikleri değiştirilerek varsa daha uygun olanlar kullanılabilir.

KAYNAKLAR

- Akakın, D., 2013, Betondan karot alınması ve uygunluğunun değerlendirilmesi, *Hazır Beton Dergisi*, 118, 62.
- Anonim, 2015, Beton kıvam ve yoğunluk deneyleri, *T.C. Milli Eğitim Bakanlığı*, Ankara, 5-9.
- Ararat, Ö., 2015, Beton basınç dayanımına boyut ve cidar etkisi, Yüksek Lisans Tezi, *İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 9-11.
- Arıoğlu, E. ve Arıoğlu, N., 2005, Üst ve alt yapılarda beton karot deneyleri ve değerlendirilmesi, *Evrım Yayınevi*, İstanbul, 18-34.
- Aydeniz, S., 2012, Agregada dane boyutunun beton dayanımına etkisi ve su emmesine etkilerinin araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Sakarya, 1-19.
- Berber, E., 2010, Beton karot numunelerin değerlendirilmesi üzerine bir araştırma, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya.
- Çorbacioğlu, C., 2008, Beton karışım tasarımının geçirimsizliğe ve mekanik özelliklere etkisi, Yüksek Lisans Tezi, *İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 15-16.
- Ergün, A. ve Kürklü G., 2005, Mevcut betonarme yapılarda beton dayanımının belirlenmesi, *Deprem Sempozyumu*, Kocaeli, 817-821.
- Eroğlu, O., 2008, Maksimum agregada dane boyutunun elastisite modülüne etkisi, Yüksek Lisans Tezi, *İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 16.
- Gergerli, A. D., 2018, İri agregada yerine ikame edilmiş kazınmış asfalt kaplamalı betonlarda dayanım değerlendirmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Adıyaman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Adıyaman.
- İlhan, İ., 2003, Beton karot numunesi alımı, *Türkiye Mühendislik Haberleri*, İstanbul, 423, 66-67.
- Köseoğlu, A., 2010, Beton karot dayanımına agregada dane çapının etkisi, Yüksek Lisans Tezi, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Sakarya.
- Mardani, A., Tuyan, M., Çakır, Ö.A. ve Ramyar, K., 2012, Agreganın en büyük boyutu ve numune boyutunun beton karot dayanımına etkisi, *İnşaat Mühendisliği'nde 100. Yıl Teknik Kongresi*, İstanbul.
- Özdemiroğlu, Ç., 2014, Agregada konsantrasyonunun betonun kırılmasına etkisi, Yüksek Lisans Tezi, *İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.

- Şengül, Ö., Özdemir, C., Koruç, Ş. ve Sönmez, R., 2003, Agrega türünün betonun donma-çözülme dayanıklılığına etkisi, *III. Ulusal Kırmataş Sempozyumu*, İstanbul.
- Tan, D., 2010, Katkılı betonların donma-çözölmeye karşı performanslarının incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Sakarya, 30.
- TS 500, 2000, Betonarme yapıların tasarım ve yapım kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 12390-3, 2010, Beton – sertleşmiş beton deneyleri – bölüm 3: deney numunelerinin basınç dayanımının tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 12504-1, 2011, Beton – yapıda beton deneyleri – bölüm 1: karot alma muayene ve basınç dayanımının tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS 802, 2016, Beton karışım tasarımı hesap esasları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Ünsal, A. ve Şen, H., 2008, Beton ve beton malzemeleri laboratuvar deneyleri, *Ulaştırma Bakanlığı Karayolları Genel Müdürlüğü*, Ankara, 1-2.
- Yatağan, S., 2010, Beton ve harçlarda agrega dane boyutunun rötre ve durabiliteye etkisi, Doktora Tezi, *İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- Yegin, Y., 2009, Donma-çözölme hasarına hafif agreganın, hava sürükleyici katkının ve donma-çözölme yönteminin etkisi, Yüksek Lisans Tezi, *Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Erzurum, 41.
- Yıldız, S., Demirli, İ.H. ve Keleştemur, O., 2006, Kırmataşla üretilen hazır betonların donma-çözölmeye karşı dayanıklılığının araştırılması, *Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 18(3), 375-383.

EKLER

EK-1 Beton karışım hesapları

C20/25 için karışım hesabı ($D_{maks}= 32$ mm için)

- Maruz kalacağı çevresel etki ve sınıfı: Karbonatlaşma nedeniyle korozyon, XC1
- W/C = 0,69
- Çökme Değerleri: En az: 50 mm ve en fazla: 100 mm → (TS 802'de Çizelge 9)
(Kiriş, kolon, betonarme perdeler, tünel yan ve kemer betonları)
- Maksimum agrega çapı = 32 mm → Su miktarı: 203 kg/m³ (TS 802'de Şekil 12)
- W/C = 0,69 ve Su miktarı: 203 kg/m³ → Çimento miktarı: 294,202 kg
- Hava miktarı: %1,4 → (TS 802 Şekil 14)
- CEM1 42,5R özgül ağırlık $\rho=3,15$ gr/cm³

1 m³ hacim için hesap:

$$V_{ag} = 1000 - (294,202 / 3,15 + 203/1 + 14) = 689,603 \text{ dm}^3$$

	KK1	KK2	KT1	KT2	KT3
Özgül ağırlıkları (kg/dm ³)	2,65	2,67	2,68	2,69	2,71
Agrega yüzdeleri	0,40	0,04	0,05	0,05	0,46
Agrega hacimleri (dm ³)	275,841	27,584	34,480	34,480	317,217
Agrega ağırlıkları (kg)	730,979	73,649	92,406	92,751	859,658

30 dm³ hacim için hesap:

	KK1	KK2	KT1	KT2	KT3
Özgül ağırlıkları (kg/dm ³)	2,65	2,67	2,68	2,69	2,71
Agrega yüzdeleri	0,40	0,04	0,05	0,05	0,46
Agrega hacimleri (dm ³)	8,275	0,828	1,034	1,034	9,517
Agrega ağırlıkları (kg)	21,929	2,209	2,772	2,783	25,790

Çimento: 8,826 kg ve Su: 6,09 kg

C20/25 için karışım hesabı ($D_{maks} = 22,4$ mm için)

- Maruz kalacağı çevresel etki ve sınıfı: Karbonatlaşma nedeniyle korozyon, XC1
- W/C = 0,69
- Çökme Değerleri: En az: 50 mm ve en fazla: 100 mm → (TS 802'de Çizelge 9)
(Kiriş, kolon, betonarme perdeler, tünel yan ve kemer betonları)
- Maksimum agrega çapı = 22,4 mm → Su miktarı: 215 kg/m³ (TS 802'de Şekil 12)
- W/C = 0,69 ve Su miktarı: 215 kg/m³ → Çimento miktarı: 311,594 kg
- Hava miktarı: %1,84 → (TS 802 Şekil 14)
- CEM1 42,5R özgül ağırlık $\rho=3,15$ gr/cm³

1 m³ hacim için hesap:

$$V_{ag} = 1000 - (311,594 / 3,15 + 215/1 + 18,4) = 667,681 \text{ dm}^3$$

	KK1	KK2	KT1	KT2	KT3
Özgül ağırlıkları (kg/dm ³)	2,65	2,67	2,68	2,69	2,71
Agrega yüzdeleri	0,40	0,15	0,15	0,30	...
Agrega hacimleri (dm ³)	267,072	100,152	100,152	200,304	...
Agrega ağırlıkları (kg)	707,741	267,406	268,407	538,818	...

30 dm³ 'lük hacim için hesap:

	KK1	KK2	KT1	KT2	KT3
Özgül ağırlıkları (kg/dm ³)	2,65	2,67	2,68	2,69	2,71
Agrega yüzdeleri	0,40	0,15	0,15	0,30	...
Agrega hacimleri (dm ³)	8,012	3,005	3,005	6,009	...
Agrega ağırlıkları (kg)	21,232	8,022	8,052	16,165	...

Çimento: 9,348 kg

Su: 6,45 kg

C20/25 için karışım hesabı ($D_{maks} = 16$ mm için)

- Maruz kalacağı çevresel etki ve sınıfı: Karbonatlaşma nedeniyle korozyon, XC1
- W/C = 0,69
- Çökme Değerleri: En az: 50 mm ve en fazla: 100 mm → (TS 802'de Çizelge 9)
(Kiriş, kolon, betonarme perdeler, tünel yan ve kemer betonları)
- Maksimum agrega çapı = 16 mm → Su miktarı: 225 kg/m³ (TS 802'de Şekil 12)
- W/C = 0,69 ve Su miktarı: 225 kg/m³ → Çimento miktarı: 326,087 kg
- Hava miktarı: %2,25 → (TS 802 Şekil 14)
- CEM1 42,5R özgül ağırlık $\rho=3,15$ gr/cm³

1 m³ hacim için hesap:

$$V_{ag} = 1000 - (326,087 / 3,15 + 225/1 + 22,5) = 689,603 \text{ dm}^3$$

	KK1	KK2	KT1	KT2	KT3
Özgül ağırlıkları (kg/dm ³)	2,65	2,67	2,68	2,69	2,71
Agrega yüzdeleri	0,40	0,04	0,56	...	...
Agrega hacimleri (dm ³)	259,592	25,959	363,429	...	...
Agrega ağırlıkları (kg)	687,919	69,311	973,990	...	...

30 dm³ hacim için hesap:

	KK1	KK2	KT1	KT2	KT3
Özgül ağırlıkları (kg/dm ³)	2,65	2,67	2,68	2,69	2,71
Agrega yüzdeleri	0,40	0,04	0,56	...	...
Agrega hacimleri (dm ³)	7,788	0,779	10,903	...	...
Agrega ağırlıkları (kg)	20,638	2,079	29,220	...	...

Çimento: 9,783 kg

Su: 6,75 kg

C20/25 için karışım hesabı ($D_{maks} = 8 \text{ mm}$ için)

- Maruz kalacağı çevresel etki ve sınıfı: Karbonatlaşma nedeniyle korozyon, XC1
- W/C = 0,69
- Çökme Değerleri: En az: 50 mm ve en fazla: 100 mm → (TS 802'de Çizelge 9)
(Kiriş, kolon, betonarme perdeler, tünel yan ve kemer betonları)
- Maksimum agrega çapı = 8 mm → Su miktarı: 247 kg/m³ (TS 802'de Şekil 12)
- W/C = 0,69 ve Su miktarı: 247 kg/m³ → Çimento miktarı: 357,971 kg
- Hava miktarı: % 3,10 → (TS 802 Şekil 14)
- CEM1 42,5R özgül ağırlık $\rho=3,15 \text{ gr/cm}^3$

1 m³ hacim için hesap:

$$V_{ag} = 1000 - (357,971 / 3,15 + 247/1 + 31) = 608,358 \text{ dm}^3$$

	KK1	KK2	KT1	KT2	KT3
Özgül ağırlıkları (kg/dm ³)	2,65	2,67	2,68	2,69	2,71
Agrega yüzdeleri	0,50	0,50	...	...	...
Agrega hacimleri (dm ³)	304,179	304,179	...	...	...
Agrega ağırlıkları (kg)	806,074	812,158	...	...	...

30 dm³ hacim için hesap:

	KK1	KK2	KT1	KT2	KT3
Özgül ağırlıkları (kg/dm ³)	2,65	2,67	2,68	2,69	2,71
Agrega yüzdeleri	0,50	0,50	...	...	...
Agrega hacimleri (dm ³)	9,125	9,125	...	...	...
Agrega ağırlıkları (kg)	24,182	24,365	...	...	...

Çimento: 10,739 kg

Su: 7,41 kg

C40/50 için karışım hesabı ($D_{maks} = 32$ mm için)

- Maruz kalacağı çevresel etkiler ve sınıfları: Deniz suyu etkisi (klorür etkisi) ve donma - çözülme etkisi, XS3 ve XF1
- W/C = 0,42
- Çökme Değerleri: En az: 50 mm ve en fazla: 100 mm → (TS 802'de Çizelge 9) (Kiriş, kolon, betonarme perdeler, tünel yan ve kemer betonları)
- Maksimum agrega çapı = 32 mm → Su miktarı: 203 kg/m³ (TS 802'de Şekil 12)
- W/C = 0,42 ve Su miktarı: 203 kg/m³ → Çimento miktarı: 483,330 kg
- Hava miktarı: % 1,4 → (TS 802 Şekil 14)
- CEM1 42,5R özgül ağırlık $\rho=3,15$ gr/cm³

1 m³ hacim için hesap:

$$V_{ag} = 1000 - (483,330 / 3,15 + 203/1 + 14) = 629,562 \text{ dm}^3$$

	KK1	KK2	KT1	KT2	KT3
Özgül ağırlıkları (kg/dm ³)	2,65	2,67	2,68	2,69	2,71
Agrega yüzdeleri	0,40	0,04	0,05	0,05	0,46
Agrega hacimleri (dm ³)	251,825	25,182	31,478	31,478	289,599
Agrega ağırlıkları (kg)	667,336	67,236	84,361	84,676	784,813

30 dm³ hacim için hesap:

	KK1	KK2	KT1	KT2	KT3
Özgül ağırlıkları (kg/dm ³)	2,65	2,67	2,68	2,69	2,71
Agrega yüzdeleri	0,40	0,04	0,05	0,05	0,46
Agrega hacimleri (dm ³)	7,555	0,755	0,944	0,944	8,688
Agrega ağırlıkları (kg)	20,020	2,017	2,531	2,540	23,544

Çimento: 14,499 kg

Su: 6,09 kg

C40/50 için karışım hesabı ($D_{maks} = 22,4$ mm için)

- Maruz kalacağı çevresel etkiler ve sınıfları: Deniz suyu etkisi (klorür etkisi) ve donma - çözülme etkisi, XS3 ve XF1
- W/C = 0,42
- Çökme Değerleri: En az: 50 mm ve en fazla: 100 mm → (TS 802'de Çizelge 9) (Kiriş, kolon, betonarme perdeler, tünel yan ve kemer betonları)
- Maksimum agrega çapı = 22,4 mm → Su miktarı: 215 kg/m³ (TS 802'de Şekil 12)
- W/C = 0,69 ve Su miktarı: 215 kg/m³ → Çimento miktarı: 511,905 kg
- Hava miktarı: %1,84 → (TS 802 Şekil 14)
- CEM1 42,5R özgül ağırlık $\rho=3,15$ gr/cm³

1 m³ hacim için hesap:

$$V_{ag} = 1000 - (511,905 / 3,15 + 215/1 + 18,4) = 604,090 \text{ dm}^3$$

	KK1	KK2	KT1	KT2	KT3
Özgül ağırlıkları (kg/dm ³)	2,65	2,67	2,68	2,69	2,71
Agrega yüzdeleri	0,40	0,15	0,15	0,30	...
Agrega hacimleri (dm ³)	241,636	90,614	90,614	181,227	...
Agrega ağırlıkları (kg)	640,335	241,939	242,846	487,501	...

30 dm³ 'lük hacim için hesap:

	KK1	KK2	KT1	KT2	KT3
Özgül ağırlıkları (kg/dm ³)	2,65	2,67	2,68	2,69	2,71
Agrega yüzdeleri	0,40	0,15	0,15	0,30	...
Agrega hacimleri (dm ³)	7,249	2,718	2,718	5,437	...
Agrega ağırlıkları (kg)	19,210	7,258	7,285	14,625	...

Çimento: 15,357 kg

Su: 6,45 kg

C40/50 için karışım hesabı ($D_{maks} = 16$ mm için)

- Maruz kalacağı çevresel etkiler ve sınıfları: Deniz suyu etkisi (klorür etkisi) ve donma - çözülme etkisi, XS3 ve XF1
- W/C = 0,42
- Çökme Değerleri: En az: 50 mm ve en fazla: 100 mm → (TS 802'de Çizelge 9) (Kiriş, kolon, betonarme perdeler, tünel yan ve kemer betonları)
- Maksimum agrega çapı = 16 mm → Su miktarı: 225 kg/m³ (TS 802'de Şekil 12)
- W/C = 0,42 ve Su miktarı: 225 kg/m³ → Çimento miktarı: 535,714 kg
- Hava miktarı: %2,25 → (TS 802 Şekil 14)
- CEM1 42,5R özgül ağırlık $\rho=3,15$ gr/cm³

1 m³ hacim için hesap:

$$V_{ag} = 1000 - (535,714 / 3,15 + 225/1 + 22,5) = 582,432 \text{ dm}^3$$

	KK1	KK2	KT1	KT2	KT3
Özgül ağırlıkları (kg/dm ³)	2,65	2,67	2,68	2,69	2,71
Agrega yüzdeleri	0,40	0,04	0,56	...	...
Agrega hacimleri (dm ³)	232,973	23,297	326,162	...	...
Agrega ağırlıkları (kg)	617,378	62,203	874,114	...	...

30 dm³ hacim için hesap:

	KK1	KK2	KT1	KT2	KT3
Özgül ağırlıkları (kg/dm ³)	2,65	2,67	2,68	2,69	2,71
Agrega yüzdeleri	0,40	0,04	0,56	...	...
Agrega hacimleri (dm ³)	6,989	0,699	9,785	...	...
Agrega ağırlıkları (kg)	18,521	1,866	26,223	...	...

Çimento: 16,071 kg

Su: 6,75 kg

C40/50 için karışım hesabı ($D_{maks} = 8$ mm için)

- Maruz kalacağı çevresel etkiler ve sınıfları: Deniz suyu etkisi (klorür etkisi) ve donma - çözülme etkisi, XS3 ve XF1
- W/C = 0,42
- Çökme Değerleri: En az: 50 mm ve en fazla: 100 mm → (TS 802'de Çizelge 9) (Kiriş, kolon, betonarme perdeler, tünel yan ve kemer betonları)
- Maksimum agrega çapı = 8 mm → Su miktarı: 247 kg/m³ (TS 802'de Şekil 12)
- W/C = 0,42 ve Su miktarı: 247 kg/m³ → Çimento miktarı: 588,095 kg
- Hava miktarı: % 3,10 → (TS 802 Şekil 14)
- CEM1 42,5R özgül ağırlık $\rho=3,15$ gr/cm³

1 m³ hacim için hesap:

$$V_{ag} = 1000 - (588,095 / 3,15 + 247/1 + 31) = 535,303 \text{ dm}^3$$

	KK1	KK2	KT1	KT2	KT3
Özgül ağırlıkları (kg/dm ³)	2,65	2,67	2,68	2,69	2,71
Agrega yüzdeleri	0,50	0,50	...	...	...
Agrega hacimleri (dm ³)	267,652	267,652	...	...	...
Agrega ağırlıkları (kg)	709,278	714,631	...	...	...

30 dm³ hacim için hesap:

	KK1	KK2	KT1	KT2	KT3
Özgül ağırlıkları (kg/dm ³)	2,65	2,67	2,68	2,69	2,71
Agrega yüzdeleri	0,50	0,50	...	...	...
Agrega hacimleri (dm ³)	8,030	8,030	...	...	...
Agrega ağırlıkları (kg)	21,278	21,439	...	...	...

Çimento: 17,643 kg

Su: 7,41 kg

300 Doz çimento içerikli beton karışım hesabı ($D_{maks} = 32$ mm için)

- $W/C = 0,57$
- Maksimum agrega çapı = 32 mm \longrightarrow Çimento miktarı: 300 kg
- $W/C = 0,57$ ve Çimento miktarı: 300 kg \longrightarrow Su miktarı: 171 kg/m³
- Hava miktarı: % 1,4 \longrightarrow (TS 802 Şekil 14)
- CEM1 42,5R özgül ağırlık $\rho = 3,15$ gr/cm³

1 m³ hacim için hesap:

$$V_{ag} = 1000 - (300 / 3,15 + 171/1 + 14) = 719,762 \text{ dm}^3$$

	KK1	KK2	KT1	KT2	KT3
Özgül ağırlıkları (kg/dm ³)	2,65	2,67	2,68	2,69	2,71
Agrega yüzdeleri	0,40	0,04	0,05	0,05	0,46
Agrega hacimleri (dm ³)	287,905	28,790	35,988	35,988	331,091
Agrega ağırlıkları (kg)	762,948	76,869	96,448	96,808	897,257

60 dm³ hacim için hesap:

	KK1	KK2	KT1	KT2	KT3
Özgül ağırlıkları (kg/dm ³)	2,65	2,67	2,68	2,69	2,71
Agrega yüzdeleri	0,40	0,04	0,05	0,05	0,46
Agrega hacimleri (dm ³)	17,274	1,727	2,159	2,159	19,865
Agrega ağırlıkları (kg)	45,777	4,612	5,787	5,808	53,835

Çimento: 18 kg

Su: 10,26 kg

300 Doz çimento içerikli beton karışım hesabı ($D_{maks} = 22,4$ mm için)

- $W/C = 0,57$
- Maksimum agregâ çapı = 22,4 mm \longrightarrow Çimento miktarı: 300 kg
- $W/C = 0,57$ ve Çimento miktarı: 300 kg \longrightarrow Su miktarı: 171 kg/m³
- Hava miktarı: % 1,84 \longrightarrow (TS 802 Şekil 14)
- CEM1 42,5R özgül ağırlık $\rho = 3,15$ gr/cm³

1 m³ hacim için hesap:

$$V_{ag} = 1000 - (300 / 3,15 + 171/1 + 18,4) = 719,762 \text{ dm}^3$$

	KK1	KK2	KT1	KT2	KT3
Özgül ağırlıkları (kg/dm ³)	2,65	2,67	2,68	2,69	2,71
Agregâ yüzdeleri	0,40	0,15	0,15	0,30	...
Agregâ hacimleri (dm ³)	286,145	107,304	107,304	214,609	...
Agregâ ağırlıkları (kg)	758,284	286,502	287,575	577,298	...

60 dm³ hacim için hesap:

	KK1	KK2	KT1	KT2	KT3
Özgül ağırlıkları (kg/dm ³)	2,65	2,67	2,68	2,69	2,71
Agregâ yüzdeleri	0,40	0,15	0,15	0,30	...
Agregâ hacimleri (dm ³)	17,169	6,438	6,438	12,877	...
Agregâ ağırlıkları (kg)	45,497	17,190	17,254	34,638	...

Çimento: 18 kg

Su: 10,26 kg

300 Doz çimento içerikli beton karışım hesabı ($D_{maks} = 16$ mm için)

- W/C = 0,57
- Maksimum agrega çapı = 16 mm → Çimento miktarı: 300 kg
- W/C = 0,57 ve Çimento miktarı: 300 kg → Su miktarı: 171 kg/m³
- Hava miktarı: % 2,25 → (TS 802 Şekil 14)
- CEM1 42,5R özgül ağırlık $\rho=3,15$ gr/cm³

1 m³ hacim için hesap:

$$V_{ag} = 1000 - (300 / 3,15 + 171/1 + 22,5) = 711,262 \text{ dm}^3$$

	KK1	KK2	KT1	KT2	KT3
Özgül ağırlıkları (kg/dm ³)	2,65	2,67	2,68	2,69	2,71
Agrega yüzdeleri	0,40	0,04	0,56	...	...
Agrega hacimleri (dm ³)	284,505	28,450	398,307	...	...
Agrega ağırlıkları (kg)	753,938	75,962	1067,463	...	...

60 dm³ hacim için hesap:

	KK1	KK2	KT1	KT2	KT3
Özgül ağırlıkları (kg/dm ³)	2,65	2,67	2,68	2,69	2,71
Agrega yüzdeleri	0,40	0,04	0,56	...	...
Agrega hacimleri (dm ³)	17,070	1,707	23,898	...	...
Agrega ağırlıkları (kg)	45,236	4,558	64,048	...	...

Çimento: 18 kg

Su: 10,26 kg

300 Doz çimento içerikli beton karışım hesabı ($D_{maks} = 8 \text{ mm}$ için)

- $W/C = 0,57$
- Maksimum agrega çapı = 8 mm \longrightarrow Çimento miktarı: 300 kg
- $W/C = 0,57$ ve Çimento miktarı: 300 kg \longrightarrow Su miktarı: 171 kg/m³
- Hava miktarı: % 3,1 \longrightarrow (TS 802 Şekil 14)
- CEM1 42,5R özgül ağırlık $\rho=3,15 \text{ gr/cm}^3$

1 m³ hacim için hesap:

$$V_{ag} = 1000 - (300 / 3,15 + 171/1 + 31) = 702,762 \text{ dm}^3$$

	KK1	KK2	KT1	KT2	KT3
Özgül ağırlıkları (kg/dm ³)	2,65	2,67	2,68	2,69	2,71
Agrega yüzdeleri	0,50	0,50	...	...	...
Agrega hacimleri (dm ³)	351,381	351,381	...	...	...
Agrega ağırlıkları (kg)	931,160	938,187	...	...	...

60 dm³ hacim için hesap:

	KK1	KK2	KT1	KT2	KT3
Özgül ağırlıkları (kg/dm ³)	2,65	2,67	2,68	2,69	2,71
Agrega yüzdeleri	0,50	0,50	...	...	...
Agrega hacimleri (dm ³)	21,083	21,083	...	...	...
Agrega ağırlıkları (kg)	55,870	56,291	...	...	...

Çimento: 18 kg

Su: 10,26 kg

400 Doz çimento içerikli beton karışım hesabı ($D_{maks} = 32$ mm için)

- $W/C = 0,57$
- Maksimum agrega çapı = 32 mm \longrightarrow Çimento miktarı: 400 kg
- $W/C = 0,57$ ve Çimento miktarı: 400 kg \longrightarrow Su miktarı: 228 kg/m³
- Hava miktarı: % 1,4 \longrightarrow (TS 802 Şekil 14)
- CEM1 42,5R özgül ağırlık $\rho = 3,15$ gr/cm³

1 m³ hacim için hesap:

$$V_{ag} = 1000 - (400 / 3,15 + 228/1 + 14) = 631,016 \text{ dm}^3$$

	KK1	KK2	KT1	KT2	KT3
Özgül ağırlıkları (kg/dm ³)	2,65	2,67	2,68	2,69	2,71
Agrega yüzdeleri	0,40	0,04	0,05	0,05	0,46
Agrega hacimleri (dm ³)	252,406	25,241	31,551	31,551	290,267
Agrega ağırlıkları (kg)	668,876	67,393	84,557	84,872	786,624

60 dm³ hacim için hesap:

	KK1	KK2	KT1	KT2	KT3
Özgül ağırlıkları (kg/dm ³)	2,65	2,67	2,68	2,69	2,71
Agrega yüzdeleri	0,40	0,04	0,05	0,05	0,46
Agrega hacimleri (dm ³)	15,144	1,514	1,893	1,893	17,416
Agrega ağırlıkları (kg)	40,133	4,044	5,073	5,092	47,197

Çimento: 24 kg

Su: 13,68 kg

400 Doz çimento içerikli beton karışım hesabı ($D_{maks} = 22,4$ mm için)

- $W/C = 0,57$
- Maksimum agrega çapı = 22,4 mm \longrightarrow Çimento miktarı: 400 kg
- $W/C = 0,57$ ve Çimento miktarı: 400 kg \longrightarrow Su miktarı: 228 kg/m³
- Hava miktarı: % 1,84 \longrightarrow (TS 802 Şekil 14)
- CEM1 42,5R özgül ağırlık $\rho = 3,15$ gr/cm³

1 m³ hacim için hesap:

$$V_{ag} = 1000 - (400 / 3,15 + 228/1 + 18,4) = 626,616 \text{ dm}^3$$

	KK1	KK2	KT1	KT2	KT3
Özgül ağırlıkları (kg/dm ³)	2,65	2,67	2,68	2,69	2,71
Agrega yüzdeleri	0,40	0,15	0,15	0,30	...
Agrega hacimleri (dm ³)	250,646	93,992	93,992	187,985	...
Agrega ağırlıkları (kg)	664,212	250,959	251,899	505,680	...

60 dm³ hacim için hesap:

	KK1	KK2	KT1	KT2	KT3
Özgül ağırlıkları (kg/dm ³)	2,65	2,67	2,68	2,69	2,71
Agrega yüzdeleri	0,40	0,15	0,15	0,30	...
Agrega hacimleri (dm ³)	15,039	5,640	5,640	11,279	...
Agrega ağırlıkları (kg)	39,853	15,058	15,114	30,341	...

Çimento: 24 kg

Su: 13,68 kg

400 Doz çimento içerikli beton karışım hesabı ($D_{maks} = 16$ mm için)

- $W/C = 0,57$
- Maksimum agrega çapı = 16 mm \longrightarrow Çimento miktarı: 400 kg
- $W/C = 0,57$ ve Çimento miktarı: 400 kg \longrightarrow Su miktarı: 228 kg/m³
- Hava miktarı: % 2,25 \longrightarrow (TS 802 Şekil 14)
- CEM1 42,5R özgül ağırlık $\rho = 3,15$ gr/cm³

1 m³ hacim için hesap:

$$V_{ag} = 1000 - (400 / 3,15 + 228/1 + 22,5) = 622,516 \text{ dm}^3$$

	KK1	KK2	KT1	KT2	KT3
Özgül ağırlıkları (kg/dm ³)	2,65	2,67	2,68	2,69	2,71
Agrega yüzdeleri	0,40	0,04	0,56	...	...
Agrega hacimleri (dm ³)	249,006	24,901	348,609	...	...
Agrega ağırlıkları (kg)	659,866	66,486	934,272	...	...

60 dm³ hacim için hesap:

	KK1	KK2	KT1	KT2	KT3
Özgül ağırlıkları (kg/dm ³)	2,65	2,67	2,68	2,69	2,71
Agrega yüzdeleri	0,40	0,04	0,56	...	...
Agrega hacimleri (dm ³)	14,940	1,494	20,917	...	...
Agrega ağırlıkları (kg)	39,592	3,989	56,056	...	...

Çimento: 24 kg

Su: 13,68 kg

400 Doz çimento içerikli beton karışım hesabı ($D_{maks} = 8 \text{ mm}$ için)

- $W/C = 0,57$
- Maksimum agrega çapı = 8 mm \longrightarrow Çimento miktarı: 400 kg
- $W/C = 0,57$ ve Çimento miktarı: 400 kg \longrightarrow Su miktarı: 228 kg/m³
- Hava miktarı: % 3,1 \longrightarrow (TS 802 Şekil 14)
- CEM1 42,5R özgül ağırlık $\rho=3,15 \text{ gr/cm}^3$

1 m³ hacim için hesap:

$$V_{ag} = 1000 - (400 / 3,15 + 228/1 + 31) = 614,016 \text{ dm}^3$$

	KK1	KK2	KT1	KT2	KT3
Özgül ağırlıkları (kg/dm ³)	2,65	2,67	2,68	2,69	2,71
Agrega yüzdeleri	0,50	0,50	...	...	...
Agrega hacimleri (dm ³)	307,008	307,008	...	...	...
Agrega ağırlıkları (kg)	813,571	819,711	...	...	...

60 dm³ hacim için hesap:

	KK1	KK2	KT1	KT2	KT3
Özgül ağırlıkları (kg/dm ³)	2,65	2,67	2,68	2,69	2,71
Agrega yüzdeleri	0,50	0,50	...	...	...
Agrega hacimleri (dm ³)	18,420	18,420	...	...	...
Agrega ağırlıkları (kg)	48,814	49,183	...	...	...

Çimento: 24 kg

Su: 13,68 kg

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Mehmet PARLAR
Uyruğu : T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi : Köşk 02.02.1990
Telefon : 0506 953 13 63
Faks :
e-mail : parlarmehmett@gmail.com

EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	: Beyşehir Anadolu Öğretmen Lisesi	2008
Üniversite	: İstanbul Teknik Üniversitesi	2014
Yüksek Lisans	: -	
Doktora	: -	

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2014-2015	Beyteknik Yapı Denetim	Kontrol Mühendisi
2015-2018	Konya Büyükşehir Belediyesi	Kontrol Mühendisi

YABANCI DİLLER

İngilizce

YAYINLAR

1. Parlar, M., Keskin, Ü.S. and Tezel, G., 2018, The effect of maximum aggregate grain diameter on the mix design and compressive strength of concrete and artificial neural networks (ANN) application, *International Conference on Engineering Technologies*, 2018, Konya.