

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

**AGREGA DANE BOYUTUNUN BETON
DAYANIMINA ETKİSİ VE SU EMMESİNE
ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnş. Müh. Serdar AYDENİZ

Enstitü Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ
Enstitü Bilim Dalı : Yapı Malzemesi
Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Mansur SÜMER

Temmuz 2012

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

AGREGA DANE BOYUTUNUN BETON
DAYANIMINA ETKİSİ VE SU EMMESİNE
ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnş. Müh. Serdar AYDENİZ

Enstitü Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ

Enstitü Bilim Dalı : Yapı Malzemesi

Bu tez 10 / 07 / 2012 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

Yrd. Doç. Dr. Mansur SÜMER

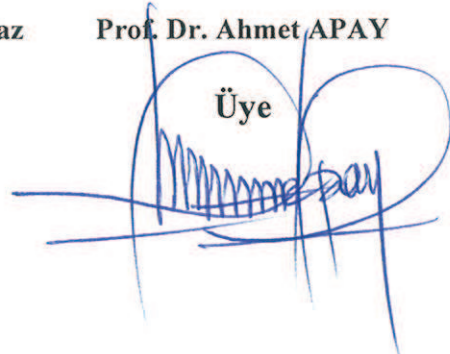
Prof. Dr. Kemalettin Yılmaz

Prof. Dr. Ahmet APAY

Jüri Başkanı

Üye

Üye



ÖNSÖZ

Yüksek lisans tezimin hazırlanması sırasında yardımlarını gördüğüm, bilgisinden ve deneyimlerinden yararlandığım sayın hocam Yrd. Doç. Dr. Mansur SÜMER'e; çalışmalarına olan ilgi ve yardımlarından dolayı Yapı Malzemesi Ana Bilim Dalındaki tüm hocalarıma, araştırma görevlilerine ve laboratuvar çalışanlarına; deneysel çalışmalarında bana büyük yardımlarından dolayı Saffet FURTA'ya deneysel çalışmalarında bana malzeme sağlayan Çimsa Çimento San. Tic.A.Ş.'ye ve;

Tüm hayatım süresince, maddi ve manevi desteklerinden dolayı aileme teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	ii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	vii
ŞEKİL LİSTESİ.....	viii
TABLO LİSTESİ.....	ix
ÖZET.....	x
SUMMARY	xi
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ	1
1.1. Beton	1
1.2. Betonun Yapısı.....	3
1.2.1. Agregas.....	3
1.2.1.1. İdeal agrega standartları.....	4
1.2.1.2. Agregaların fiziksel özellikleri	6
1.2.1.3. Agregas – su bağıntıları	7
1.2.1.4. Agregaların birim ağırlığı, özgül ağırlığı ve kompazitesi	7
1.2.1.5. Agregas deneyleri.....	9
1.2.1.6. Agregaların granülometresi	10
1.2.1.7. İncelik modülü	10
1.2.1.8. Granülometri bileşiminin beton özellikleri üzerine etkisi	13
1.2.1.9. Agregalardaki zararlı maddeler	14
1.2.2. Çimento.....	15
1.2.3. Karışım suyu	17
1.2.4. Katkı maddeleri.....	18
1.2.4.1. Kimyasal katkı maddeleri.....	18
1.2.4.2. Su azaltıcı- akışkanlaştırıcı kimyasal katkı maddeleri	18
1.2.4.3. Priz süresini değiştiren katkıları	18

1.2.4.4. Süperakışkanlaştırıcılar	18
1.2.4.5. Hava sürükleyiciler	19
1.2.4.6. Antifrizler	19
1.2.4.7. Diğer kimyasal atıklar	19
1.2.4.8. Mineral katkıları	19
1.2.4.9. Mineral katkı çeşitleri	20
1.3. Betonun Sınıflandırılması	20
1.3.1. Basınç dayanım sınıfları	20
1.3.2. Kıvam sınıfları	21
1.3.3. Agrega en büyük tane büyüklüğü sınıfları	21
1.4. Betonda Aranılan Özellikler	22
1.4.1. Taze beton özellikleri	22
1.4.1.1. İşlenebilirlik ve kıvam	22
1.4.1.2. Segregasyon	23
1.4.1.3. Terleme	23
1.4.1.4. Birim ağırlık	23
1.4.1.5. Üniformite	24
1.4.2. Sertleşmiş beton özellikleri	24
1.4.2.1. Betonun basınç dayanımı	25
1.4.2.2. Çekme dayanımı	26
1.4.2.3. Eğilme dayanımı	26
1.4.2.4. Aşınma direnci	27
1.4.2.5. Kompozite	28
1.4.2.6. Betonun dayanıklılığı	28
1.4.2.7. Betonun geçirimsizliği	28
1.4.2.8. Çiçeklenme	29
1.4.2.9. Sülfat etkisi	29
1.4.2.10. Karbonatlaşma etkisi	29
1.4.2.11. Deniz suyu etkisi	30
1.4.2.12. Alkali-agrega reaksiyonu	30
1.5. Beton Basınç Dayanım Formülleri	30
1.5.1. Graf formülü	31
1.5.2. Bolomey formülü	31

1.5.3. Feret formülü.....	31
1.6. Betonda Elastisite Modülü	32
1.6.2. Betonda elastisite modülünün tayini	33
1.6.3. Elastisite modülünün ultrases hızı yardımı ile ölçülmesi.....	33
1.6.3.1. Ultrasesin genel özellikleri	33
1.6.3.2. Cisimde ses hızı tayini	33
1.6.3.3. Ultrases hızını etkileyen faktörler.....	34
1.6.4. Elastisite Modülünün iyileştirilmesi	34
BÖLÜM 2.	
DENEYSEL ÇALIŞMALAR	36
2.1. Kullanılan Malzemeler Ve Özellikleri	36
2.1.1. Kullanılan agregalar	36
2.1.1.1. Kırma kum	36
2.1.1.2. Kırmataş 1	36
2.1.1.3. Kırmataş 2.....	37
2.1.1.4. Kırmataş 3.....	37
2.1.2. Kullanılan çimentonun özellikleri.....	41
2.1.3. Karışım suyu	42
2.1.4. Akışkanlaştırıcılar	42
2.2. Karışım agregaları granülometri eğrileri.....	42
2.3. Beton Karışımları	42
2.4. Beton Üretimi.....	47
2.5. Taze Beton Deneyleri.....	47
2.5.1. Birim ağırlık	48
2.5.2. Çökme deneyi	48
2.6. Sertleşmiş Beton Deneyleri.....	59
2.6.1. Basınç deneyi	59
2.6.2. Ultrases deneyi	59
2.7. Taze Beton Deney Sonuçları.....	59
2.7.1. Ultrases hızı tayini	59
2.8. Sertleşmiş Beton Deney Sonuçları.....	63
2.8.1. Basınç deney sonuçları	63

BÖLÜM 3.

SONUÇLAR 65

KAYNAKLAR 66

ÖZGEÇMİŞ 68

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

W	: Su Ağırlığı
C	: Çimento Ağırlığı
U	: Kum Miktarı
V	: Agregat Miktarı
H	: Hava Miktarı
R	: Maksimum Basınç Dayanımı
f_{cs}	: Silindir Basınç Dayanımı
f_{ck}	: Küp Basınç Dayanımı
E	: Elastisite Modülü
K_f	: Feret Katsayısı
K_b	: Bolemy Katsayısı
f_{cc}	: Çimento Norm Dayanımı
K_G	: Graf Katsayısı
V	: Ultrases Hızı
f	: Frekans
t	: Zaman
g	: Yerçekimi İvmesi
L	: Uzunluk
d	: Çap
v	: Poisson Oranı
R	: Korelasyon Katsayısı

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1.	İncelik Modülü-Granülometri Eğrisi İlişkisi	12
Şekil 1.2.	Ultrases Hızı Tayini Deney Düzeneği	34
Şekil 2.1.	Beton Basınç Dayanımı 250 D+K	49
Şekil 2.2.	Beton Basınç Dayanımı 350 D+K	50
Şekil 2.3.	Beton Basınç Dayanımı 450 D+K	51
Şekil 2.4.	Beton Basınç Dayanımı 350+D+K+I+II.....	52
Şekil 2.5.	Beton Basınç Dayanımı 250 D+K+I+II.....	53
Şekil 2.6.	Beton Basınç Dayanımı 450 D+K+I+II.....	54
Şekil 2.7.	Beton Basınç Dayanımı 250 D+K+I+II+III.....	55
Şekil 2.8.	Beton Basınç Dayanımı 350 D+K+I+II+III.....	56
Şekil 2.9.	Beton Basınç Dayanımı 250 D+K	57
Şekil 2.10.	Beton Basınç Dayanımı 350 D+K	58
Şekil 2.11.	Su Emme Deneyi	62
Şekil 2.12.	Üretilen Betonların Basınç Deneyi Sonuçları.....	63

TABLO LİSTESİ

Tablo 1.1.	Çimento hamuru harç ve betonun genel tanımları.....	3
Tablo 1.2.	İncelik Modülü – Granülometri Eğrisi.....	11
Tablo 1.3.	ENV 197-1’e göre çimento içinde bulunabilecek maddeler	16
Tablo 1.4.	Basınç Dayanım Sınıfları.....	20
Tablo 1.5.	Kıvam Sınıfı ile Çökme	21
Tablo 1.6.	Agrega Tane Büyüklüğü Sınıfları	22
Tablo 2.1.	Elek Analizi 0,5 mm Agregası	37
Tablo 2.2.	Elek Analizi 5-12 mm Agregası	38
Tablo 2.3.	Elek Analizi 12-22 mm Agregası	39
Tablo 2.4.	Elek Analizi 25-32 mm Agregası	40
Tablo 2.5.	Çimento Analiz Raporu	41
Tablo 2.6.	Kimyasal Katkı Analiz Raporu.....	42
Tablo 2.7.	Üretilen Betonun Kodlanması	43
Tablo 2.8.	Üretilen Betonların Ultrases Değerleri	60
Tablo 2.9.	Beton Çekiç Deneyi	61

ÖZET

Anahtar kelimeler: Basınç Dayanımı, Dane Çapı

Bu araştırmada “agrega dane boyutunun beton dayanımına etkisi ve su emmesine etkileri” konusu incelenmiştir. Küp numuneleri laboratuvar ortamında çeşitli deneyler yapılarak sonuçları en uygun eksponensial eğri formülüyle korelasyon katsayıları bulunmuştur. Araştırmada yapılan başlıca deneyler aşağıda belirtildiği şekildedir.

Taze beton numunelerinde mukavemet - birim ağırlık bağıntısı
Sertleşmiş beton numunelerinde mukavemet - birim ağırlık bağıntısı
Basınç dayanımı - su/çimento oranı bağıntısı
Basınç dayanımı - ultrases hızı bağıntısı
Basınç dayanımı - kompasite bağıntısı

Araştırmada tüm numunelerde değişken agrega, kum, çimento, suya ilaveten kimyasal akışkanlaştırıcılar da kullanılmıştır. Laboratuvarda yapılan numunelerden elde edilen sonuçlara göre bulunan sonuçlar yürürlükteki TS (Türk Standartları)’ye göre değerlendirilmiştir.

Araştırmada kullanılan çimento(Çimsa Çimento San. Tic. A.Ş. Eskişehir Çimento Fabrikası Cem I 42,5), akışkanlaştırıcılar (Çimsa Çimento San. Tic. A.Ş. Mersin Katkı Fabrikasında üretilen Süper Akışkanlaştırıcı) tek kaynaktan alınmış ve kimyasal raporları aynen kabul edilerek kullanılmıştır.

Araştırma sonucunda ise laboratuvar ortamında yapılan deneylerle bulunan betonun değerleri ile TS500 formülü kullanılarak bulunan değer arasındaki farkın, uygulamada betonarme yapı elemanlarının projelendirmesinde emniyetli yönde farklılık gösterebileceği mevcut yapıların güçlendirilmesinde düşük donatı ve kesit gereksinimi çıkarabileceği şeklinde yorumlanabilir.

EFFECTS OF SPECIMEN TYPE AND DIMENSIONS ON COMPRESSIVE STRENGTH OF CONCRETE

SUMMARY

Key Words: Compressive Strength, Size Effect

In this research, impact of aggregate grain size on concrete strength and water absorption is investigated. The most appropriate exponential curve formulations and correlation coefficients are found by making various experiments on cubic samples in laboratory environment. Experiments that have been done are as follows:

Correlation between strength on unset concrete sample and unit weight
Correlation between strength on rigid concrete sample and unit weight
Correlation between compressive strength and water/cement ratio
Correlation between compressive strength and ultra volume speed

In this research; same aggregate, sand, cement, plasticizers in addition to water are used in each sample. Results, which are found by the results of experiments at laboratory, are analyzed according to current TS (Turkish Standards).

The cement and plasticizers, which are used in research, are taken from single source (Cimsa Cement San. Tic A.S. Eskisehir Cement Plant Cem I 42,5 and super plasticizers that are produced at Cimsa Cement San. Tic. A.S. Mersin Plant respectively) and they are used by accepting chemical reports exactly.

As a result of research; the difference between static elasticity module values of concrete which are obtained by the experiment in laboratory and the values which are found by using TS500 formula can be interpreted as the fact that in practice, project designing of structural element of concrete can be differentiate in secure way and lower equipment and section in order to strength current structure may be needed.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

1.1. Beton

Eski Mısırlılar, sönmüş kireç ve alçı taşı (kalsiyum sülfat) çimentoları kullandılar. Romalılar, Vezüv dağı yakınında bulunan ve doğal bir volkan külü olan pozzolana'nın katılmasıyla, yalnızca daha güçlü ve dayanıklı değil, aynı zamanda su altında sertleşen, bu yüzden de köprü ve su kemeri yapımında çok değerli olan bir beton buldular. Kireç ve pozzolana'lı betonun kullanımı, Romalılardan sonra Karanlık çağ denilen dönemde de (XV-XI yüzyıllar) sürmüştür.

M.Ö. 3000 yılından itibaren kalsiyum (Ca) esaslı bağlayıcı maddeleri yapı malzemesi olarak kullanılmaktadır. Modern Portland Çimentosu ise ilk kez 1824 yılında üretilmesine karşın ilk betonarme yapı 1857 yılında yapılmıştır. Hazır beton, dünyada ilk kez 1903 yılında Almanya'da ortaya çıkmış, sonraki birkaç yıl içerisinde ise ABD'de görülmeye başlanmıştır. 1914 yılında, Stephan Setephanian isimli, Ermeni asıllı bir Türkiye göçmeni tarafından beton taşıma amaçlı "transmikser" aracının geliştirilmesi, hazır beton endüstrisinin Amerika'daki yaygınlığını arttırmış, özellikle savaş yıllarından sonra, bazıları bugün de faaliyette olan pek çok hazır beton firması kurulmuştur. İzleyen yıllarda hazır betonun yapıların temel inşaat malzemesi olarak benimseyip, yaygınlaşmaya başlaması uzun sürmemiş, kısa zamanda pek çok beton üretilip, kullanılmaya başlanmıştır. Özellikle 20.yüzyılın ikinci yarısıyla birlikte hız kazanan kentleşme ve altyapı çalışmaları, hazır beton ve beton ürünlerinin daha çok üretilip, yaygınlaşmasını sağlamış, dolayısıyla bu alanda pek çok teknolojik gelişme kaydedilmiştir [1].

Beton çağdaş toplumların temelini oluşturan en önemli malzemelerin başında gelmektedir. Betondan binalar, yollar, köprüler, barajlar, santraller, istinat duvarları, hava alanları, su depoları, limanlar vb yapıların oluştuğunu bilmekteyiz.

Günümüzde, dünyada her yıl yaklaşık 5.5 milyar m³ beton üretilmektedir. Bu miktar dünya nüfusu göz önüne alındığında kişi başına 1000 kg beton üretildiğini göstermektedir. Ancak, bu kadar yaygın kullanılan bir malzeme olmasına karşın, çoğunlukla betonun öneminin farkında olmadığımızı belirtebiliriz.

Betonun bu derece yaygın kullanılan bir malzeme olmasının çeşitli nedenleri bulunmaktadır. Beton diğer bir çok yapı malzemesine göre daha kolay şekil alabilmektedir. Diğer malzemelerden daha ekonomiktir. Bir çok yapı malzemesine göre daha dayanıklı bir malzemedir. Beton üretiminde daha az enerji tüketilerek beton elde edilebilmektedir. Bunun yanında beton her yerde üretilebilir özel bir alan kullanılmasına gerek yoktur. Betonun estetik olması ise onu en çok kullanılan yapı malzemesi yapmıştır [2].

Betonarme taşıyıcı iskeletin yerinde yapı üzerinde inceleme ve deneylerle betonun özelliği ve niteliğinin belirlenmesi, gereken belgeleme eksikleri, şüpheli malzeme kullanılmış olması, hasar görme, ek yük taşıma isteği gibi durumlar yapım aşamasından başlayarak yapının faydalı olması bir inşaat mühendisinin dikkat etmesi gereken hususlardandır [3].

Taze haldeyken plastik bir kıvama sahip olması betona istenilen herhangi bir şeklin verilmesini sağlar. Başka bir deyişle, taze beton sertleştiğinde içine konulmuş olduğu kabın şeklini almaktadır. Böylece, kirişler, kolonlar, karmaşık şekilli hiperbolik kabuklar, döşemeler, kazıklar, kütle betonlar vb yapmak mümkün olur. Beton üretiminde büyük ölçüde yerel malzemeler kullanılır. Bu husus maliyetinin diğer yapı malzemelerine oranla düşük olmasındaki en önemli noktalardan biridir. İyi bir beton dayanıklı bir yapı malzemesidir. Uygun bir şekilde tasarlanmış, üretilmiş, yerleştirilmiş, sıkıştırılmış ve bakımı yapılmışsa uzun yıllar herhangi bir bakım, onarım gerektirmeden hizmetini sürdürebilmektedir. Betonu bir hazır beton santralinde olduğu kadar ülkenin en ücra köşesinde de kalite kontrolüne özen göstermek koşuluyla üretmek mümkündür. 1 m³ alüminyum, çelik ve cam üretimi için, sırasıyla; yaklaşık 360 GJ, 300 GJ ve 50 GJ enerji harcanırken, aynı miktardaki bir beton için yaklaşık 3.5 GJ enerjiye ihtiyaç vardır. Enerji maliyetlerindeki hızlı artış değerlendirilecek olursa, betonun bu özelliğinin önemi anlaşılır. Beton aynı

zamanda bir çok estetik olanaklara sahip bir malzeme olarak bilinir. İstenilen şekil, renk ve yüzey özelliklerini vererek değişik görüntüler elde etmek mümkündür.

Beton çimento, ince agrega, kaba agrega, su ve gerektiğinde çeşitli kimyasal ve mineral atıklar içeren kompozit bir malzemedir. Çoğu zaman, konuyla ilgisi olmayan sıradan insanlar, hatalı bir biçimde, çimento harcı ve çimento hamurunu da beton olarak nitelendirmektedirler. Bu beton üç malzemesinin, genel hatlarıyla tanımı Tablo 1.1 verilmiştir.

Tablo 1.1. Çimento hamuru harç ve betonun genel tanımları

<u>Malzeme</u>	<u>Bileşimi</u>
Çimento hamuru	Çimento + Su
Harç	İnce agrega + çimento hamuru
<u>Beton</u>	<u>Kaba agrega + ince agrega + çimento hamuru</u>

İyi bir betonun, tüm ince agrega tanelerinin çimento hamuruyla, tüm kaba agrega tanelerinin de harçla kaplanmış olması gerekir. Bu sistem içindeki bağlayıcı malzeme olan çimentonun suyla reaksiyonu sonucunda beton dayanım kazanır.

1.2. Betonun Yapısı

Beton kendisini oluşturan agrega (kum ve çakıl), çimento ve suyun belirli ölçülerde karıştırılması sonucunda elde edilen bir yapı malzemesidir. Beton özelliklerine etkili olmak için bazı durumlarda kimyasal katkı maddeleri de karışıma eklenebilmektedir [4].

1.2.1. Agrega

Doğal, yapay veya her iki cinsi yoğun mineral malzemesinin genellikle 100 mm'ye kadar çeşitli büyüklüklerdeki kırılmamış ve/veya kırılmış tanelerin bir yığındır. Doğal Agrega doğal taş agrega; teraslardan, nehirlerden, denizlerden, göllerden ve taş ocaklarından elde edilen kırılmış agregadır [5]. Yapay Agrega ise; yüksek fırın

cüruf taşı, izabe cürufu veya cüruf kumu gibi sanayi ürünü olan kırılmış veya kırılmamış agregadır.

İri Agregada 4 mm açıklıklı kare delikli elek üzerinde kalan agregadır. Çakıl; kırılmamış tanelerden meydana gelen iri agregadır. Kırma Taş; kırılmış tanelerden meydana gelen iri agregadır. Kum; kırılmamış tanelerden meydana gelen ince agregadır. Kırma Kum; kırılmış tanelerden meydana gelen ince agregadır. Kırma Kum, çakılın kırılması ile elde edilir. Karışık Agregada; ince ve iri agregada karışımıdır. Doğal Karışık Agregada; agregada ocağında, kırıcıdan veya sanayiden doğrudan doğruya elde edilen karışık agregadır. Maksimum tane büyüklüğünden büyük taneleri ayırmak için elenmiş agregalara da doğal karışık agregada denmektedir. Hazır Karışık Agregada ise ince ve iri agreganın veya bir kaç tane sınıfına ayrılmış bu agregaların belirli tane dağılımı sağlayacak şekilde beton yapımı sırasında yerinde birbirine karıştırılması ile meydana gelen agregadır.

Doğal agregada oldukları bilinen kumlar ve çakıllar, atmosferik etkenlerin ve zamanın etkisiyle kayaların, taşların parçalanıp sürüklenerek ufalamasından meydana geldiklerine göre en dayanıklı ve sağlam minerallerden meydana gelirler. Harç ve betonlarda kullanılan kum ve çakılların çoğu ırmak, çay, dere gibi su akımlarının bıraktıkları ve dere kumu adı verilen çeşit veya buz kütlelerinin sürükleyip yığdıkları kum yataklarından çıkarılanlardır. Diğer kaynaklar, ufalanmış gevrek kumtaşı (gre) ile plaj ve sahillerde bulunan deniz kumudur. Deniz kumu, agregada olarak değerli bir malzeme olmakta beraber bulaşık bulunduğu çözelti ve tuzlar dolayısıyla mimari yapılarda ve ev inşaatında oldukları gibi kullanımları doğru değildir. Ancak, bol tatlı su ile yıkandıktan sonra sözü geçen yapılara ait harç ve betonlarda kullanabilirler. Aksi durumda nemden kurtulmak güçtür.

1.2.1.1. İdeal agregada standartları

Agregalar kullanma yeri ve amacına göre. Granülometrik bilişim, tane şekli, tane dayanımı, aşınma direnci, dona dayanıklılığı ve zararlı maddeler bakımından TS 706 EN 12620 standartının gereklerini yerine getirmelidir. Ayrıca, suyun etkisi altında

yumuşamamalı, dağılmamalı, çimentonun bileşenleri ile zararlı bileşikler meydana getirmemeli ve donatım korozyona karşı korunmasını tehlikeye düşürmemelidir.

Tane Dağılımı; agreganın tane dağılımı, granülometri eğrileri (elek eğrileri) ve gerektiğinde bu eğrilere bağlı olarak tayin edilen incelik modülü, özgül yüzey ve su istek katsayıları ile belirtilir.

Tane Şekli; agregaların tanelerinin şekli, olabildiği kadar küresel ve kübik olmalıdır. Tanenin en büyük boyutunun en küçük boyutuna oranı 3'den büyük olan tanelere şekilce kusurlu taneler denir. Şekilce kusurlu taneler (yassı veya uzun taneler) oranı, 8 mm'nin üzerindeki agregalarda ağırlıkça % 50'den çok olmamalıdır.

Tane Dayanımı; agrega taneleri, istenilen özellikli bir betonun yapımına elverişli olacak kadar dayanıklı olmalıdır. Bu özellik, doğal olarak oluşmuş kum ve çakılda veya bunlardan kırılarak elde edilen agregalarda, doğada uğradıkları ayıklanma olayı ile sağlanmaktadır. Betonun yapımında kullanılacak agregalar için ağırlıkça % 45'ten az kayıp bulunmuş ise agrega yeterli olarak kabul edilir.

Dona Dayanıklılık; bir agreganın dona dayanıklılığı öngörülen kullanma amacı için yeterli olmalıdır. Doğal olarak oluşmuş kum ve çakıl veya bunlardan kırılarak elde edilen agregalar, doğada uğradıkları ayıklanma olayı dolayısıyla çoğunlukla çok az miktarda dona duyarlı taneler içerir. Sürekli donma ve çözünme olamayan yörelerde bu özellik aranmaz.

Zararlı maddeler, betonun prizine (katılaşmasına) veya sertleşmesine zarar veren, betonun dayanımını veya doluluğunu (kompositesini) azaltan, parçalanmasına neden olan veya donatının korozyona karşı korunmasını tehlikeye düşüren maddelerdir. Dağılım ve miktarlarına bağlı olarak zararlı etkileyen maddeler şunlardır. Yıkanabilir maddeler, organik kökenli maddeler, sertleşmeye zarar veren maddeler, bazı kükürtlü bileşikler, yumuşayan, şişen ve hacmi arttıran maddeler, klorürler gibi korozyona sebep olan maddeler, klorürler gibi korozyona sebep olan maddeler ve mikalar.

Yıkanabilir maddeler; agregada ince halde dağılmış veya topak halinde veya agregatanelerine yapışık olarak bulunabilir. Bu maddeler genellikle kil, silt ve çok ince taş unudur.

Organik kökenli maddeler; humuslu ve diğer organik maddeler ince dağılmış halde iken betonun sertleşmesine zarar verebilirler. Taneli halde buldukları zaman renk değişmesine veya şişerek betonun yüzeyinde patlamalara neden olabilir.

Agregalarda aranan bazı önemli özellikler bulunmaktadır. Bunlar;

1. Sert, dayanıklı ve boşluksuz olmaları,
2. Zayıf taneler içermemeleri (deniz kabuğu, odun, kömür...vs)
3. Basınca ve aşınmaya mukavemetli olmaları,
4. Toz, toprak ve betona zarar verebilecek maddeler içermemeleri,
5. Yassı ve uzun taneler içermemeleri,
6. Çimentoyla zararlı reaksiyona girmemeleridir.

Agreganın kirli (kil, silt, mil, toz...vs) olması aderansı olumsuz etkilenmekte, ayrıca bu küçük taneler su ihtiyacını da arttırmaktadır. Beton agregalarında elek analizi, yassılık, özgül ağırlık ve su emme gibi deneyler uygun aralıklarla yapılarak kalite sürekliliği takip edilmelidir. Betonda kullanılacak agregalar TS 706 EN 12620'ye uygun olmalıdır [6].

1.2.1.2. Agregaların fiziksel özellikleri

Agreganın Porozitesi : Agregatanelerinde bir miktar boşluk bulunması doğaldır. Agregatanelerindeki boşluk su emme deneyi yapılarak belirlenir. Buna göre kurutulmuş iri agregatanelerinden W ağırlığında (2-5 kg arasında) malzeme alınarak 24 saat su içinde bırakılır. Bir havlu ile tanelerin yüzeyinden su alınır ve taneler böylelikle kuru yüzey doygun duruma getirilir. Bu tanelerden W1 ağırlığında malzeme alınarak etüvde kurutulur. Kurutulan malzemenin W0 ağırlığı bulunur.

O halde ağırlıkça su emme miktarı $(W1-W0) / W0$ ifadesiyle % cinsinden bulunur. Agreganın porozitesi (P) ise, agreganın gr/cm^3 cinsinden özgül ağırlığı, W1 ve W0 gr. Cinsinden ağırlıklar olduğuna göre; $P=((W1-W0/W0)*100$ olarak ifade edilir.

İri agrega tanelerinin porozitesinin küçük olması ile bu tanelerin mukavemetinin yüksek bir değer alması sağlanır. Mukavemeti yüksek olan taneler kullanılarak üretilen betonların mekanik mukavemeti de artırılabilir [6].

1.2.1.3. Agrega – su bağıntıları

Agreganın emdiği su miktarı tanelerin kökenine, yapısına ve granülometri bileşimine bağlıdır. Agrega taneleri arasındaki boşluklarda aşağıdaki dört şekilde bulunmaktadır.

1. Tamamen kuru taneler; agrega tanelerinde herhangi bir şekilde hiç su bulunmamaktadır.
2. Kuru yüzeyli taneler; tanelerin içindeki boşluğun bir kısmı su ile doludur, fakat tanenin yüzeyi tamamen kurudur.
3. Kuru yüzeyli doymuş taneler; tanelerin boşluklarının su ile dolması ve yüzeyinin tamamen kuru olması halidir.
4. Islak taneler; agregadaki boşluklar su ile dolu olduğu gibi yüzeyde su vardır.

Agregadaki su miktarı agreganın birim ağırlığına, hatta özgül ağırlığına da etki eder. Birim ve özgül ağırlık doymuş kuru yüzey hal için verilir. Agregada boşlukların fazla olması agreganın donma ve çevre etkilerine karşı dayanıklılığını azaltır. Agrega su emme yüzdesinin limiti kum ve çakıl için % 1'dir. Su emme yüzdesi yüksek olan agreganın betonda kullanılması beton dayanımı ve dayanıklılığını azaltır [6].

1.2.1.4. Agregaların birim ağırlığı, özgül ağırlığı ve kompazitesi

Birim Ağırlık; belirli bir hacmi dolduran agreganın ağırlığına birim ağırlık denir. Agregayı kuru halde iken gevşek olarak bir kaba boşaltarak bulunan birim ağırlığa

“gevşek birim ağırlık” ve yine kuru iken belli sayıda çubuk darbesi ile sıkıştırılarak bulunan birim ağırlığa ise “sıkışık birim ağırlık” denmektedir.

Birim ağırlıktan agreganın içindeki boşluk miktarı hesaplanabildiği gibi, özel amaçlar için agreganın uygun olup olmadığı da değerlendirilebilir. Ayrıca agreganın granülometri bileşimi ve kusurlu malzemenin varlığı hakkında bilgi vermektedir.

Birim ağırlığa etki eden faktörler ;

1. Agreganın granülometrisine bağlı olarak boşluk miktarı değişmektedir. Boşluk miktarının az olması birim ağırlığı artırır.
2. Kusurlu malzemenin fazla miktarda olması boşluğu attığından birim ağırlığı düşürecektir.
3. Agreganın hacmine sahip bir kalıba yerleştirilirken sarsıntıya maruz bırakılırsa ve çubukla şişlenirse kabı az boşluk bırakarak doldurur. Bu da birim ağırlığın büyük bir değer almasıdır.
4. Agreganın özgül ağırlığının fazla olması agreganın ağırlığının büyük olduğunu gösterir. Dolayısıyla birim ağırlık artar.

Birim ağırlığı yüksek bir betonun dayanımı, dayanıklılığı ve taşıma gücü fazladır. Beton agregalarının birim ağırlığı 1300- 1850 kg/m³ arasında değişir. Agreganın sıkışma oranı ne kadar yüksek olursa basınç dayanımı ve dış etkilere dayanımı da o kadar yüksek olur.

Özgül Ağırlık; belli bir hacim ve sıcaklık ta ki bir malzemenin, havadaki ağırlığının aynı hacim ve sıcaklıktaki damıtık suyun havadaki ağırlığına oranıdır. Bu özellik agreganın kökeni hakkında bilgi verir ve beton bileşenlerinin hesabında kullanılır. Betonda kullanılacak agreganın özgül ağırlığının 2,2- 2,7 kg/dm³ arasında olması istenir.

Özgül ağırlık, agreganın uygunluğunu belirtir. Düşük özgül ağırlık sağlam olmayan malzemeyi, yüksek özgül ağırlık ise kaliteli betona uygun agregayı tanımlar. Özgül ağırlık beton karışım hesabında, bu hesapların düzeltilmesinde ve beton

homojenliğinin zorunluluğu durumlarında gereklidir. Düşük özgül ağırlık agreganın boşluklu ve zayıf olmasına işarettir.

Agreganın kompasitesi ile birim hacimdeki agregada tanelerin işgal ettiği hacmin toplamı anlaşılmaktadır.. Agreganın birim ağırlığı her zaman için özgül ağırlıktan küçüktür.

$$U=(W_a+V \cdot \delta_w)/(V_s+V_i+V_p) \delta_w$$

U : Agregada birim ağırlığı, (gr/cm³, kg/m³, ton/m³)

V : Agreganın doldurulduğu kabın hacmi

W_a : Kap içerisine konulan agregada ağırlığı (gr, kg, ton)

$$S_{dyk}= W_s+V_p$$

W_s:Agreganın tamamen kuru (fırında kurutulmuş) ağırlığı, gr

V_p: Su geçirgen boşlukların hacmi

V_s: Agregadaki katı kısımların hacmi

V_i: Su geçirmeyen boşlukların hacmi

δ_w: Suyun özgül ağırlığı

Agreganın kompasitesinin küçük olması şu zararları meydana getirir;

1. Üretilen betonun kompasitesi ve mukavemeti düşük olur.
2. Kullanılan çimento miktarı artar.
3. Betonun maliyeti yükselir.
4. Kusurlu malzeme miktarı artar. Bu da işlenebilme özelliğine etki yaparak mukavetin düşmesine neden olur.
5. Dış etkilere karşı dayanıklılık azalır.

1.2.1.5. Agregada deneyleri

1. Yüzey nem oranı tayini(TS 3523)
2. Özgül ağırlık ve su emme deneyi (TS 3526 EN 1097-6)
3. Su emme deneyi (TS 3526 EN 1097-6)
4. İnce madde oranı tayini (TS 3527) (Yıkama ile)
5. İnce madde oranı tayini (TS 3527) (Çökeltme ile)
6. Hafif madde oranı tayini (TS 3528)
7. Birim ağırlık deneyi (TS 3529)
8. Tane büyüklüğünün dağılımının tayini (TS 3550 EN) (Granülometri)

9. Dona dayanıklılık deneyi (NaSO₄,MgSO₄)(TS 3655)
10. Dona dayanıklılık deneyi (Soğutma dolabında) (TS 3655 EN 1367-1)
11. Organik madde tayini (TS 3673 EN 1744-1)
12. Aşınma deneyi (TS 3694 EN 1097-2 / Los Angeles)
13. Tane şekli sınıfı tayini (KT I, KT II, KT III içeren ocak için)
14. Beton agregaları yeterlilik deneyi (TS 3821)
15. Kil toprakları deneyi (eski TS 707)
16. Alkali agrega reaktivite deneyi (TS 2517)
17. Ufalanma deneyi
18. Pirinç çubukla sertlik deneyi

1.2.1.6. Agregaların granülometresi

Agregaların granülometri bileşimi ile ilgili olarak agregayı teşkil eden tanelerin muhtelif boyutta olduğunu belirtebiliriz. Fakat aynı bir agreganın numunesinde belirli büyüklükteki taneler daima belirli miktarda bulunur. İşte granülometri bileşim bize boyutları belirli limitler arasında bulunan tanelerin ne miktarda agrega içinde bulunduğunu açıklar. Bu maksatla agregalar üzerinde << granülometri deneyleri>> yapılır.

Tezin ileri bölümlerinde açıklanacağı gibi bir agreganın granülometri bileşiminin o agregayı kullanarak üretilen betonun özellikleri üzerinde gayet önemli etkileri vardır. Bu itibarla kullanılmadan evvel bir agreganın granülometri bileşiminin muhakkak saptanması gereklidir [6].

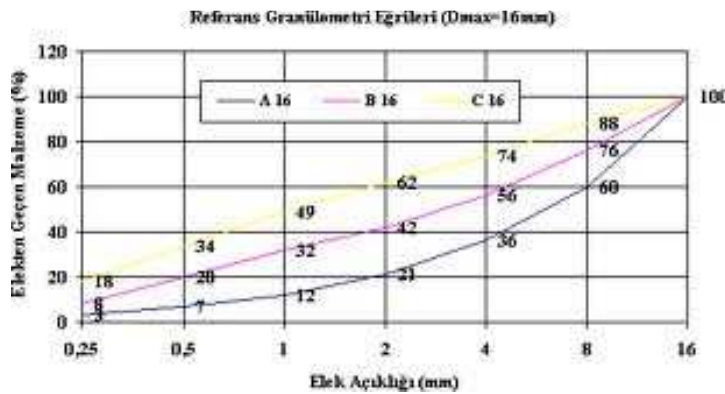
1.2.1.7. İncelik modülü

Agregaların granülometri bileşimi en iyi en doğru bir şekilde granülometri eğrileri ile gösterilir. Fakat granülometri bileşimini daha pratik bir şekilde gösteren başka karakteristikler de vardır ki bunlar arasında en önemlisi incelik modülüdür. İncelik modülü ancak elek boyutlarının bazı şartları yerine getirmesi halinde bahis konusu olabilir. Bu şartlardan en önemlisi birbirini izleyen elek boyutlarının birbirinin belirli katı olmasıdır. Bu eleklerle yapılan deneyler sonunda elde edilen granülometri

eğrisinin her bir eleğe ait ordinatını (1) den çıkaralım. Bu şekilde elde edilen değerlerin toplamı o agreganın incelik modülüdür. TS 707 elek serisine göre yapılan bir deneyde agreganın granülometri eğrilerinin ordinatı olarak aşağıdaki değerler elde edilmiş olsun. Bu değerlerden itibaren ince modülü 1-p teşkil edilerek hesaplanmaktadır.

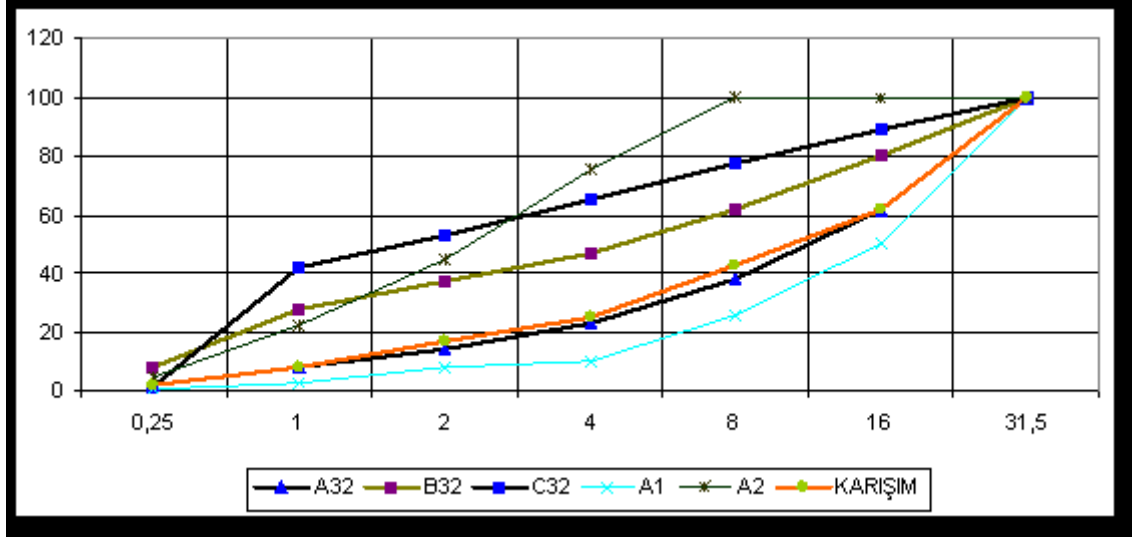
İncelik modülünün bu tanımından kolaylıkla anlaşılmaktadır ki ; bir agregada taneler inceleştikçe veya boyutları küçük olan tanelerin miktarı arttıkça bu karakteristik küçük değerler almaktadır. Tabiatıyla iri tanelerin miktarının artması ise incelik modülünün büyük değerler almasına sebep olur. İncelik modülünün ifade ettiği anlamı burada açıklamakta fayda görüyoruz.

Tablo 1.2. İncelik Modülü – Granülometri Eğrisi



İncelik modülünün ifade ettiği anlamı burada açıklamakta fayda görüyoruz. Bu maksatla granülometri eğrisini gösteren eksen takımında (y) ekseninde herhangi bir değişiklik yapmayalım. Buna karşılık x eksenini (d) yerine lgd değerlerine göre ölçeklenmiş olsun. Bu durumda kolaylıkla görülür ki Tablo 1.2'deki birbirini izleyen (a) değerini gösteren noktalar arasında sabit bir mesafesi kalmaktadır. Burada log2 den başka bir şey değildir. (x) ekseninde herhangi bir U noktası ile 100 No.lu elek boyutu gösterildikten sonra bundan itibaren 2 mesafelerde diğer elek boyutları kolaylıkla işaret edilir. Bu eksen takımında yukarıda granülometri bileşimi verilen agreganın granülometri eğrisini çizelim. $0,20 \times$ çarpımını teşkil edersek, [burada 0,20 (8) no.lu elek'e ait (1-p) değeridir], AA'WB alanının değerini verir. Diğer

eleklerin (1-p) değerleri için de aynı işlemi yaparak bunların toplamını alırsak $2,73X$ çarpımını elde ederiz.



Şekil 1.1. İncelik Modülü-Granülometri Eğrisi İlişkisi

Bu çarpımı Şekil 1.1'in taranmış alanının S ile gösterilen yüz ölçümünü vermektedir. Buna göre incelik modülünün şu şekilde ifade etmek mümkündür.

Elek boyutları arasında fark çok azaltılacak olursa granülometri eğrisi devamlı bir eğri olacaktır ve S bu eğri ile $p=1.00$ doğrusu arasında kalan 100 no.lu eleğin sağ tarafında bulunan alan gösterecektir. Buradan incelik için modülü yeni bir tanımlama oluşturabiliriz. İncelik modülü granülometri eğrisi ile $p=1.00$ doğrusu arasında kalan alan ile doğrudan doğruya orantılı olan karakteristiktir. İncelik modüllerinin bu muhtelif tanımlamalardan kolaylıkla anlaşılacaktır ki granülometri bileşimi muhtelif olan agregaların incelik modülleri birbirine eşit olabilir. Diğer bir ifadeyle; incelik modülü aynı olan , fakat granülometri bileşimleri birbirinden çok farklı agregalar vardır. Öyleyse incelik modülü agreganın granülometri bileşimini yeterli derecede belirten bir karakteristik olmaktan uzaktır. Bununla birlikte incelik modülü bize agrega granülometri bileşimi hakkında kaba bir fikir vermektedir. Bu karakteristiğin büyük değerler alması agrega içinde iri tanelerin fazla miktarda bulunduğunu gösterir. Bundan dolayı çakılların incelik modülü kumlarınkinden daima büyük bir değere sahiptir. Granülometri eğrilerinin dar bir bölge içinde

bulunması halinde agregaların incelik modülü ancak o malzemenin granülometri bileşimini oldukça iyi şekilde gösterebilir. Bu bakımdan bu karakteristiğin granülometri bileşimi az değişiklik gösteren agregalarda saptanması faydalıdır. Örneğin aynı ocaktan gelen çakılın granülometri bileşimi incelik modülünün bulunmasıyla iyi ve kolay bir şekilde kontrol edilebilir [6].

1.2.1.8. Granülometri bileşiminin beton özellikleri üzerine etkisi

Beton strüktür malzemesi olarak düşünüldüğünde; bu malzemenin yüksek bir basınç mukavemetine sahip olması istenir. Betonun mukavemetinin istenilen değerden büyük olabilmesi için tabiatıyla betonun üretiminde bazı şartların yerine getirilmesi gerekmektedir. Bugüne kadar yapılmış pek çok araştırma ve çalışmalardan kesin olarak anlaşılmaktadır ki ; beton üretiminde kullanılan yoğurma suyu miktarı mukavemet üzerinde büyük bir etki yapmaktadır. Kullanılan su miktarı arttıkça, belirli bir değerden küçük olmamak üzere, beton mukavemeti önemli azalmalar gösterir. Betona konulan suyun birçok fonksiyonu vardır. Öncelikle su çimentonun hidratasyonunu sağlar; daha sonra kum ve çakıl tanelerini ıslatır ve taze betonun kalıbına yerleşmesini kolaylaştırır. İşte agrega tanelerini ıslatmak için kullanılan su agreganın granülometri bileşimine bağlı olarak bulunmaktadır. Buradan granülometri bileşiminin betonun mukavemeti üzerinde ne kadar büyük etki yapabileceği kolaylıkla anlaşılmaktadır.

Bir cismin mukavemeti; içinde bulunduğu boşlukla ilgilidir. Boşluk fazla ise veya kompasite düşük ise malzeme büyük bir mukavemete sahip olamaz. Betonlarda da aynı durum mevcuttur. Betonlarda kompasitenin büyük olması ancak betonu teşkil eden agreganın kompasitesinin büyük olması ile mümkündür. Agreganın kompasitesi ise agreganın granülometri bileşimine bağlıdır. Granülometri bileşiminin bazı durumları kompasitenin büyük değerler almasına, bazı durumları ise bu karakteristiğin küçülmesine sebep olur. Agreganın kompasitesinin çimento dozajı üzerinde de önemli bir etkisi bulunmaktadır.

Düşük kompasiteli bir agrega ile beton üretilecekse fazla miktarda boşlukların doldurulması için çimento miktarını arttırmak gerekir. Bu tedbir elbette ki betonun

maliyet fiyatını arttırır. Ayrıca fazla miktarda çimento kullanmanın teknik bakımdan, rötreyi arttırması gibi önemli sakıncaları bulunmaktadır.

Betonda aranan önemli özelliklerden biri de işlenebilme özelliğidir. Diğer bir deyişle taze betonun kalıbına kolaylıkla yerleştirilebilme kabiliyetine sahip olmalıdır. Betonun bu özelliğe sahip olmasında, o betonun yapımında kullanılan agreganın granülometri bileşiminin rolü büyüktür. Bileşim bazı şartları yerine getirmediği takdirde beton işlenebilme özelliğinden kısmen veya tamamen yoksun kalır. Böyle bir beton kalıbına iyi bir şekilde yerleştirilemez ve bundan dolayı malzeme içinde meydana gelen boşluklar betonun yüksek bir mukavemet kazanmasına engel teşkil eder.

Kısaca yapılan açıklamalardan da anlaşıldığı üzere; agrega granülometri bileşiminin bazı şartları yerine getirmemesi halinde betonun mukavemeti düşecek, fazla miktarda çimento kullanmak zorunluluğu hasil olacak, bu ise çatlakların teşekkülünü kolaylaştırmak gibi bir takım sakıncaları ortaya çıkaracaktır. Granülometri bileşiminin beton için en elverişli durumunu saptayabilmek için,

1. Granülometri bileşimi ile su miktarı
2. Granülometri bileşimi ile kompasite
3. Granülometri bileşimi ile işlenebilme özelliği arasında nasıl bir bağıntı bulunduğunu araştırmak gerekir.

1.2.1.9. Agregalardaki zararlı maddeler

Alkali – Silika Reaksiyonu : Betonarme veya beton yapı elemanlarının zamanla bozulup işlevlerini beklenen servis ömürlerine ulaşmadan yitirmelerine birçok faktör neden olabilir. Yapı elemanının durabilitesini belirleyen etkenler arasında beton bileşimini oluşturan malzemelerin fiziksel ve kimyasal yapısından kaynaklanan iç etkiler ve çevreden kaynaklanan dış etkiler sayılabilir. Bazı durumlarda, beton bileşimini oluşturan malzemelerin kendi aralarında veya çevreden gelen zararlı maddelerle kimyasal reaksiyonlar yapabildiği, böylece yapının ya da yapı elemanının hacim sabitliğinin bozulması nedeniyle zarar görebildiği

bilinmektedir. Alkali-Silika Reaksiyonu, bu tür kimyasal bolma nedenlerinden biridir [6].

1.2.2. Çimento

Öğütülmüş kalker ve diğer hammaddelerin belirli oranlarda karıştırılıp, döner fırınlarda pişirildikten sonra elde edilen klinklerin, alçı taşı ve diğer katkılarla karıştırılıp öğütülmesiyle elde edilen toz halindeki bağlayıcıya çimento denir.

Çimento su ile karıştırıldığında, hidrasyon reaksiyonları ve işlemleriyle priz alarak sertleşebilen hamur meydana getiren ve sertleştikten sonra dayanım ve kararlılığını su içerisinde bile sürdürülebilen öğütülmüş inorganik malzemedir [7].

Çimentonun beton içerisindeki işlevi; agrega tanelerinin yüzeyini kaplayarak ve taneler arasındaki boşlukları doldurarak bağlayıcılık görevi yapmaktadır [8].

Çimento bir çok beton karışımında hacimce en küçük yeri işgal eden bileşendir; ancak beton bileşenleri içinde en önemlisidir. En çok kullanılan çimento tipleri Portland Kompoze Çimento, Katkılı Çimento, Cürufllu Çimento ve Sülfata Dayanıklı Çimento'dur, bunun dışında özel amaçlar için Beyaz Portland Çimentosu ve diğer bazı tip çimentolar kullanılmaktadır [9].

Betonarme yapılarda kullanımı en yaygın çimento, Portland çimentosudur. Portland çimentosu belirli oranda kalker taşı (CaO) ve kilin (SiO_2 ve Al_2O_3) karıştırılıp pişirilmesinden sonra klinkerde bir miktar alçı taşı da eklenir. Fırında $1500\text{ }^\circ\text{C}$ ye kadar pişirilir. Pişirildikten sonra fırından çıkan malzemeye Klinker denir. Klinker belirli ($60\text{-}80\text{ }^\circ\text{C}$) geldikten sonra öğütülerek çimento elde edilir. Bu tezin hazırlanmasında Çimsa Çimento San. Tic. A.Ş. Eskişehir çimento fabrikasının CEM I 42,5R çimentosundan yararlanılmıştır [10].

Tablo 1.3. TSE'ye göre çimento ve agrega içinde bulunabilecek maddeler [11]

DENEYLER	KABUL LİMİTLERİ	DENEY STANDARDI	AÇIKLAMALAR
Tane Şekli	8 mm üzerindeki yassı ve uzun taneler ağırlıkça %50'den çok olmalıdır.	TS-3614	Tanenin en büyük boyutunun en küçük boyutuna oranı 3'den büyük olan tanelere kusurlu tane denir.
Tane Dayanımı	Bilyalı tamburla 100 dönüş sonunda ağırlıkça max %10.500 dönüş sonunda max %50 olacak.	TS-3694	
Dona Dayanıklılık (Sodyum Sülfat)	İnce agregalarda max %15 kaba agregalarda max %18	TS-3655	
Sertleşmeye Zarar Veren Maddeler	Şeker, mika ve çözünen tuzlar mevcut olmayacak	TS-3821	İncelenen agrega ile yapılan betonun basınç dayanımı, karşılaştırılmalı beton basınç dayanımının %85'inden daha düşükse, agregada betonun sertleşmesine zarar veren maddeler bulunduğu varsayılır.
Kükürtlü Bileşikler	SO ₃ olarak saptanan sülfat miktarı max %1	TS-3674	Kükürtlü bileşikler (alkali sülfatları, jips ve anhidrit gibi) betona zararlıdır.
Çeliğe Zarar Veren Maddeler	Suda çözünen klorürler klor olarak saptandığında, max%0.2 olacak	TS-3732	
Alkali Agregası	Alkali hidroksit ile reaksiyona girebilen silisli mineraller (kristobalit, tiridimit, opal vb. ve taşlar (opalli kumtaşı, obsidiyen, çakmaktaşı vb.) bulunmayacak.	TS-3332 TS-2517	Harç çubukları boy uzaması 6 ayda max %0.5, 1 seneden max %1 olmalıdır. (TS-3322) Kimyasal yöntemde zararsız bölgede olmalıdır. (TS 2517)
Yıkabilir Maddeler	63 mikron elekten geçen 0/4 mm arası max %4, 1/4 mm arası max %3, 2/8 mm arası max 24/63 mm arası max %0,5	TS-3527	
Organik Kökenli Maddeler	Sodyum Hidroksit ile yapılan deneyde sıvı rengi koyu sarı, kahverengi veya kırmızı olmayacak	TS-3673	
Hafif Maddeler	Kömür veya diğer şişen malzemeler 20kg/dm ³ sıvıda yüzdürüldüğünde ağırlıkça %0,5'den fazla olmayacak.	TS-3528	

1.2.3. Karışım suyu

Betonda kullanılan suyun hidrasyonu başlatıp sürdürmek ve betonun işlenebilirliğini sağlamak gibi iki önemli işlevi bulunmaktadır.

Temiz içilebilir, berrak ve kokusuz her su beton üretiminde kullanılabilir. Beton karma suyu asit niteliğinde olmalıdır. Sülfat, değişik tuz vb. Betona zarar verebilecek kimyasal maddeler içermemelidir. Karma suyunda aranan özellikler aşağıda sıralandığı gibidir:

1. En iyisi içilecek sudur.
 2. Su-asit reaksiyonu göstermemeli ($\text{pH} > 7$ olmalı)
 3. Sülfat içermemeli (BaCl_2 damlatıldığında beyaz çökelek vermemeli)
 4. Şüpheli durumlarda karşılaştırmak için priz ve mukavemet deneyleri yapılmalı
 5. Zorunluluk halinde deniz suyu karma suyu olarak kullanılabilir ancak;
 - a. Donatının korozyon riskini oluşturur. Bu yüzden önerilmeli beton yapılarda kullanılmamalı ve ayrıca sıcak iklimlerde kullanılmamalı
 - b. Alüminli çimentoyla kullanılmamalı
 - c. Yapının sürekli olarak rutubet tutmasına sebep olur
 - d. Beton yüzeyinde lekelenmelere neden olur
 - e. En son mukavemette %15'e kadar düşüşe neden olabilir.
1. Deniz suyu, kalıbına yerleşmiş betonun sulanmasında kullanılmamalıdır
 2. Karma suyu TS500 ve TS1247 de belirtilen kimyasal şartları sağlamalıdır [12].

1.2.4. Katkı maddeleri

1.2.4.1. Kimyasal katkı maddeleri

Betonun birtakım özelliklerini iyileştirmek amacıyla beton içerisindeki çimento miktarı baz alınarak belli oranlarda katılan organik veya inorganik kökenli kimyasallar katkı maddesi olarak adlandırılırlar. Katkı maddeleri çoğunlukla beton karışım suyuna katılır. Gereğinden fazla kullanıldığında aksi etkiler oluşturabileceği gibi yine gereğinden az kullanıldığı takdirde hiç bir faydası olmayabilir. Ancak şunun iyi bilinmesi gerekir ki kurallara uygun üretilmeyen bir betonun özelliklerini katkı maddeleri ile iyileştirmek mümkün değildir. Kurallarına uygun üretilen betonların da katkı maddeleri ile uyum önceden yapılan deneylerle belirlenmelidir.

Beton üretiminde kullanılan kimyasal katkı maddeleri aşağıdaki belirtildiği şekilde gruplandırılır.

1.2.4.2. Su azaltıcı- akışkanlaştırıcı kimyasal katkı maddeleri

Bu gruba giren katkılar çoğunlukla çimento ağırlığının % 0.2 – 0.5 arası oranlarda kullanılır. Taze betonun işlenebilirliğini arttıran bu katkılar aynı zamanda beton karma suyu ihtiyacını azalttıklarından betonun dayanımını da arttıırırlar.

1.2.4.3. Priz süresini değiştiren katkılar

Taze betonun priz adı verilen sertleşme sürecinin bazı koşullarda hızlandırılması veya geciktirilmesi istenir. Özellikle yaz aylarında, uzun taşıma mesafelerinde priz geciktiriciler, kış aylarında ise priz hızlandırıcılar kullanılır.

1.2.4.4. Süperakışkanlaştırıcılar

Daha çok yüksek dayanımlı beton üretiminde kullanılan bu katkılarla betonun su/çimento oranını 0.25'lere düşürmek olanaklıdır. Ancak süper akışkanlaştırıcılar

normal akışkanlaştırıcılara kıyasla %1-%3 gibi çok daha yüksek dozajlarda kullanılabilir.

1.2.4.5. Hava sürükleyiciler

Soğuk iklim koşullarında donma-çözülme tehlikesine karşı koruyan bu maddeler, aynı zamanda betonun işlenebilirliğini arttırlar.

1.2.4.6. Antifrizler

Bu tip katkılar beton içindeki suyun donma sıcaklığını düşürerek suyun donmasını ve betonun çatlamasını engeller. Ancak soğuk hava şartlarında betona sadece antifriz katkı ilave edilmesi kesin çözüm olmayıp döküm yerinde betonun korunması için özel önlemlerin alınması gereklidir.

1.2.4.7. Diğer kimyasal katkıları

Geçirimsiz beton, rötreyi önleyici, aderansı artırıcı, renklendirici, su tutucu, su geçirimsizlik vb.. değişik kimyasal katkı maddeleri vardır.

1.2.4.8. Mineral katkıları

Betonun bazı özelliklerini iyileştirmek veya betona özel nitelikler kazandırmak amacıyla kullanılan ince malzemeler mineral katkı olarak adlandırılırlar. Bu katkıların betona ek dayanım kazandırma özelliği olduğu kadar, betonun durabilite (kalıcılık) anlamında da performansını arttırlar. Tüm dünyada ve ülkemizde mineral katkıları zaman içinde her türlü fiziksel, kimyasal ve elektro-kimyasal dış etkilere karşı uzun ömürlü betonarme yapıların üretiminde portland çimentosu veya portland çimentosu klinkeri ile birlikte kullanılmaktadır.

1.2.4.9. Mineral katkı çeşitleri

1. Silis dumanı
2. Uçucu kül
3. Yüksek fırın cürufu
4. Tras [13]

1.3. Betonun Sınıflandırılması

1.3.1. Basınç dayanım sınıfları

Tablo 1.4 Basınç Dayanım Sınıfları

Basınç Dayanımı sınıfı	En düşük Karakteristik Silindir dayanımı	En düşük Karakteristik Küp dayanımı
	fck, sil	fck,küp
	N/mm ²	N/mm ²
C 8/10	8	10
C 12/15	12	15
C 16/20	16	20
C 20/25	20	25
C 25/30	25	30
C 30/37	30	37
C 35/45	35	45
C 40/50	40	50
C 45/55	45	55
C 50/60	50	60
C 55/67	55	67
C 60/75	60	75
C 70/85	70	85
C 80/95	80	95
C 90/105	90	105
C 100/115	100	115

Betonun basınç mukavemeti standart kür koşullarında saklanmış (20°C? 2°C kirece doymun su içerisinde), 28 günlük silindir (15 cm çap, 30 cm yükseklik) veya küp (15 cm kenarlı) numuneler üzerinde ölçülür.

Hazır betonda basınç dayanımı sınıfları, karşılığı silindir ve küp mukavemeti Tablo 1.4'te özetlenmiştir [14].

1.3.2. Kıvam sınıfları

Betonun işlenebilme özelliği kıvamı ile tayin edilebilmektedir. Kıvam, betonun kullanım yerine (kalıp geometrisi, demir şıklığı, eğim), betonu yerleştirme, sıkıştırma, mastarlama imkanlarına (pompa, kova) bağlı olarak özenle seçilmesi gereken bir özelliktir. Hazır Beton Standartı TS EN 206'da beton kıvamı çökme, vebe, sıkıştırılabilme ve yayılma sınıflarına göre belirlenir. Çökme sınıfları S1, S2, S3, S4 ve S5 sembolleri ile tanımlanan bu kıvamlar çökme (slump) konisi deneyi ile ölçülmektedir.

Tablo 1.5 Kıvam Sınıfı ile Çökme

Kıvam Sınıfı	Çökme (mm)
S1	10-40
S2	50-90
S3	100-150
S4	160-210
S5	≥ 220

1.3.3. Agrega en büyük tane büyüklüğü sınıfları

TS EN 206-1'e göre agrega en büyük tane büyüklüğüne göre sınıflandırılır. Örneğin; $D_{en\ çok}$ 22 cm olan beton. Beton içinde kullanılacak en iri agrega tane büyüklüğünün kalıp en dar boyutu, döşeme derinliği, pas payı, en sık donatı aralığı gibi unsurlarla uyumlu biçimde, TS 500 de belirtilen şekilde seçilmesi gerekir.

Piyasada yaygın biçimde kullanılan hazır beton ‘‘2 No Agregalı’’ olmaktadır. Çok sık donatılı veya ince kesitli elemanlarda bazı biliçli müşteriler ‘‘1 No Agregalı’’ hazır beton siparişi vermektedir [6].

Tablo 1.6 Agregata Tane Büyüklüğü Sınıfları

Agregata	Tane Büyüklüğü	Elekten Geçen Kütlece Yüzde (%)					Kategori G
		2D	1,4D	D	d	d/2	
İri Agregata	D/d≤2 veya D≤11.2 mm.	100	98-100	85-99	0-20	0-5	Gc85/20
	D/d> 2 ve D> 11.2 mm.	100	98-100	85-99	0-20	0-5	Gc85/20
İnce Agregata	D≤4 mm. ve d=0	100	95-100	85-99	-	-	Gf85
Doğal Olarak Sınıflandırılmış	D=8 mm. ve d=0	100	98-100	90-99	-	-	Gng90
Karışık	D≤45 ve d=0	100	98-100	90-99	-	-	Ga90
		100	98-100	85-99	-	-	Ga85

1.4. Betonda Aranılan Özellikler

1.4.1 Taze beton özellikleri

1.4.1.1. İşlenebilirlik ve kıvam

İşlenebilirlik; taze betonun kolayca karıştırılması, segregasyonu uğramadan taşınabilirliği, pompalanabilirliği, kalıba yerleştirilebilirliği, sıkılaştırılabilirliği ve yüzeyinin düzeltilmesi betonun ne ölçüde işlenebilir olduğunu göstermektedir. O nedenle, bu özelliklerin tümü, işlenebilirlik adı altında tek bir özellik olarak ifade edilmektedir. Betonda işlenebilirlik özelliği nispeten bir özelliktir.

Kıvam; taze beton karışımının ıslaklık derecesi anlamına gelmektedir. Kıvamı çok yüksek olan bir taze beton, düşük kıvamdaki bir betona göre daha rahat karıştırılmakta, pompalanabilmekte ve çoğu kez daha rahat yerleştirilebilmektedir. Ancak beton kıvamının çok yüksek olması betonun işlenebilirliğinin mutlaka yeterli olduğunu anlamına gelmemektedir.

İşlenebilmeyi ve kıvamı ölçme yöntemleri aşağıdaki gibidir,

1. Çökme Deneyi
2. Vebe Deneyi
3. Sıkıştırma Faktörü Deneyi.
4. Akılcılık Deneyi (Sarsma tablası Deneyi)

1.4.1.2. Segregasyon

Beton karışımı içerisinde yer alan malzemelerin homojen bir tarzda dağılmış olmaları ve betonun yeterli kohezyona sahip olması istenir. Beton teknolojisinden taze betonun içerisinde yer alan iri agrega ile çimento harcının herhangi bir nedenle ayrışma göstermesi segregasyon olarak adlandırılmaktadır.

1.4.1.3. Terleme

Taze betonun yerine yerleştirilmeden hemen sonra, katı parçacıkların yerçekimi etkisiyle dibe doğru ve suyun yukarı doğru hareke etme eğilimi bulunmaktadır. Taze betonun üst yüzeyine kadar erişebilen bir miktar su, bazen çok sığ bir su birikintisi yaratıp buharlaşmakta, bazen de doğrudan doğruyu buharlaşarak kaybolmaktadır.

Beton üst yüzeyine erişemeyen bir miktar su da yüzeye yakın bir bölgede toplanmış olmakta ve bu bölgenin su çimento oranı yüksek ve dolayısı ile zayıf bir betondan oluşmuş olmasına yol açmaktadır.

Taze betonun içerisindeki suyun beton yüzeyine çıkma eğilimine "Terleme" denilmektedir. Bu olay kanama, su alma veya kusma olarak da anılmaktadır.

1.4.1.4. Birim ağırlık

Taze betonun birim ağırlığı, bir birim hacim içerisinde yer alan taze betonun ağırlığıdır. Betonun birim ağırlığı, genellikle kg/m^3 veya ton/m^3 olarak ifade edilmektedir.

Taze betonun birim ağırlığının düşük veya yüksek olması, betonu oluşturan malzemelerin özelliklerine, beton içerisinde yer alan boşluk miktarına ve de tasarlanmış beton karışımına bağlıdır. Özgül ağırlığı yüksek olan agregaların oluşturduğu betonun birim ağırlığı da yüksek olmaktadır. Öte yandan içerisinde çok hava boşluğu bulunduran betonunun birim ağırlığı da düşük olmaktadır.

1.4.1.5. Üniformite

Taze betonda "üniformite" ayrılık, tamamen benzerlik anlamına gelmektedir. Kaliteli, standartlarına uygun beton üretilebilmesi için malzeme özelliklerinin ve oranlarının doğru seçilmiş olmalarının yanı sıra, malzemelerin uygun yöntemlerle ve uygun tarzda bir araya getirilmeleri ve kırılmaları gerekmektedir. Bir beton karışımını oluşturacak miktardaki malzemelerin topluluğuna "Beton malzemeleri harmanı" denilmektedir. Bir beton malzemeleri harmanını oluşturan malzemelerin karılması ile elde edilen belirli miktardaki taze betona ise "beton harmanı" ismi verilmektedir [5].

1.4.2. Sertleşmiş beton özellikleri

Yapının projelendirmesi aşamasında saptanan ve hizmet yüklerinin taşınması yeteneğini simgeleyen dayanımlar, kullanılarak betonun sınıfının belirleyici öğedir. Dayanım değimin çoğunlukla 28 günlük kazanılan değerler anlaşılır. Bununla birlikte erken priz ve erken kalıp sökme gibi uygulamalarda, genç dönemdeki değerleride önem kazanır. Yapıda kullanılacak olan betonun sahip olması gereken dayanım yanı sıra, dayanım kazanımında rol oynayan, ayrıca hizmet ömrü boyunca maruz kalacağı zorlamalara karşı görevini başarıyla sürdürmekte yardımcı olan doluluk, dayanıklılık, geçirimsizlik, elastik, ısıl, genleşme, sünme ve büzülme gibi özelliklerinin de şartname ve standartlarda ön görülen sınırlar dahilinde bulunması gerekmektedir.

1.4.2.1. Betonun basınç dayanımı

Betonun tanımlamada kullanılan önemli kavramların başında basınç dayanımı kavramı gelir. Betonlar karakteristik basınç dayanımına göre simge alıp sınıflandırılır. Bu değer TS 500'e göre "denenecek numunelerden bulunacak basınç dirençlerinin, bu değerden düşük olma olasılığı %10 olduğu değerdir". Basit anlatımla karakteristik dayanım 100 numuneden oluşan bir grupta 90 numunenin üzerinde kaldığı minimum dayanım değeridir. Beton sınıfları, karakteristik dirençleri ve eşdeğer küp dirençleri Tablo 1.4'te gösterilmiştir.

Betonda Basınç Mukavemetinin Önemi;

Yapıdaki beton çeşitli zorlamalara maruz kalmaktadır. Bu zorlamaların cinsine göre malzemenin çeşitli özelliklere sahip olması gerekir. Bu değişik özellikler birbirinden bağımsız değildir, aralarında yakın ilişkiler bulunur.

Betonun mekanik mukavemetleri arasında basınç mukavemeti değer bakımından en büyük olanıdır. Bu sebepten dolayı beton yapılarda daha çok basınç gerilmelerine maruz bırakılarak kullanılır. Betonun çekmeye karşı mukavemeti zayıf olduğundan betonarme yapı sistemi oluşturulmuştur. Bu yapı sisteminde, çekme gerilmelerini çelik armatürler almaktadır. Bazı yapı çeşitlerinde ise beton basınç gerilmelerinden başka çemke, eğilme zorlamalarına maruz kalmaktadır. Bunların dışında beton sademe ve aşınma olaylarının etkisi altında da bulunabilir. Betonun basınç gerilmelerinden başka çekmeye, sademe ve aşınmaya karşı yeterli mukavemete sahip olması gerekir.

Basınç Mukavemetine Etki Eden Faktörler

Bu faktörlerin incelenme amacı mukavemeti yüksek olan beton elde etmek için özellikle beton birleşiminin ne gibi kaidelere uyarak tayin edilmesi gerektiğini anlamaktır. Beton mukavemeti bileşimin dışında değişik birçok faktörün etkisi altındadır.

Basınç mukavemetini etkileyen faktörler şunlardır:

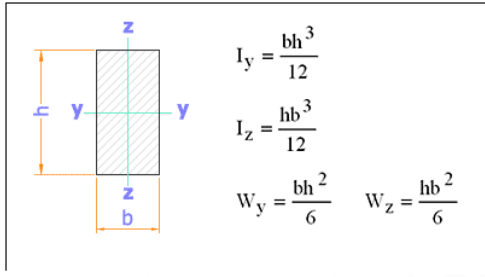
1. Çimento ile ilgili faktörler
2. Su miktarı
3. Betonun kompasitesi [16]

1.4.2.2. Çekme dayanım

Çekme kırılması sırasındaki beton numunenin uzaması yaklaşık 0,1 mm/m mertebesinde kalır. Bu uzamanın 2/3'nün elastik bölgede, 1/3'nün plastik bölgede olduğu saptanmıştır. Betonun çekmeye maruz bırakılması önlenmiş olduğundan çekme direnci betonun önemsiz bir karakteristiği olarak kabul edilmiştir. Ancak bu tür direnç birçok nedenden dolayı üzerinde durulması gereken bir özelliktir. Bu nedenlerden dolayı önemleri aşağıda verilmiştir. Meydana gelen çatlakların önemli bir sebebi çekme direncinin yetersizliğidir. Çatlak oluşumu ise malzemenin dış etkilere karşı dayanıklılığını ve kimyasal direncini azaltan bir özellik olup betonun ömrünü önemli mertebede kısaltır.

1.4.2.3. Eğilme dayanımı

Öncelikle çekme deneylerinin yapılmasında teknik zorunluluklarla karşılışılır. Bu nedenle eğilmeye maruz kalan malzemenin durumu en güvenilir biçimde, doğrudan doğruya eğilme deneyi uygulanarak incelenir. Malzemenin tamamen gevrek cisim olduğu ancak kırılma anına kadar Hooke Yasasına uygun davranıldığı kabul edilir. Eğilme zorlamasını dluşturan (M) eğilme momenti giderek artan tekil yükler olarak uygulandığında (M_k) momentine erişildiği zaman kesit direncini kaybedecek. Bu durumda (W) kesitin mukavemet momenti ise :



ifadesiyle hesaplanacak (D_c) karakteristiğine malzemenin eğilme direncine denir. TS 500 ve diğer yeni standartlarda eğilme direnci kavramı yar almamaktadır. Bununla birlikte özellikle yol ve hava meydanı pist kaplamalarının tasarımında betonun en az basınç direnci kadar "eğilme-çekme" direnci veya "kopma-kırılma" modülü kavramına gereksim duyulur.

1.4.2.4. Aşınma direnci-aşınmalara karşı direnç

Aşınma direnci yüklü taşıt dingililerinin beton yüzeyinde oluşturduğu aşınmaya abrasyon da denir. Betondaki aşınma direnci, doğrudan doğruya agrega tanelerini aşınmaya karşı dayanıklılıklarının fonksiyonudur. Çimento harcından daha sert agrega tanelerinin varlığı beton üzerindeki etkileri durdurur. Aşınmaya karşı direncin yeterli olabilmesi için:

1. Kullanılan hidrolik bağlayıcının basınç direncinin ve inceliğinin yüksek olması,
2. Bağlayıcı dozajının bütün agrega tanelerini tamamen saracak düzeyde saptanması,
3. Aşınmaya dayanıklı sert agregaların kullanılması ve sertliğin agregada uniform biçiminde dağılması gerekir.

Darbelere karşı direnç; darbelere karşı direnç tayini, beton döşeme ve plakların, ani tekil yüklere karşı davranışlarının değerlendirilmesinde geçerli olan bir kavramdır. Genel olarak darbeye dirençli betonun çekme direnci de yüksektir. Bu bakımdan çekme direncini arttıran önlemler betonun darbeye de dayanıklı olmasını sağlar.

1.4.2.5. Kompasite

Betonun birim hacimde yer alan çimento, kum ve iri agreganın gerçek (mutlak) hacimlerinin toplamına doluluk "kompasite" denir.

Doluluk yüzdesinin küçük olması, betonda su ve hava ile işgal edilmiş boşlukların çok olmasına kanıt oluşturur. Boşluk oranının büyük olmasının malzemenin dinencini azalttığı bilinmektedir. Betonda bu dolgu son derece belirgindir.

Bir karışımın doluluğunun yüksek olması, o karışımı oluşturan tanelerin granülometrik dağılımına bağlıdır. Betonun yüksek bir doluluğa sahip olabilmesi için granülometrik yönden aşağıdaki koşullar sağlanmalıdır.

1. İri agrega olabildiğince fazla olmalıdır.
2. Kum, iri agrega taneleri arasındaki toplam boşluğu dolduracak miktarda olmalıdır. Bu miktardan fazla veya eksik kullanılması doluluğu azaltır.
3. İri agrega boyutları kum danelerinin boyutlarına göre ne kadar büyükse doluluk yüzdesi o denli büyük olur [17].

1.4.2.6. Betonun dayanıklılığı

Beton hizmet göreceği koşullara göre tasarlanmış ve iyi bir kalite kontrol sistemi içinde hazırlanmış, yerleştirilmiş ve bakılmış ise, uzun yıllar hiçbir onarım gerektirmeden görevini yerine getirir. Ancak, çeşitli dış ve iç etkiler altında betonun performansının düştüğü durumlar olur. Dayanıklı bir beton bu etkilere karşı bozulmadan ve kendisinden beklenen performansı düşürmeden direnç gösteren betondur. Dolayısı ile betonun dayanıklılığı mekanik yükler dışındaki kimyasal ve fiziksel etkilere karşı bozulmadan direnç göstermesi olarak tanımlanabilir.

1.4.2.7. Betonun geçirimsizliği

Betonun dayanıklılığında tek başına etkili olan parametre su/çimento oranıdır. S/Ç oranı arttıkça çimento hamurunun gözenekliliği ve dolayısı ile betonun geçirgenliği artar. Geçirgenliği yüksek olan betonlara zararlı sıvı ve gazların nüfuz etmesi çok

daha kolaydır. Ayrıca, S/Ç oranı yüksek olan betonun dayanımı düşük olacağından çeşitli kimyasal ve fiziksel etkilerle beton içinde meydana gelebilecek içsel gerilmelere yeterli direnç göstermeyecek ve çatlayacaktır.

1.4.2.8. Çiçeklenme

Çiçeklenme suyun beton içinde hareketleri ile yüzeye etirilip biriktirildiği çeşitli tuzlar nedeni ile ortaya çıkan çoğunlukla beyaz renkteki leke ve akıntılardır. Çiçeklenme daha çok estetik bakımdan önemli olmakla birlikte, suyun beton içindeki hareketi sonucunda taşıdığı kalsiyum, potasyum sülfatlar ve karbonatların yüzeye çıkması ile bunların daha önce betonda işgal ettikleri yerlerin boşluk olarak kalmasına neden olması dolayısıyla, dayanıklılık açısından da önem arz eder.

1.4.2.9. Sülfat etkisi

Gerek doğal sularda gerekse atık sularda çeşitli sülfatlar az veya çok miktarda bulunur. Bu sülfat iyonları betona nüfuz ederek burada çimentonun hidratasyonu ile elde edilen kalsiyum hidroksit (CH) ve kalsiyum aluminat hidratla (C-A-H) reaksiyona girerek, sırasıyla alçı ve etrinjit adı verilen ürünler oluşturur. Bu ürünlerin her ikisi de betonda genleşmelere ve dolayısı ile çatlama ve bozulmalara yol açarlar. Sülfat etkisinin azaltılması için iki önem türü bulunur. Bunlardan birincisi çimentodaki C_3A miktarının azaltılması, ikincisi ise çimentonun hidratasyonu sonucunda oluşan kalsiyum hidroksitin çeşitli mineral ve katkı içeren çimentolar kullanılarak azaltılmasıdır.

1.4.2.10. Karbonatlaşma etkisi

Çimentonun hidratasyonu ile ortaya çıkan kalsiyum hidroksit ile havadaki karbondioksit reaksiyona girerek kalsiyum karbonatı meydana getirir. Bu olaya karbonatlaşma adı verilir. Karbonatlaşmanın betona önemli bir etkisi yoktur. Ancak, alkaline bir madde olan betonun pH değerini 12-13'den 8-9'a düşürerek daha asidik bir ortam yaratır ve böylece beton içindeki donatıların paslanmasını kolaylaştırıcı bir olumsuz etki yaratır. Karbonatlaşmayı azaltmak için betonun geçirimsiz olması

gerekir. Diğer bir önlem ise karbonatlaşmanın donatılara daha geç ulaşmasını sağlamak için pas payını arttırmak düşünülmelidir.

1.4.2.11. Deniz suyu etkisi

Deniz suyunun zararlı etkisi betonun bizzat kendisinden çok betonarme donatılarında meydana gelen paslanma nedeni ile kendisini gösterir. Donatı paslanmasının iki sonucu bulunur. Donatı yüzeyinde oluşan pas orjinal donatı hacmine göre daha fazladır. Bu nedenle, genleşme ve betonda çatlamalara neden olur. Bu çatlamlar zararlı sular ve gazların beton içine nüfuz etmesini ve dolayısı ile paslanmayı hızlandırır. Paslanma nedeni ile donatı kesit alanında meydana gelen azalma donatıların yük taşıma kapasitesini düşürür. Donatı paslanmasını azaltabilmek için betonun geçirimsizliğini azaltmak, paspayı kalınlığını arttırmak gibi önlemler alınabilir.

1.4.2.12 Alkali-agrega reaksiyonu

Amorf silisli yapıya sahip opal çakmaktaşı gibi agregalarla çimento içindeki alkali oksitler (Na_2O ve K_2O) reaksiyona girerek alkali-silika jeli adı verilen bir ürün meydana getirirler. Alkali-silika jeli çok yüksek su emme kapasitesine sahiptir. Gerek beton içinde gerekse atmosferden emdiği rutubetle sürekli genişler. Amorf silisli agregalarla alkali oksitlerin reaksiyonu çok yavaş gelişir. Dolayısıyla, beton sertleştikten sonra meydana gelen bu olay sonucunda genleşmeler içsel gerilmelere ve betonda çatlamalara yol açar. Alkali-agrega reaksiyonunun olumsuz etkileri ortadan kaldırmak için betonda ya söz konusu zararlı agregaları kullanmamak veya alkali miktarı düşük çimento kullanmak gerekir. Ayrıca, puzzolan içeren çimentolar da bu etkiyi azaltmakta yararlı olur [18].

1.5. Beton Basınç Dayanım Formülleri

Beton basınç dayanımının bileşimine dayanılarak tahmin edilmesinde kullanılan formüllerdir. Birleşimi belli olan bir betonun basınç dayanımının hesaplanması çok yararlıdır. Özellikle beton deneme amacı ile üretilmiş ve dayanımı saptanmışsa

geliştirilen formüllerde bulunan katsayılar daha kesin değerler almakta ve gerekli düzeltmeler yapılabilmektedir. Hemen hemen tüm formüllerde W/C oranı dikkate alınmaktadır. Karışıma giren malzemelerin özellikleri ve oranları ile basınç mukavemeti arasında bir bağıntı mevcuttur [9].

1.5.1. Graf formülü

$$\sigma = \frac{r_c}{b} \left(\frac{Ç}{S} \right)^2 \quad (1.3)$$

Graf formülü betonun basınç dayanımının C/E ile gösterilen çimento/ su oranının karesi ile orantılı olduğunu kabul ediyor. K_G beton yaşından bağımsız olarak agreganın türüne betonun saklandığı ortam koşullarına çimento dozajına bağlıdır.

1.5.2. Bolomey formülü

$$\sigma = K \left(\frac{Ç}{S} - 0.5 \right) \quad (1.4)$$

K=Bolomey katsayısı,

Çimento dayanımı

Agrega granülometrisi

Agrega geometrisi

Ortam koşulları ve

Numune boyutuna bağlıdır.

1. 5. 3.Feret formülü

$$\sigma = K \left(\frac{1}{1 + \frac{S}{Ç} \delta_\phi} \right)^2 \quad (1.5)$$

K_F = Feret katsayısını, (90~280N/mm² arasında bir değer alınır.)

Paydadaki (c+e+h) ifadesi 1 m³ sıkıştırılmış betonda agregalar arasındaki toplam hacmi göstermektedir. Paydaki c ise bu hacimde çimento danelerinin kapladığı hacmi göstermektedir. Buna göre c/(c+e+h) oranı taze betonda basınç dayanımı bu karışımın karesi ile orantılıdır.

Bağıntılarda küçük harf hacim, büyük harf ağırlıkları göstermektedir.

c= Hacim olarak çimento

C=Ağırlık olarak çimento

E Hacim= Ağırlık olarak su [20].

1.6. Betonda Elastisite Modülü

Elastisite modülü cisimde oluşan gerilmenin boy değişimine oranıdır. Young Modülü dile adlandırılır(16). Beton tam elastik malzeme olmadığından gerilme şekil değiştirme arasındaki oran sabit değildir. Betonun oluşturan agrega ve çimento hamurunun elastisite modülleri oldukça farklıdır. Betona uygulanan gerilmeye bu iki malzemenin farklı şekilde tepki vermesi, betonu yüksek gerilme mertebelerinde elastik olmayan bir davranışa itmektir. Bu durum, betonun kompozit bir malzeme olmasının yanı sıra çimento hamuru ve agrega arasındaki bağa da bağlıdır. Basınç dayanımının %25-40'ından daha yüksek gerilmelerde beton elastik özelliğini kaybeder. Şekil 2.3'te görüldüğü gibi büyük gerilme seviyeleri göz önüne alınmadığı durumda betonu oluşturan bu iki temel malzemenin de (agrega ve çimento hamuru) gerilme-deformasyon diyagramlarının doğrusal olduğu söylenebilir. Araştırmalar, çimento hamuru ile agrega arasında aderanstaki düşüşün betonun elastik davranıştan uzaklaşmasına neden olduğunu göstermiştir. Öte yandan yüksek dayanımlı betonlar, elastik davranışa daha yakın davranış göstermektedir. Ayrıca agrega sertliğinin, çimento hamurunun sertliğine yakın olduğu durumda betonun elastik davranışa yaklaştığı bilinmektedir.

1.6.2. Betonda elastisite modülünün tayini

1.6.3. Elastisite modülünün ultrases hızı yardımı ile ölçülmesi

1.6.3.1. Ultrasesin genel özellikleri

Bilindiği gibi titreşim frekansı 20 K Hz'den fazla olan ses dalgalarına ultrases denmektedir. Malzeme testinde kullanılan ultrases, pizzo-elektrik metodu ile elde edilmektedir. Bu metodun esası kuartz kristali, sahip olduğu bir özellik sayesinde sabit bir frekansa titreşir. Eğer elektriksel alanın frekansı kuartzın titreşim frekansına eşitse rezonans hali meydana gelir. Bu durumda insan kulağının duyabileceği titreşim frekansı 16-16000 Hz arasında bulunmaktadır. 16000 üzerine çıktığında kulakta duyulmayan ve ultrases denilen ses dalgaları oluşur.

Bu dalgalar boşlukta yayılmazlar. Ancak katı sıvı veya gaz halde bulunan bir cismin içinde belirli bir V hızında yayılırlar.

Ultrases dalgaları ses dalgalarının özelliklerine sahiptirler. Bu dalgalar yansır, kırılırlar ve difraksiyon olayına maruz kalabilirler. Bu dalgalar üzerine, aynen ışık dalgalarına ait belli başlı kanunları uygulamak mümkündür.

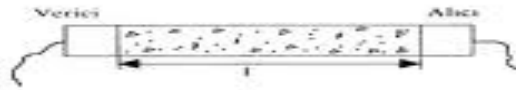
Ultrases demetinde üç çeşit dalga bulunmaktadır. Boyuna dalga, sesin ilerleme doğrultusunda bulunur. Enine dalgalar sesin yayılma doğrultusuna dik düzlemlerde bulunurlar. Üçüncü tip dalgalar cismin yüzeyini takip eden dalgalardır.

1.6.3.2. Cisimde ses hızı tayini

Prizma şeklinde, L uzunluğundaki bir beton numunesinin bir ucuna ultrases üreten prob, diğer ucuna da bu sesleri toplayan prob altına gress sürülerek gerçekleştirilir.

• Karot içinde ultrases hızı

$$V = \frac{l}{t}$$



• Homojen, isotrop elastik ortamda boyuna-basınç dalgası hızı

$$V = \left(\frac{K + E_d}{\gamma} \right)^{1/2}$$

$$E_d = \frac{\gamma}{K} V^2$$

$$K = \frac{1 - \nu}{(1 + \nu)(1 - 2\nu)}$$

$$\nu = 0.2 \text{ için}$$

$$E_d = 0.9 \gamma V^2$$

V	= Boyuna-basınç dalgası hızı, km/sn
l	= Karot boyu, km
t	= Ses hızının geçiş süresi, sn
γ	= Beton yoğunluğu, kg/m ³
ν	= Poisson sayısı, 0.15-0.22
E_d	= Betonun dinamik elastik modülü, KN/mm ²

Şekil 1.2 Ultrases Hızı Tayini Deney Düzenegi

1.6.3.3. Ultrases hızını etkileyen faktörler

Ultrases deneyi ile bulunan hız malzemenin cinsine ve bünyesine bağlı olarak değişmektedir. Özellikle ses dalgalarının karşısına bir boşluk çıktığında dalga oradan geçemez ve etrafında dolaşır. Böylece geçiş süresi uzamış olur, hızı azalır. Bu sayede beton ve doğal taş gibi boşluklu malzemelerdeki ses hızı bize bu malzemelerin boşlukları hakkında fikir sahibi olmamızı sağlar. Bu hızın çok düşük olması o malzemenin çok boşluklu olduğunu gösterir.

Cismin yapısında bir değişiklik olmadıkça, cisme bir gerilmenin etkilemesi veya etkilememesi halinde bulunan ses hızları birbirinden fark etmez. Gerilmenin etkisiyle çatlakların gelişmesiyle meydana gelen yapı değişikliği ses hızının düşmesine sebep olur [24].

1.6.4. Elastisite modülünün iyileştirilmesi

Betonun elastisite modülü ya agregaya ya da beton sınıfı ile değiştirilebilir. Elastisite modülünün %20 arttırmak için dayanım sınıfını 3 sınıf arttırmak gerekmektedir. Bu maliyeti agreganın değiştirilmesiyle karşılaştırarak değerlendirmek gerekir. Yüksek elastisite modülü olan agreganın kullanımı betonun elastisite modülünü artırır. Fakat daha düşük dayanımlı betonlarda bu artış daha az olur. Pasta miktarının artışı yüksek dayanımlı betonlarda elastisite modülünü artırır.

Betonun poisson oranı $\mu=0,2$ olarak kabul edilir. Poisson ; dikey eksendeki elastik bölgede yanal şekil değiştirmenin boyuna şekil değiştirmeye oranı. Beton için genelde 0.2 oranındadır. Metallerde 0.25 civarındadır [25].

BÖLÜM 2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Deneysel çalışmanın amacı ; Bu çalışmada betonda kullanılan agregaların maksimum agrega dane boyutunun beton dayanımı ve su emme özelliklerini nasıl etkilediğini inceliyoruz.

Öncelikle harç fazı üretilmiş ve ardından ince agrega miktarı azaltılarak iri agrega eklenmiştir ve farklı agrega dane boyutuna sahip beton numuneler üretilmiştir

2.1. Kullanılan Malzemeler ve Özellikleri

2.1.1. Kullanılan agregalar

Bu çalışmada beton yapımında Ferizli yöresine ait KOLYOL Madencilik kırma kum, kırmataş 1, kırmataş 2 ve kırmataş 3 olmak üzere üç ayrı cins agrega kullanılmıştır. Bu agregaların özellikleri aşağıda açıklanmıştır.

2.1.1.1. Kırma kum

Bu çalışmada üretilen betonda ince daneli malzeme olarak kırma kum(0-5 mm) kullanılmıştır. Granülometri deneyinin sonucu aşağıda verilmiştir.

2.1.1.2. Kırmataş 1

Yapılan deneysel çalışmalarda üretilen betonda kırmataş 1 (5-12mm) malzemesinden yararlanılmıştır. Granülometri deneyinde elde edilen sonuç aşağıda verilmiştir.


2.1.1.3. Kırmataş 2

Hazırlanan betonların bir kısmında iri daneli agregaya olarak kırmataş 2 (12-22mm) malzemesinden yararlanılmıştır. Granülometri deney sonuçları aşağıda verilmiştir.

2.1.1.4. Kırmataş 3

31,5 mm'lik granülometri karışımına göre hazırlanan betonda kırmataş 3 (25-38 mm) malzemesi kullanılmıştır. Granülometri deney sonuçları aşağıda verilmiştir.

Tablo 2.1 0,5 mm Agregaya Elek Analizi

 SAKARYA BÖLGE MÜDÜRLÜĞÜ ADAPAZARI TESİSİ													
AGREGA DENEY FORMU													
Tedarikçi Firma:			KOLYOL MAD.						Tarih: 28.04.2012				
Numunenin Alındığı Yer:													
Numunenin Alan:													
ELEK ANALİZİ													
Elektler	Num. Ağırlığı (gr)			Num. Ağırlığı (gr)			Num. Ağırlığı (gr)			Num. Ağırlığı (gr)			
	Küm. Kalan	% Kalan	% Geçen	Küm. Kalan	% Kalan	% Geçen	Küm. Kalan	% Kalan	% Geçen	Küm. Kalan	% Kalan	% Geçen	
31.5	0	#SAYI/0	#SAYI/0	0	100		0	100		0	100		
22.4	0	#SAYI/0	#SAYI/0	0	100		0	100		0	100		
16	0	#SAYI/0	#SAYI/0	0	100		0	100		842	33	87	
11.2	0	#SAYI/0	#SAYI/0	0	100	70	3	96	2540	98	2		
8	0	#SAYI/0	#SAYI/0	0	100	898	50	95	2576	100	0		
5.6	0	#SAYI/0	#SAYI/0	0	100	1788	99	1	2576	100	0		
4	0	#SAYI/0	#SAYI/0	138	6	84	1788	89	1	2576	100	0	
2	0	#SAYI/0	#SAYI/0	918	36	82	1788	99	1	2576	100	0	
1	0	#SAYI/0	#SAYI/0	1468	60	40	1788	99	1	2576	100	0	
0.5	0	#SAYI/0	#SAYI/0	1834	75	25	1788	99	1	2576	100	0	
0.25	0	#SAYI/0	#SAYI/0	2000	84	16	1788	99	1	2576	100	0	
0.125	0	#SAYI/0	#SAYI/0	2304	94	6	1788	99	1	2576	100	0	
İncelik Modülü	#SAYI/0			2.63			5.47			6.30			
ÖZELLİK				AÇIKLAMA				BİRİM		ÖLÇÜLEN			
Numunenin Kuru Ağırlığı				A				gr		0'5 mm	0'7 mm	7'15 mm	15'22 mm
Yıkama Sonu Kuru Ağırlığı				B				gr		528	388	306	
İNCE MADDE ORANI (<0,063 mm)				(A-B)/A*100				%		#SAYI/0	13.84	1.55	1.09
Numunenin Kuru Ağırlığı				A				gr		200			
İlave Edilen Metilen Çözelti Hacmi				B				ml		20			
METİLEN MAVİSİ DEĞERİ				(B/A)*10				gr/ml		#SAYI/0	1		
Numunenin DYK Ağırlığı				A				gr		512	518	556	
Kap+Su+Lam Ağırlığı				B				gr		1554	1554	1554	
Kap+Su+Lam+DYK Ağırlığı				C				gr		1882	1886	1910	
Numune Etüv Kurusu Ağırlığı				D				gr		505	514	554	
DYK ÖZGÜL ACIRLIK				A/(A+B+C)				gr/cm ³		#SAYI/0	2.78	2.75	2.78
SU EMME ORANI				((A-D)/D)*100				%		#SAYI/0	1.19	0.78	0.36
Numunenin Nemli Ağırlığı				A				gr		23.486	23.2	24.1	
Numunenin Kuru Ağırlığı				B				gr		23.256	23.1	24	
NEM				(A-B)/B*100				%		#SAYI/0	1.04	0.43	0.42

Deneysel Yapan
Laborant

S. KURBAN
S. KURBAN

Onaylayan
Kalite Yöneticisi/ Mühendisi

Tablo 2.2 5-12 mm Agrega Elek Analizi



SAKARYA BÖLGE MÜDÜRLÜĞÜ ADAPAZARI TESİSİ

AGREGA DENEY FORMU												
Tedarikçi Firma:										Tarih: 14.03.2012		
Numunenin Alındığı Yer:												
Numuneyi Alan:												
ELEK ANALİZİ												
Elektler	Num. Ağırlığı (gr)			Num. Ağırlığı (gr)			Num. Ağırlığı (gr)			Num. Ağırlığı (gr)		
	Küm. Kalan	% Kalan	% Geçen	Küm. Kalan	% Kalan	% Geçen	Küm. Kalan	% Kalan	% Geçen	Küm. Kalan	% Kalan	% Geçen
31.5	0	#SAYI/0!	#SAYI/0!	0	100		0	100		0	100	
22.4	0	#SAYI/0!	#SAYI/0!	0	100		0	100		100	5	95
16	0	#SAYI/0!	#SAYI/0!	0	100		0	100		1164	64	36
11.2	0	#SAYI/0!	#SAYI/0!	0	100		70	5	95	1788	98	2
8	0	#SAYI/0!	#SAYI/0!	0	100		722	52	48	1822	100	0
5.6	0	#SAYI/0!	#SAYI/0!	14	1	99	1274	91	9	1822	100	0
4	0	#SAYI/0!	#SAYI/0!	86	7	93	1386	99	1	1822	100	0
2	0	#SAYI/0!	#SAYI/0!	442	34	66	1386	99	1	1822	100	0
1	0	#SAYI/0!	#SAYI/0!	592	53	47	1386	99	1	1822	100	0
0.5	0	#SAYI/0!	#SAYI/0!	842	65	35	1386	99	1	1822	100	0
0.25	0	#SAYI/0!	#SAYI/0!	944	73	27	1386	99	1	1822	100	0
0.125	0	#SAYI/0!	#SAYI/0!	1056	81	19	1386	99	1	1822	100	0
İncelik Modülü				2.31			5.47			6.63		
ÖZELLİK	AÇIKLAMA	BİRİM	ÖLÇÜLEN									
			0*5 mm	0*7 mm	7*15 mm	15*22 mm						
Numunenin İlk Kuru Ağırlığı	A	gr		500	500	500						
Yıkama Sonu Kuru Ağırlığı	B	gr		433	496	498						
İNCE MADDE ORANI (<0.063 mm)	(A-B)/A*100	%	#SAYI/0!	13.40	0.80	0.40						
Numunenin Kuru Ağırlığı	A	gr		200								
İlave Edilen Metilen Çözelti Hacmi	B	ml		25								
METİLEN MAVİSİ DEĞERİ	(B/A)*10	gr/ml	#SAYI/0!	1.25								
Numunenin DYK Ağırlığı	A	gr		500	500	500						
Kap+Su+Lam Ağırlığı	B	gr		1616	1616	1616						
Kap+Su+Lam+DYK Ağırlığı	C	gr		1934	1936	1936						
Numune Etüv Kurusu Ağırlığı	D	gr		494	497	498						
DYK ÖZGÜL AĞIRLIK	A/(A+B-C)	gr/cm ³	#SAYI/0!	2.75	2.78	2.78						
SU EMME ORANI	((A-D)/D)*100	%	#SAYI/0!	1.21	0.60	0.40						
Numunenin Nemli Ağırlığı	A	gr		496	500	616						
Numunenin Kuru Ağırlığı	B	gr		490	498	615						
NEM	(A-B)/B*100	%	#SAYI/0!	1.22	0.40	0.16						

Deneyi Yapan
LaborantSaffet FURTA
Saffet

01.03.2012/01

Onaylayan
Kalite Yöneticisi/ Mühendisi

Form-GN-219

Tablo 2.3 12 – 22 mm Agrega Elek Analizi

ÇİM

SAKARYA BÖLGE MÜDÜRLÜĞÜ ADAPAZARI TESİSİ

AGREGA DENEY FORMU												
Tedarikçi Firma:										Tarih: 28.03.2012		
Numunenin Alındığı Yer:												
Numuneyi Alan:												
ELEK ANALİZİ												
Eleklr	Num. Ağırlığı (gr)			1734			1900			1906		
	Küm. Kalan	% Kalan	% Geçen	Küm. Kalan	% Kalan	% Geçen	Küm. Kalan	% Kalan	% Geçen	Küm. Kalan	% Kalan	% Geçen
31.5	0	#SAYI/0!	#SAYI/0!		0	100		0	100		0	100
22.4	0	#SAYI/0!	#SAYI/0!		0	100		0	100		0	100
16	0	#SAYI/0!	#SAYI/0!		0	100		0	100	258	14	86
11.2	0	#SAYI/0!	#SAYI/0!		0	100	100	5	95	1870	98	2
8	0	#SAYI/0!	#SAYI/0!		0	100	744	39	61	1870	98	2
5.6	0	#SAYI/0!	#SAYI/0!		0	100	1840	97	3	1870	98	2
4	0	#SAYI/0!	#SAYI/0!	96	6	94	1840	97	3	1870	98	2
2	0	#SAYI/0!	#SAYI/0!	758	44	56	1840	97	3	1870	98	2
1	0	#SAYI/0!	#SAYI/0!	1104	64	36	1840	97	3	1870	98	2
0.5	0	#SAYI/0!	#SAYI/0!	1292	75	25	1840	97	3	1870	98	2
0.25	0	#SAYI/0!	#SAYI/0!	1408	81	19	1840	97	3	1870	98	2
0.125	0	#SAYI/0!	#SAYI/0!	1484	86	14	1840	97	3	1870	98	2
İncelik Modülü	#SAYI/0!			2.69			5.23			6.02		
ÖZELLİK	AÇIKLAMA	BİRİM	ÖLÇÜLEN									
			0*5 mm	0*7 mm	7*15 mm	15*22 mm						
Numunenin İnk Kuru Ağırlığı	A	gr		512	488	454						
Yıkama Sonu Kuru Ağırlığı	B	gr		448	480	450						
İNCE MADDE ORANI (<0.063 mm)	(A-B)/A*100	%	#SAYI/0!	12.50	1.64	0.88						
Numunenin Kuru Ağırlığı	A	gr		200								
İlave Edilen Metilen Çözelti Hacı	B	ml		20								
METİLEN MAVİSİ DEĞERİ	(B/A)*10	gr/ml	#SAYI/0!	1								
Numunenin DYK Ağırlığı	A	gr		614	618	612						
Kap+Su+Lam Ağırlığı	B	gr		1552	1552	1552						
Kap+Su+Lam+DYK Ağırlığı	C	gr		1944	1948	1944						
Numune Etöv Kuru Ağırlığı	D	gr		607	614	610						
DYK ÖZGÜL AĞIRLIK	A/(A+B-C)	gr/cm ³	#SAYI/0!	2.77	2.78	2.78						
SU EMME ORANI	((A-D)/D)*100	%	#SAYI/0!	1.15	0.65	0.33						
Numunenin Nemli Ağırlığı	A	gr		288	304	366						
Numunenin Kuru Ağırlığı	B	gr		284	301	363						
NEM	(A-B)/B*100	%	#SAYI/0!	1.41	1.00	0.83						

Deneyi Yapan
LaborantS.M.K. FURTA
S.A.Onaylayan
Kalite Yöneticisi/ Mühendisi

Tablo 2.4 25 – 32 mm Agrega Elek Analizi



SAKARYA BÖLGE MÜDÜRLÜĞÜ ADAPAZARI TESİSİ

AGREGA DENEY FORMU												
Tedarikçi Firma:										Tarih: 12.04.2012		
Numunenin Alındığı Yer:												
Numuneyi Alan:												
ELEK ANALİZİ												
Elekler	Num. Ağırlığı (gr)			2340			2482			3118		
	Küm. Kalan	% Kalan	% Geçen	Küm. Kalan	% Kalan	% Geçen	Küm. Kalan	% Kalan	% Geçen	Küm. Kalan	% Kalan	% Geçen
31.5	0	#SAYI/0!	#SAYI/0!	0	0	100	0	0	100	0	0	100
22.4	0	#SAYI/0!	#SAYI/0!	0	0	100	0	0	100	0	0	100
16	0	#SAYI/0!	#SAYI/0!	0	0	100	0	0	100	990	32	68
11.2	0	#SAYI/0!	#SAYI/0!	0	0	100	258	10	90	3050	98	2
8	0	#SAYI/0!	#SAYI/0!	0	0	100	1880	76	24	3104	100	0
5.6	0	#SAYI/0!	#SAYI/0!	0	0	100	2460	99	1	3104	100	0
4	0	#SAYI/0!	#SAYI/0!	86	4	96	2460	99	1	3104	100	0
2	0	#SAYI/0!	#SAYI/0!	1068	46	54	2460	99	1	3104	100	0
1	0	#SAYI/0!	#SAYI/0!	1566	67	33	2460	99	1	3104	100	0
0.5	0	#SAYI/0!	#SAYI/0!	1800	77	23	2460	99	1	3104	100	0
0.25	0	#SAYI/0!	#SAYI/0!	1936	83	17	2460	99	1	3104	100	0
0.125	0	#SAYI/0!	#SAYI/0!	2094	89	11	2460	99	1	3104	100	0
İncelik Modülü	#SAYI/0!			2.76			5.71			6.29		
ÖZELLİK	AÇIKLAMA	BİRİM	ÖLÇÜLEN									
			0*5 mm	0*7 mm	7*15 mm	15*22 mm						
Numunenin İlk Kuru Ağırlığı	A	gr		466	638	656						
Yıkama Sonu Kuru Ağırlığı	B	gr		401	626	650						
İNCE MADDE ORANI (<0,063 mm)	(A-B)/A*100	%	#SAYI/0!	13.95	1.88	0.91						
Numunenin Kuru Ağırlığı	A	gr		200								
İlave Edilen Metilen Çözelti Hacmi	B	ml		20								
METİLEN MAVİSİ DEĞERİ	(B/A)*10	gr/ml	#SAYI/0!	1								
Numunenin DYK Ağırlığı	A	gr		574	678	538						
Kap+Su+Lam Ağırlığı	B	gr		1554	1554	1554						
Kap+Su+Lam+DYK Ağırlığı	C	gr		1920	1987	1899						
Numune Etüv Kuru Ağırlığı	D	gr		570	674	536						
DYK ÖZGÜL AĞIRLIK	A/(A+B-C)	gr/cm ³	#SAYI/0!	2.76	2.77	2.79						
SU EMME ORANI	((A-D)/D)*100	%	#SAYI/0!	0.70	0.59	0.37						
Numunenin Nemli Ağırlığı	A	gr		344	388	376						
Numunenin Kuru Ağırlığı	B	gr		338	385	374						
NEM	(A-B)/B*100	%	#SAYI/0!	1.78	0.78	0.53						

Deneyi Yapan
LaborantSAYI E. FURZA
SAHOnaylayan
Kalite Yöneticisi/ Mühendisi

Form-GN-219

01.03.2012/01

2.1.2. Kullanılan çimentonun özellikleri

Beton numuneleri hazırlanırken Çimsa Çimento San. Tic. A.Ş. Eskişehir Çimento Farikasının PC 42,5 çimento kullanılmıştır. Çimentonun fiziksel, kimyasal ve mekanik özellikleri Tablo da verilmiştir.

Tablo 2.5 Çimento Analiz Raporu



LABORATUVAR ANALİZ RAPORU

Numune Cinsi	: CEM I 42,5 R	Rapor No :	2012-2
Numunenin Alındığı Tarih	: 05-11/01/2012		
Laboratuvara Geldiği Tarih	:	Rapor Tarihi :	19.01.2012
Numunenin Alındığı Yer	: SEVKİYAT		

KİMYASAL ANALİZ			FİZİKSEL ANALİZ		
Silisyum dioksit (SiO ₂)	(%)	19.43	Özgül Ağırlık	(g/cm ³)	3.10
Alüminyum oksit (Al ₂ O ₃)	(%)	5.02	Özgül Yüze	(cm ² /g)	3385
Demir oksit (Fe ₂ O ₃)	(%)	2.80	0,090 mm Elek Kalıntısı	%	0.2
Kalsiyum oksit (CaO)	(%)	63.71	0,045 mm Elek Kalıntısı	%	3.3
Magnezyum oksit (MgO)	(%)	1.70	Standart Kıvam su Miktarı	%	29.0
Potasyum oksit (K ₂ O)	(%)	0.58	Priz Başlama Süresi	(Dakika)	160
Sodyum oksit (Na ₂ O)	(%)	0.45	Priz Sona Erme Süresi	(Dakika)	220
Kükürt trioksit (SO ₃)	(%)	2.64	Genleşme (Le Chatelier)	(mm)	1
Klorür (Cl)smaller	(%)	0.008			
Kızdırma Kaybı	(%)	3.80	DAYANIMLAR		
Toplam Alkali	(%)	0.83	2 Gün	(N/mm ²)	25.3
			7 Gün	(N/mm ²)	
Toplam Katkı	(%)	4.80	28 Gün	(N/mm ²)	
Çözünmeyen Kalıntı	(%)	0.60	* Verilen sonuçlar yukarıda tanımlanan numuneye aittir. * Bu rapor laboratuvarımızın izni olmadan kısmen çoğaltılamaz. * Kimyasal analizler TS EN 196-2 ve TS EN 196-21 'e göre yapılmıştır. * Fiziksel analizler ve dayanımlar TS EN 196-1 'e göre yapılmıştır.		
Serbest Kireç	(%)	1.25			
LSF	(%)	99.40			
C ₃ S (3CaO.SiO ₂)	(%)	60.94			
C ₂ S (2CaO.SiO ₂)	(%)	9.74			
C ₃ A (3CaO.Al ₂ O ₃)	(%)	8.57	Kalite Yönetim Şefi		
C ₄ AF (4CaO.Al ₂ O ₃ .Fe ₂ O ₃)	(%)	8.52			
NOT:					

EYS-ESK-FR-KA-014-02



2.1.3. Karışım suyu

Beton numunelerin üretiminde şehir şebeke suyu kullanılmasında bir sakınca görülmemiştir.

2.1.4. Akışkanlaştırıcılar

Beton numunelerin üretiminde , Çimsa Çimento San. Tic. A.Ş. HP 300 Süper akışkanlaştırıcı tek tip akışkanlaştırıcıdan yararlanılmıştır.

Tablo 2.6 Kimyasal Katkı Analiz Raporu

ÇİMSA Çimento Sanayi ve Ticaret A.Ş. Katkı Üretim Tesisi Bahçelievler Mah.1097 Sokak No:2 Yalınayak Kasabası-MERSİN Tel:0 324 235 73 14-15 Fax:0 324 235 73 17 HP 5		 2010 2055-YMY-036		 Katkı Üretim Tesisi Kalite Kontrol Laboratuvarı	
KİMYASAL KATKI ANALİZ RAPORU					
ÜRÜN ADI		ÇİMSA FLOW HP 300			
ÜRETİM TARİHİ		02.01.2012			
ÜRETİM KODU		ÜRT - HP - 002			
SEVK TARİHİ		02.01.2012			
ALICI FIRMA veya TESİS ADI		ADAPAZARI H.B.İ.			
TEST SONUÇLARI					
	ÖZELLİK	DENEY YÖNTEMİ	ÜRÜN STANDARDI	ÖLÇÜLEN DEĞERLER	
1	HOMOJENLİK	GOZL-	HOMOJEN	HOMOJEN/AYRIŞMA YOK	
2	GÖRÜNÜM/RENK	GOZL-	LİKİD KAHVERENGİ	LİKİD KAHVERENGİ	
3	YOĞUNLUK	YOĞUNLUK TAYİNİ TALİMATI	1.19±0.03	1.184	
4	KATI MADDE MİKTARI	KATI MADDE TAYİNİ TALİMATI	40±1	39.14	
5	PH	PH TAYİNİ TALİMATI	5.0-7.0	6.2	
6	SUDA ÇÖZÜNÜR KLORÜK	EN 430 - 1C	<0.1 Kitlece	0.0:08	
7	ALKALI MİKTARI	EN 430 - 12	Max. % 10	5.911	
8					
DENEYLERİ YAPAN: Laborant/Laboratuvar Sorumlusu			ONAY: Kalite Kontrol Sorumlusu		
MAHİMUT ALI ÖNCEL			M.KADRI SENDUR		

2.2. Karışım Agregaları Granülometri Eğrileri

2.3. Beton Karışımları

Sakarya Üniversitesi İnşaat Fakültesi Yapı Malzemesi Laboratuvarında, her granülometri karışımdan 4 farklı seri beton üretimi olmak üzere toplam 16 parti

beton üretimi yapılmıştır. Her seride su/çimento oranı ile değişik mukavemetler verecek beton üretilmeye çalışılmıştır.

Üretilen betonların çimento miktarları, su miktarları, katkı oranları ve su/çimento oranları Tablo 2.7 'de verilmiştir.

Tablo 2.7 Üretilen Betonun Kodlanması

Numune adı	Numune Bileşenleri
250 D+K	Çimento(250 doz)+Kırma Kum
350 D+K	Çimento(350 doz)+Kırma Kum
450 D+K	Çimento(450 doz)+Kırma Kum
250 D+K+I	Çimento(250 doz)+Kırma Kum+ I No agrega
350 D+K+I	Çimento(350 doz)+Kırma Kum+ I No agrega
450 D+K+I	Çimento(450 doz)+Kırma Kum+ I No agrega
250 D+K+I+II	Çimento(250 doz)+Kırma Kum+ I No agrega+ II No Agrega
350 D+K+I+II	Çimento(350 doz)+Kırma Kum+ I No agrega+ II No Agrega
450 D+K+I+II	Çimento(450 doz)+Kırma Kum+ I No agrega+ II No Agrega
250 D+K+I+II+III	Çimento(250 doz)+Kırma Kum+ I No agrega+ II No Agrega+ III No Agrega
350 D+K+I+II+III	Çimento(350 doz)+Kırma Kum+ I No agrega+ II No Agrega+ III No Agrega
450 D+K+I+II+III	Çimento(450 doz)+Kırma Kum+ I No agrega+ II No Agrega+ III No Agrega

250 D+K Numunenin hazırlanması (1 nolu numune)					
	1m ³ Miktarı	50 dm ³ Miktarı	Kullanılan Miktar	Slump (cm)	Birim Ağırlık Kg/m ³
Çimento (Kg)	250	12,5	12,5	15	2246
Agrega 0-5 mm (Kg)	2013	100,7	100,7		
Kimyasal Katkı (Lt) Oran: % 1,5	3,75	1,88	1,88		
Su (Lt) S/Ç:0,60	150	7,5	13,5		

Hava Oranı 20 Lt ölçülmüştür.

350 D+K Numunenin hazırlanması (2 nolu numune)					
	1m ³ Miktarı	50 dm ³ Miktarı	Kullanılan Miktar	Slump (cm)	Birim Ağırlık (Ort.)
Çimento (Kg)	350	15,75	15,75	15	2266
Agrega 0-5 mm (Kg)	1802	89,94	89,94		
Kimyasal Katkı (Lt) Oran: % 1,5	5,25	2,36	2,36		
Su (Lt) S/Ç:0,60	210	10,5	12		

Hava Oranı 20 Lt ölçülmüştür.

Tablo 2.7 Üretilen betonun kodlanması devamı

450D+K Numunenin hazırlanması (3 nolu numune)					
	1m ³ Miktarı	50 dm ³ Miktarı	Kullanılan Miktar	Slump (cm)	Birim Ağırlık(Ort.)
Çimento (Kg)	450	22,5	22,5	15	2281
Agrega 0-5 mm (Kg)	1686	77,05	77,05		
Kimyasal Katkı (Lt) Oran: % 1,5	6,75	3,04	3,04		
Su (Lt) S/Ç:0,60	270	13,5	20,25		

Hava Oranı 20 Lt ölçülmüştür.

250 D+K+I Numunenin hazırlanması (4 nolu numune)					
	1m ³ Miktarı	50 dm ³ Miktarı	Kullanılan Miktar	Slump (cm)	Birim Ağırlık Kg/m3
Çimento (Kg)	250	8,44	8,44	15	2252
Agrega 0-5 mm + I No 5-12mm (Kg)	1090+896	36,75+30,22	36,75+30,22		
Kimyasal Katkı (Lt) Oran: % 1,5	3,75	1,27	1,27		
Su (Lt) S/Ç:0,65	163	5,5	7		

Hava Oranı 20 Lt ölçülmüştür.

350 D+K+I Numunenin hazırlanması (5 nolu numune)					
	1m ³ Miktarı	50 dm ³ Miktarı	Kullanılan Miktar	Slump (cm)	Birim Ağırlık (Ort.)
Çimento (Kg)	350	11,81	11,81	15	2274
Agrega 0-5 mm + I No 5-12mm (Kg)	950+780	32,25+26,3	32,25+26,3		
Kimyasal Katkı (Lt) Oran: % 1,5	5,25	1,77	1,77		
Su (Lt) S/Ç:0,65	228	7,7	8,5		

Hava Oranı 20 Lt ölçülmüştür.

Tablo 2.7 Üretilen betonun kodlanması devamı

450 D+K+I Numunenin hazırlanması (6 nolu numune)					
	1m ³ Miktarı	50 dm ³ Miktarı	Kullanılan Miktar	Slump (cm)	Birim Ağırlık (Ort.)
Çimento (Kg)	450	15,19	15,19	15	2285
Agrega 0-5 mm + I No 5-12mm (Kg)	810+672	33,75+22,8	33,75+22,8		
Kimyasal Katkı (Lt) Oran: % 1,5	6,75	2,28	2,28		
Su (Lt) S/Ç:0,65	242	9,86	10		

Hava Oranı 20 Lt ölçülmüştür.

250 D+K+I+II Numunenin hazırlanması (7 nolu numune)					
	1m ³ Miktarı	50 dm ³ Miktarı	Kullanılan Miktar	Slump (cm)	Birim Ağırlık Kg/m ³
Çimento (Kg)	250	8,75	8,75	15	2254
Agrega 0-5 mm + I No 5-12mm + II no 12-22 mm (Kg)	1100+402+508	38,5+14,07+17,78	38,5+14,07+17,78		
Kimyasal Katkı (Lt) Oran: % 1,5	3,75	1,32	1,32		
Su (Lt) S/Ç:0,65	163	5,8	6,09		

Hava Oranı 20 Lt ölçülmüştür.

350 D+K+I+II Numunenin hazırlanması (8 nolu numune)					
	1m ³ Miktarı	50 dm ³ Miktarı	Kullanılan Miktar	Slump (cm)	Birim Ağırlık (Ort.)
Çimento (Kg)	350	12,25	12,25	15	2286
Agrega 0-5 mm + I No 5-12mm + II no 12-22 mm (Kg)	957+436+353	33,5+12,21+15,45	33,5+12,21+15,45		
Kimyasal Katkı (Lt) Oran: % 1,5	5,25	1,84	1,84		
Su (Lt) S/Ç:0,65	228	7,98	8		

Hava Oranı 20 Lt ölçülmüştür.

Tablo 2.7 Üretilen betonun kodlanması devamı

450 D+K+I+II Numunenin hazırlanması (9 nolu numune)					
	1m ³ Miktarı	50 dm ³ Miktarı	Kullanılan Miktar	Slump (cm)	Birim Ağırlık (Ort.)
Çimento (Kg)	450	15,75	15,75	15	2292
Agrega 0-5 mm + I No 5-12mm + II no 12-22 mm (Kg)	814+371+300	28,5+10,4+13,13	28,5+10,4+13,13		
Kimyasal Katkı (Lt) Oran: % 1,5	6,75	2,36	2,36		
Su (Lt) S/Ç:0,65	293	10,26	10		

Hava Oranı 20 Lt ölçülmüştür.

250 D+K+I+II+III Numunenin hazırlanması (10 nolu numune)					
	1m ³ Miktarı	50 dm ³ Miktarı	Kullanılan Miktar	Slump	Birim Ağırlık
Çimento (Kg)	250	8,75	8,75	15 cm	2255 kg/m ³
Agrega 0-5 mm + I No 5-12mm + II no 12-22 mm+III no 25-38 mm (Kg)	1100 + 301 + 309 + 309	38,5+10,54+10,65+10,65	38,5+10,54+10,65+10,65		
Kimyasal Katkı (Lt) Oran % 1,5	3,75	1,32	1,32		
Su (Lt) S/Ç:0,65	163	5,8	7,75		

Hava Oranı 20 Lt ölçülmüştür.

350 D+K+I+II+III Numunenin hazırlanması (11 nolu numune)					
	1m ³ Miktarı	50 dm ³ Miktarı	Kullanılan Miktar	Slump	Birim Ağırlık
Çimento (Kg)	350	12,75	12,75	15 cm	2298
Agrega 0-5 mm + I No 5-12mm + II no 12-22 mm+III no 25-38 mm (Kg)	957 + 262 + 265 + 265	33,5 + 9,17 + 9,28 + 9,28	33,5 + 9,17 + 9,28 + 9,28		
Kimyasal Katkı (Lt) Oran % 1,5	5,25	1,84	1,84		
Su (Lt) S/Ç:0,65	228	7,98	7,69		

Hava Oranı 20 Lt ölçülmüştür.

Tablo 2.7 Üretilen betonun kodlanması devamı

450 D+K+I+II+III Numunenin hazırlanması (12 nolu numune)					
	1m ³ Miktarı	50 dm ³ Miktarı	Kullanılan Miktar	Slump	Birim Ağırlık
Çimento (Kg)	450	15,75	15,75	15 cm	2310
Agrega 0-5 mm + I No 5-12mm + II no 12-22 mm+III no 25-38 mm (Kg)	814+223+225+225	28,5 + 7,81 + 7,88 + 7,88	28,5 + 7,81 + 7,88 + 7,88		
Kimyasal Katkı (Lt) Oran % 1,5	6,75	2,36	2,36		
Su (Lt) S/Ç:0,65	293	10,26	9,25		

Hava Oranı 20 Lt ölçülmüştür.

2.4. Beton Üretimi

Beton üretimi Sakarya Üniversite Malzeme Bilimi Laboratuvarında 50 dm³ kapasiteli, düşey eksenli cebri karıştırıcılı betonyerde yapılmıştır.

1. Malzemenin daha iyi karıştırılabilmesi için kum, kaba agrega ve çimento betonyere konulup kuru karışım yapılmıştır.
2. Karma suyun yarısına yakını kuru karışıma eklenmiş ve karıştırılmaya devam edilmiştir.
3. Kalan suya akışkanlaştırıcı eklenip karışımın içine eklenmiştir.
4. Birim ağırlık deneyi yapılmıştır.
5. Elde edilen beton vibre edilerek kalıplara yerleştirilmiştir.

Her karışımdan boyutları 150 x 150 x 150 mm olan beş adet küpe yerleştirilerek her üretimden toplam 6 adet numune üretilmiştir. Beton numuneleri bir gün sonra kalıptan çıkarılmış 20±2 °C'deki kür havuzunda 27 gün süreyle bekletilmiş 28.günde çıkartılarak presde kırılmıştır.

2.5. Taze Beton Deneyleri

Taze betonda aşağıdaki gibi çökme ve birim ağırlık deneyleri yapılmış betonun hava miktarı, kompasitesi hesaplanmıştır.

2.5.1. Birim ağırlık

Üretilen betonların gerçek malzeme miktarlarını hesaplayabilmek için betonda birim ağırlık deneyi yapılmıştır. Bu deneyde 8 lt'lik birim ağırlık kabı kullanılmıştır. Bu kaba beton vibre darası düşülmüş, kabın hacminde bölünerek birim ağırlık bulunmuştur.

2.5.2. Çökme deneyi

Taze betonda işlenebilmenin ölçülmesi amacıyla Abrams çökme konisi ile çökme deneyi yapılmıştır. Çökme deneyinde üst çapı 10 cm, alt çapı 20 cm ve yüksekliği 30 cm olan bir kesik koni içine eşit yükseklikte 3 tabaka halinde beton doldurulur. Her tabaka doldurulduktan sonra 25 defa çelik çubuk ile şişlenerek malzemenin yerleşmesi sağlanır. Koni tamamen doldurulduktan sonra üstü mala ile düzlenir ve doldurulan beton sarsılmadan kesik koni kalıp yukarı doğru çekilir. Çökme miktarı kesik koninin üst kenarı ile yayılan betonun betonun üstünde oluşan yüksek, orta ve en düşük yükseklikler alınarak çökme miktarı bulunur.

Çökme miktarının fazla olması betonun kendi ağırlığı altındaki hareket etme kabiliyetinin büyük olduğunu gösterir. Bu bakımdan çökme miktarı ne kadar fazla ise işlenebilme özelliğinin derecesi de o kadar yüksek olur.

Bu deney metodu ile işlenebilme özelliği tam olarak ölçülemez. Su miktarındaki değişiklik çökmenin farklı değerler almasına sebep olur. Su miktarının çok az olduğu ancak kuvvetli vibrasyonla yerleşebilen betonlarda çökme sıfır çıkar. Çökme miktarı ne kadar fazla ise bu betonun kendi ağırlığı altında o kadar büyük bir hareket etme kabiliyetine sahip olduğu söylenebilir.

Elde edilen çökme miktarları, bu karakteristiğe etki eden karma suyu miktarı dışında, başka faktörlerin de etkisi altında bulunmaktadır. Bu da iri agrega tanelerinin biçimidir. İri agreganın kırmataş tanelerinden veya köşeli tanelerde oluşması halinde taze beton, meydana gelen kenetlenme betonun daha az çökmesine sebep olur. Buna karşılık iri agrega taneleri çakıl veya yuvarlak yüzeyli taneler şeklinde ise bu

kenetlenme gerçekleşmeyecek ve çökme daha büyük bir değer alacaktır. Ayrıca agrega granülometrisi de etkili bir rol aynar [22]. Tane boyutu küçüldükçe aynı dozajda bir betondan iri malzeme ile üretilmiş beton ile aynı çökme istendiğinde su miktarının artırılması ve akışkanlaştırıcı kullanması gerekir ki bu da mukavemetin azalmasına sebebiyet verir. Taze beton deneyi sonuçları aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Firma Adı
Laboratuvar
Basınç Dayanım Raporu

Numune Bilgileri :

Yapı Sahibi :
İnşaat Adresi :
Katkı :
Test Standardı :
Kull. Yer : KUM+7-15 +200 D+K

Rapor Tarihi : 28.01.2012
Klasör : C:\PROGRA~1\BASINC~1\8178

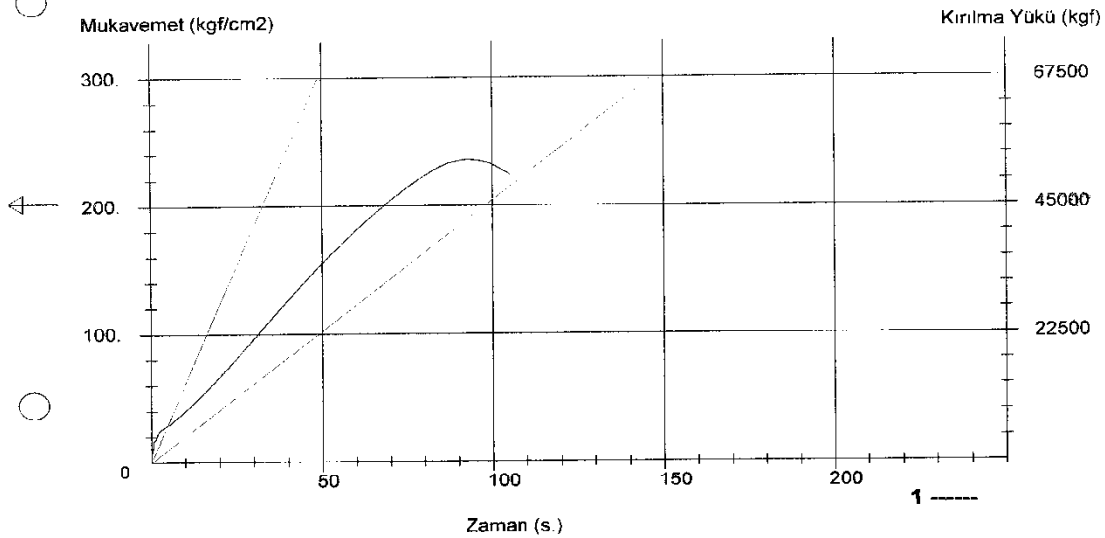
4

Ada : Pafta : Parsel :

Beton Cinsi :
Hazır Beton :

Nr.	Kesit Alanı cm ² .	Hacim cm ³ .	Ağırlık gr.	Birim Ağır. kg/dm ³	Num. Yaşı gün	Alınış Tarihi	Test Tarihi	Kırılma Yüğü kgf.	Mukavemet kgf/cm ²	Beton Sıcak. °C	Trans. No
1	225	3375						53236	236.6		
Ortalama:								53236	236.6		

Deney Grafiğı



Açıklamalar:

Deneyleri Yapan
Operatör

Onaylayan
Lab. Şefi

Not 1: Bu rapor firmamızın izni olmadan çoğaltılamaz. Üzerinde değışiklik yapılamaz.
Not 2: Bu rapor sadece deneyi yapılan numuneler için geçerlidir.

Şekil 2.1 Beton Basınç Dayanımı 250 D+K

Firma Adı
Laboratuvar
Basınç Dayanım raporu

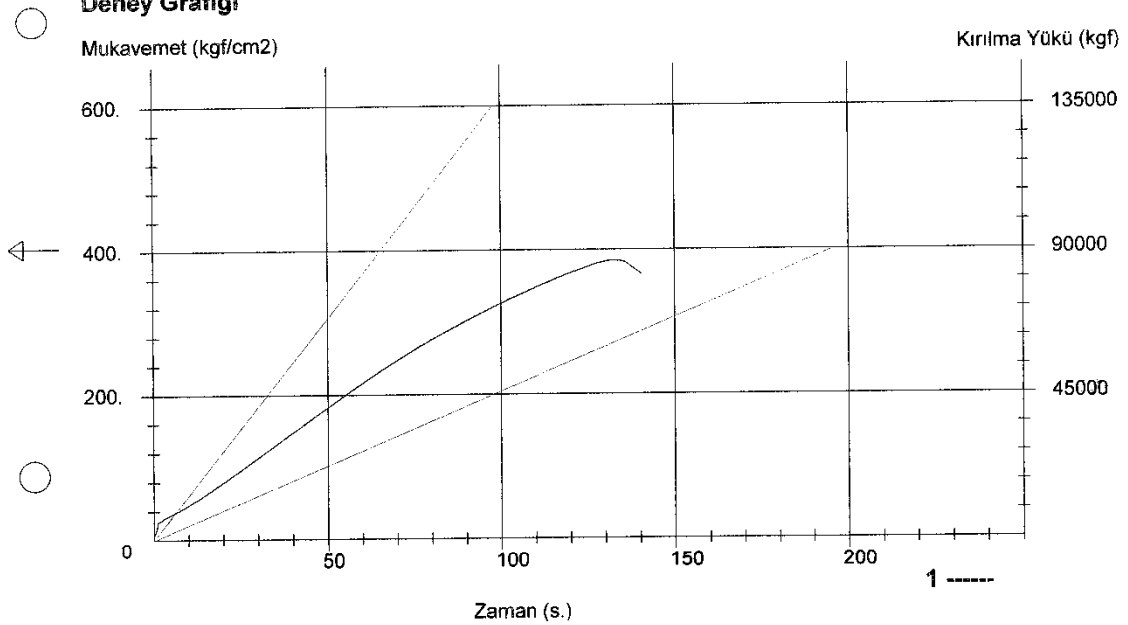
Numune Bilgileri :

Rapor Tarihi : 28.01.2012
Klasör : C:\PROGRA~1\BASINC~1\8179

Yapı Sahibi :
İnşaat Adresi :
Katkı :
Test Standardı :
Kull. Yer : KUM+ 15-22 350 DOZ

Ada : Pafta : Parsel :
Beton Cinsi :
Hazır Beton :

Nr.	Kesit Alanı cm ²	Hacim cm ³	Ağırlık gr.	Birim Ağır. kg/dm ³	Num. Yaşı gün	Alınış Tarihi	Test Tarihi	Kırılma Yüğü kgf.	Mukavemet kgf/cm ²	Beton Sıcak. °C	Trans. No
1	225.	3375.						86841.	385.96		
Ortalama:								86841.	385.96		

Deney Grafiği**Açıklamalar:**

Deneyleri Yapan
Operatör

Onaylayan
Lab.Şefi

Not 1: Bu rapor firmamızın izni olmadan çoğaltılamaz, üzerinde değişiklik yapılamaz.
Not 2: Bu rapor sadece deneyi yapılan numuneler için geçerlidir.

Şekil 2.2 Beton Basınç Dayanımı 350 D+K

Firma Adı
Laboratuvar
Basınç Dayanım raporu

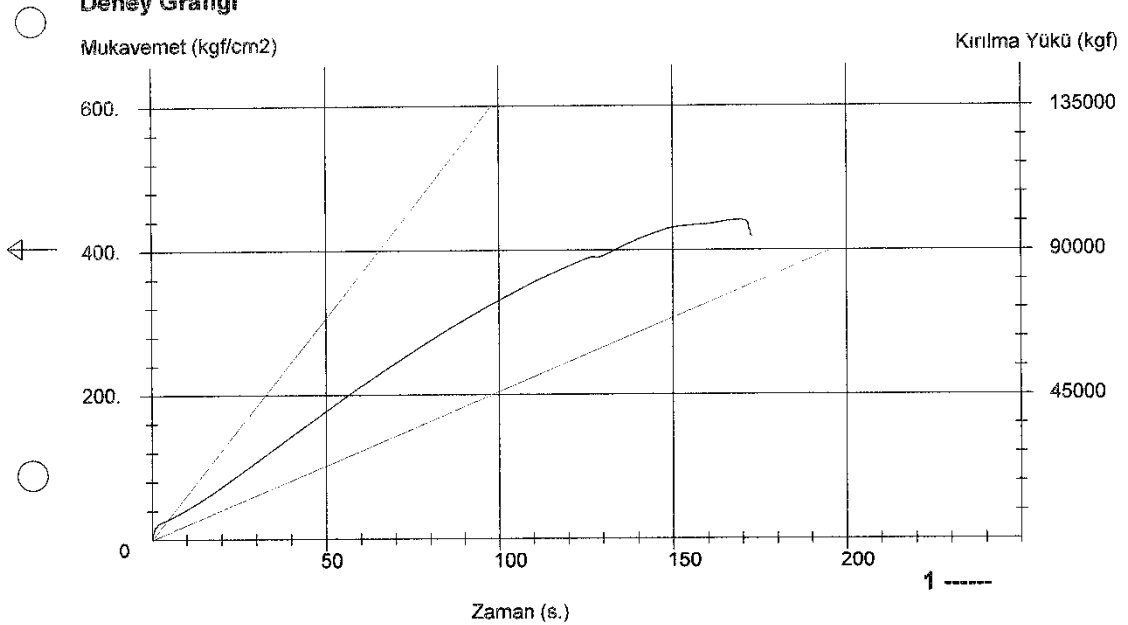
Numune Bilgileri :

Rapor Tarihi : 28.01.2012
Klasör : C:\PROGRA~1\BASINC~1\8180

Yapı Sahibi :
İnşaat Adresi :
Katkı :
Test Standardı :
Kull. Yer : KUM-7-15 450 DOZ

Ada : Pafta : Parsel :
Beton Cinsi :
Hazır Beton :

Nr.	Kesit Alanı cm ² .	Hacim cm ³ .	Ağırlık gr.	Birim Ağırlık kg/dm ³	Num. Yaşı gün	Alınış Tarihi	Test Tarihi	Kırılma Yüklü kgf.	Mukavemet kgf/cm ²	Beton Sıcak. 'C	Trans. No
1	225.	3375.						99642.	442.85		
Ortalama:								99642.	442.85		

Deney Grafiği**Açıklamalar:**

Deneyleri Yapan
Operatör

Onaylayan
Lab.Şefi

Not 1: Bu rapor firmamızın izni olmadan çoğaltılamaz, üzerinde değişiklik yapılamaz.
Not 2: Bu rapor sadece deneyi yapılan numuneler için geçerlidir.

Şekil 2.3 Beton Basınç Dayanımı 450 D+K

Firma Adı
Laboratuvar
Basınç Dayanım raporu

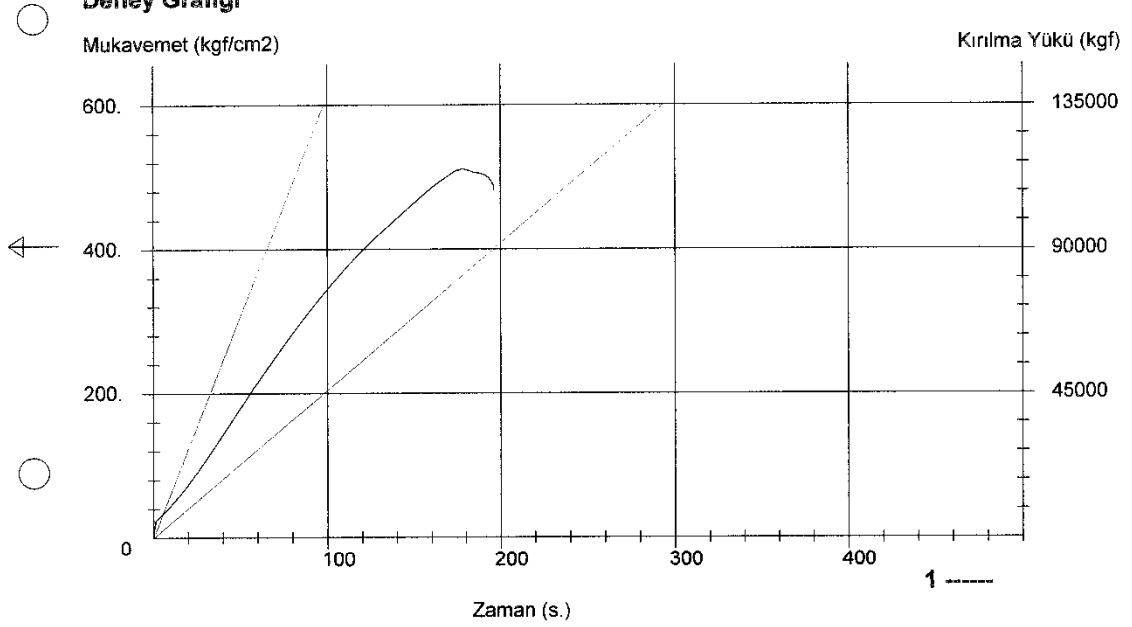
Numune Bilgileri :

Rapor Tarihi : 28.01.2012
Klasör : C:\PROGRA~1\BASINC~1\18181

Yapı Sahibi :
İnşaat Adresi :
Katkı :
Test Standardı :
Kull. Yer : KUM+1NO 2 NO350 DOZ

Ada : Pafta : Parsel :
Beton Cinsi :
Hazır Beton :

Nr.	Kesit Alanı cm ² .	Hacim cm ³ .	Ağırlık gr.	Birim Ağır. kg/dm ³	Num. Yaşı gün	Alınış Tarihi	Test Tarihi	Kırılma Yüğü kgf.	Mukavemet kgf/cm ²	Beton Sıcak. °C	Trans. No
1	225	3375						115256	512.25		
Ortalama:								115256	512.25		

Deney Grafiğı**Açıklamalar:**

Deneyleri Yapan
Operatör

Onaylayan
Lab.Şefi

Not 1: Bu rapor firmamızın izni olmadan çoğaltılamaz, üzerinde değışiklik yapılamaz.
Not 2: Bu rapor sadece deneyi yapılan numuneler için geçerlidir.

Şekil 2.4 Beton Basınç Dayanımı 350 D+K+I+II

Firma Adı
Laboratuvar
Basınç Dayanım raporu

Numune Bilgileri :

Rapor Tarihi : 28.01.2012

Klasör : C:\PROGRA~1\BASINC~1\8182

Yapı Sahibi :

İnşaat Adresi :

Katkı :

Test Standardı :

Kull. Yer :

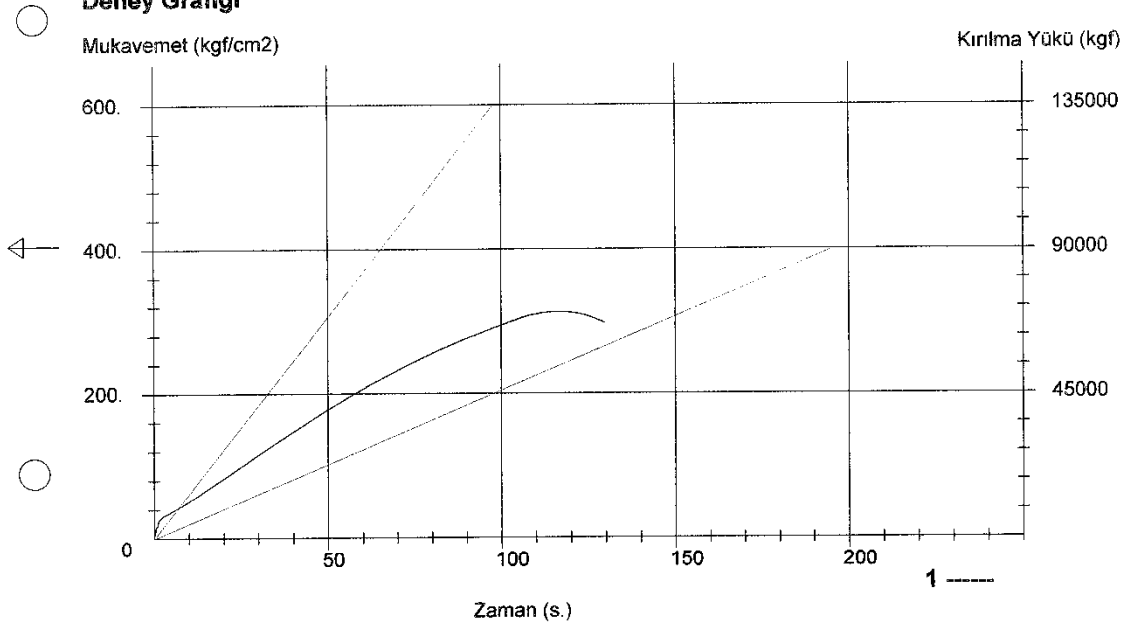
: KUM+1 NO 2 NO 250 DOZ

Beton Cinsi :

Hazır Beton :

Ada : Pafta : Parsel :

Nr.	Kesit Alanı cm ² .	Hacim cm ³ .	Ağırlık gr.	Birim Ağır. kg/dm ³	Num. Yaşı gün	Alınış Tarihi	Test Tarihi	Kırılma Yüğü kgf.	Mukavemet kgf/cm ²	Beton Sıcak. °C	Trans. No
1	225.	3375.						70640.	313.96		
Ortalama:								70640.	313.96		

Deney Grafiği**Açıklamalar:**

Deneyleri Yapan

Operatör

Onaylayan

Lab.Şefi

Not 1: Bu rapor firmamızın izni olmadan çoğaltılamaz, üzerinde değişiklik yapılamaz.
Not 2: Bu rapor sadece deneyi yapılan numuneler için geçerlidir.

Şekil 2.5 Beton Basınç Dayanımı 250 D+K+I+II

Firma Adı
Laboratuvar
Basınç Dayanım raporu

Numune Bilgileri :

Rapor Tarihi : 28.01.2012

Klasör : C:\PROGRA~1\BASINC~1\8183

Yapı Sahibi :

İnşaat Adresi :

Katkı :

Test Standardı :

Kull. Yer :

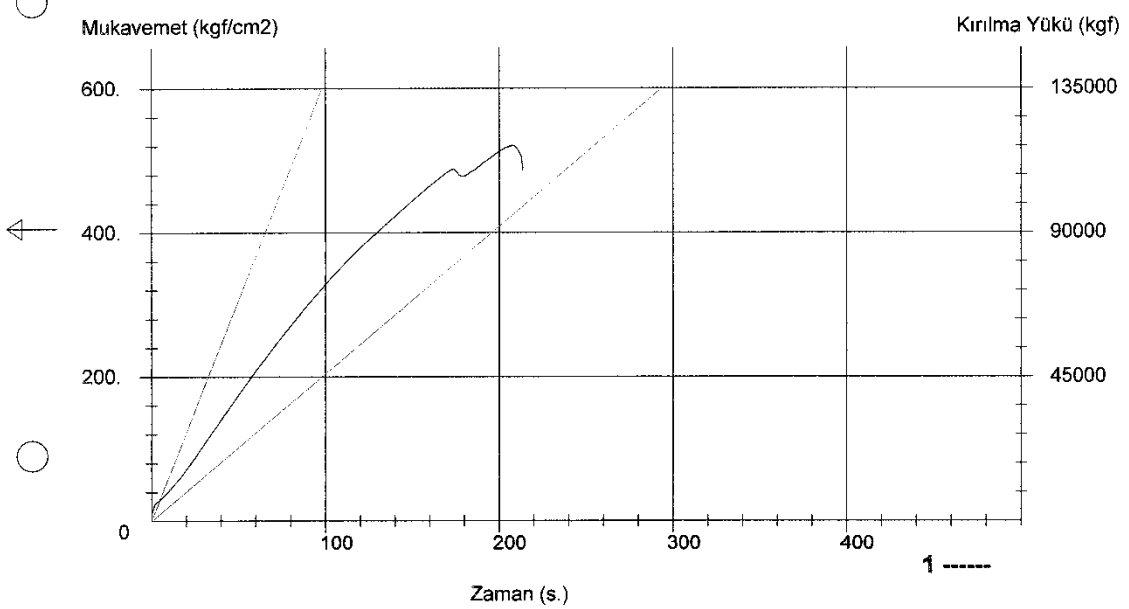
: KUM+ 1 NO 2 NO 450 DOZ

Beton Cinsi :

Hazır Beton :

Ada : Pafta : Parsel :

Nr.	Kesit Alanı cm ² .	Hacim cm ³ .	Ağırlık gr.	Birim Ağır. kg/dm ³	Num. Yaşı gün	Alınış Tarihi	Test Tarihi	Kırılma Yüğü kgf.	Mukavemet kgf/cm ²	Beton Sıcak. °C	Trans. No
1	225.	3375.						117517.	522.3		
Ortalama:								117517.	522.3		

Deney Grafiği**Açıklamalar:**

Deneyleri Yapan

Operatör

Onaylayan

Lab.Şefi

Not 1: Bu rapor firmamızın izni olmadan çoğaltılamaz, üzerinde değişiklik yapılamaz.
Not 2: Bu rapor sadece deneyi yapılan numuneler için geçerlidir.

Şekil 2.6 Beton Basınç Dayanımı 450 D+K+I+II

Firma Adı
Laboratuvar
Basınç Dayanım raporu

Numune Bilgileri :

Yapı Sahibi :
İnşaat Adresi :
Katki :
Test Standardı :
Kull. Yer : KUM+ 1 NO 2 NO 3 NO 250 DOZ

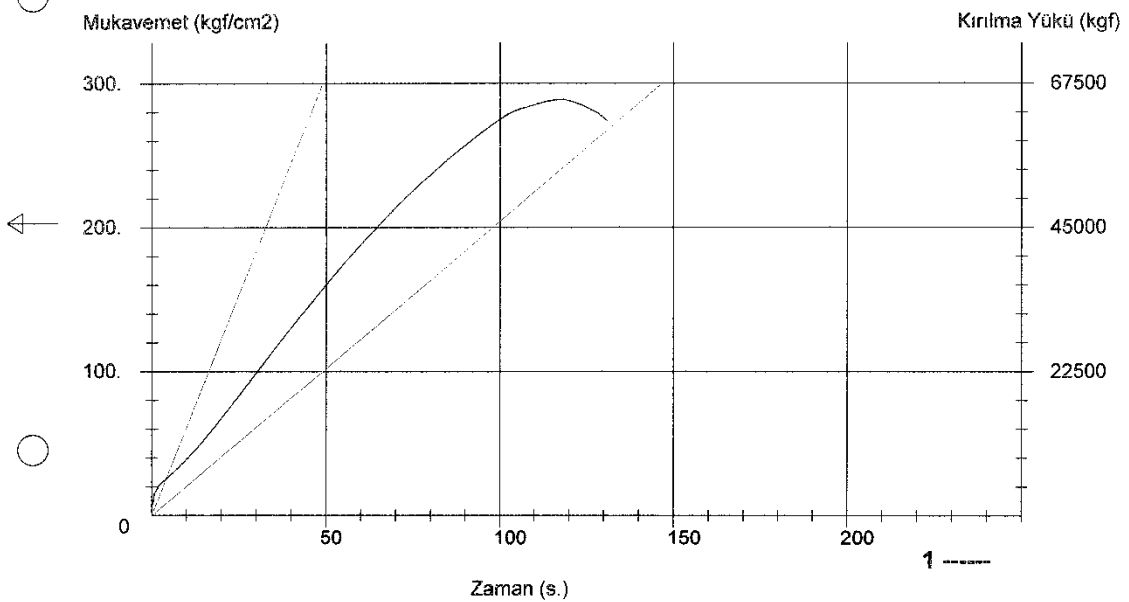
Rapor Tarihi : 28.01.2012
Klasör : C:\PROGRA~1\BASINC~1\8184

Ada : Pafta : Parsel :

Beton Cinsi :
Hazır Beton :

Nr.	Kesit Alanı cm ² .	Hacim cm ³ .	Ağırlık gr.	Birim Ağır. kg/dm ³	Num. Yaşı gün	Alınış Tarihi	Test Tarihi	Kırılma Yüğü kgf.	Mukavemet kgf/cm ²	Beton Sıcak. °C	Trans. No
1	225.	3375.						65175.	289.67		
Ortalama:								65175.	289.67		

Deney Grafiği



Açıklamalar:

Deneyleri Yapan
Operatör

Onaylayan
Lab.Şefi

Not 1: Bu rapor firmamızın izni olmadan çoğaltılamaz, üzerinde değişiklik yapılamaz.
Not 2: Bu rapor sadece deney yapılan numuneler için geçerlidir.

Şekil 2.7 Beton Basınç Dayanımı 250 D+K+I+II+III

Firma Adı
Laboratuvar
Basınç Dayanım raporu

Numune Bilgileri :

Rapor Tarihi : 28.01.2012

Klasör : C:\PROGRA~1\BASINC~1\8185

Yapı Sahibi :

İnşaat Adresi :

Katkı :

Test Standardı :

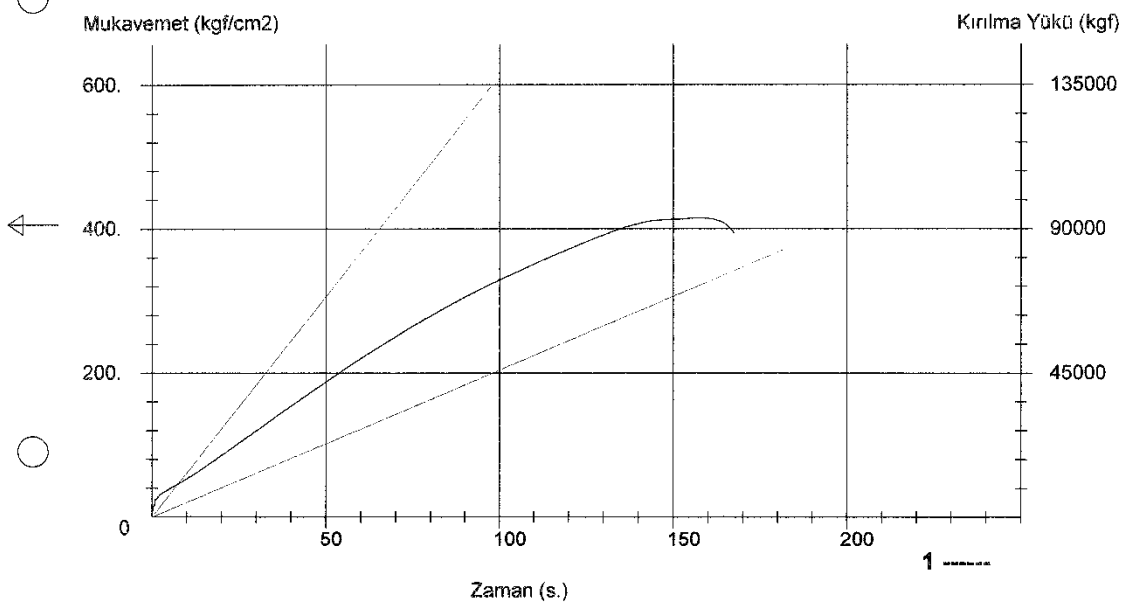
Kull. Yer : KUM+ 1 NO 2 NO 3 NO 350 DOZ

Beta Cinsi :

Hazır Beton :

Ada : Pafta : Parsel :

Nr.	Kesit Alanı cm ² .	Hacim cm ³ .	Ağırlık gr.	Birim Ağır. kg/dm ³	Num. Yaşı gün	Alınış Tarihi	Test Tarihi	Kırılma Yüğü kgf.	Mukavemet kgf/cm ²	Beton Sıcak. °C	Trans. No
1	225.	3375.						93770.	416.76		
Ortalama:								93770.	416.76		

Deney Grafiğı**Açıklamalar:**

Deneyleri Yapan

Operatör

Onaylayan

Lab.Şefi

Not 1: Bu rapor firmamızın izni olmadan çoğaltılamaz, üzerinde değışiklik yapılamaz.

Not 2: Bu rapor sadece deneyi yapılan numuneler için geçerlidir.

Şekil 2.8 Beton Basınç Dayanımı 350 D+ K+I+II+III

Firma Adı
Laboratuvar
Basınç Dayanım raporu

Numune Bilgileri :

Rapor Tarihi : 28.01.2012

Klasör : C:\PROGRA~1\BASINC~1\8186

Yapı Sahibi :

İnşaat Adresi :

Katkı :

Test Standardı :

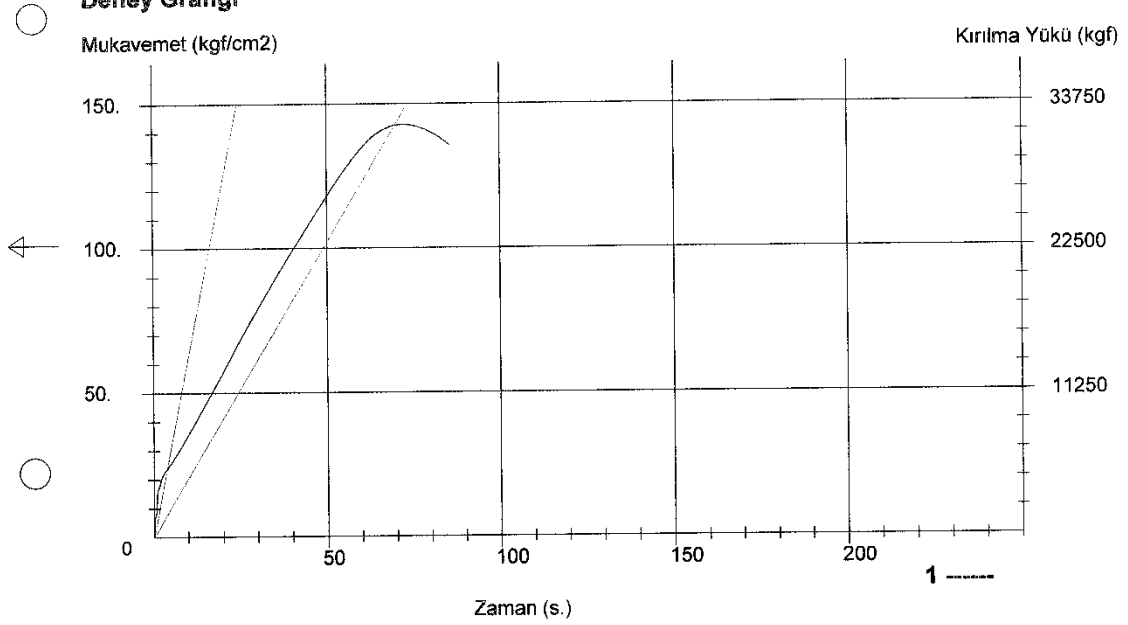
Kull. Yer : KUM+ ÇİM, 250 DOZ

Ada : Pafta : Parsel :

Beton Cinsi :

Hazır Beton :

Nr.	Kesit Alanı cm ² .	Hacim cm ³ .	Ağırlık gr.	Birim Ağır. kg/dm ³	Num. Yaşı gün	Alınış Tarihi	Test Tarihi	Kırılma Yüğü kgf.	Mukavemet kgf/cm ²	Beton Sıcak. °C	Trans. No
1	225.	3375.						32238.	143.28		
Ortalama:								32238.	143.28		

Deney Grafiği**Açıklamalar:**

Deneyleri Yapan
Operatör

Onaylayan
Lab.Şefi

Not 1: Bu rapor firmamızın izni olmadan çoğaltılamaz, üzerinde değişiklik yapılamaz.
Not 2: Bu rapor sadece deneyi yapılan numuneler için geçerlidir.

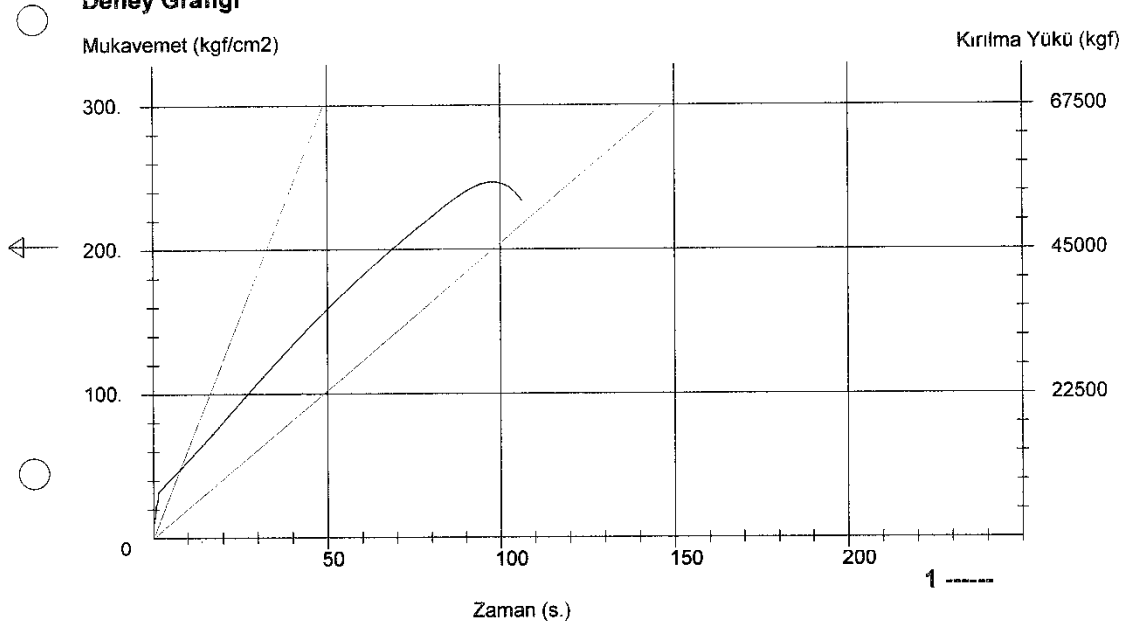
Şekil 2.9 Beton Basınç Dayanımı 250 D+K

Firma Adı
Laboratuvar
Basınç Dayanım raporu

Numune Bilgileri :

Rapor Tarihi : 28.01.2012
Klasör : C:\PROGRA~1\BASINC~1\8187
Ada : Pafta : Parsel :
Yapı Sahibi :
İnşaat Adresi :
Katkı :
Test Standardı :
Kull. Yer : KUM + ÇİM +350 DOZ
Beton Cinsi :
Hazır Beton :

Nr.	Kesit Alanı cm2.	Hacim cm3.	Ağırlık gr.	Birim Ağır. kg/dm3	Num. Yaşı gün	Alınış Tarihi	Test Tarihi	Kırılma Yüğü kgf.	Mukavemet kgf/cm2	Beton Sıcak. °C	Trans. No
1	225.	3375.						55644.	247.31		
Ortalama:								55644.	247.31		

Deney Grafiğı**Açıklamalar:**

Deneyleri Yapan
Operatör

Onaylayan
Lab.Şefi

Not 1: Bu rapor firmamızın izni olmadan çoğaltılamaz. Üzerinde değışiklik yapılamaz.
Not 2: Bu rapor sadece deneyi yapılan numuneler için geçerlidir.

Şekil 2.10 Beton Basınç Dayanımı 350 D+K

2.6. Sertleşmiş Beton Deneyleri

2.6.1. Basınç deneyi

Basınç değerlerinde 250 ton kapasiteli Akpol marka basınç presi kullanılmıştır. Bu deney hem küp numuneleri için yapılmıştır. Küp numuneler kalıptan çıkarıldıktan sonra kür havuzunda 27 gün bekletilmiş, 28. gün sonunda çıkartılıp basınç deneyleri yapılmıştır.

Boyutları 150x150x150 mm olan küp numuneler tartıldıktan sonra sabit yükleme hızı altında pres ile yüklenmiş ve maksimum dayanım kaydedilmiştir. Her bir beton serisinden 3 adet numune kırılmıştır.

2.6.2. Ultrases deneyi

Ultrases hızı ölçümü basınç deneyinden önce yapılmıştır. Bu deneyde tüm numunelerin boyları ölçülmüş, karşılıklı yüzeyleri üzerine gres yağı sürülüp numune ses alıcı ve verici probalar arasında yerleştirilmiştir. Sesin numune boyunca geçiş süresi mikro saniye cinsinden ölçülmüştür. Boşluğu fazla olan başka bir deyişle su/çimento oranı fazla olan betonlardan sesin daha yavaş geçtiği saptanmıştır.

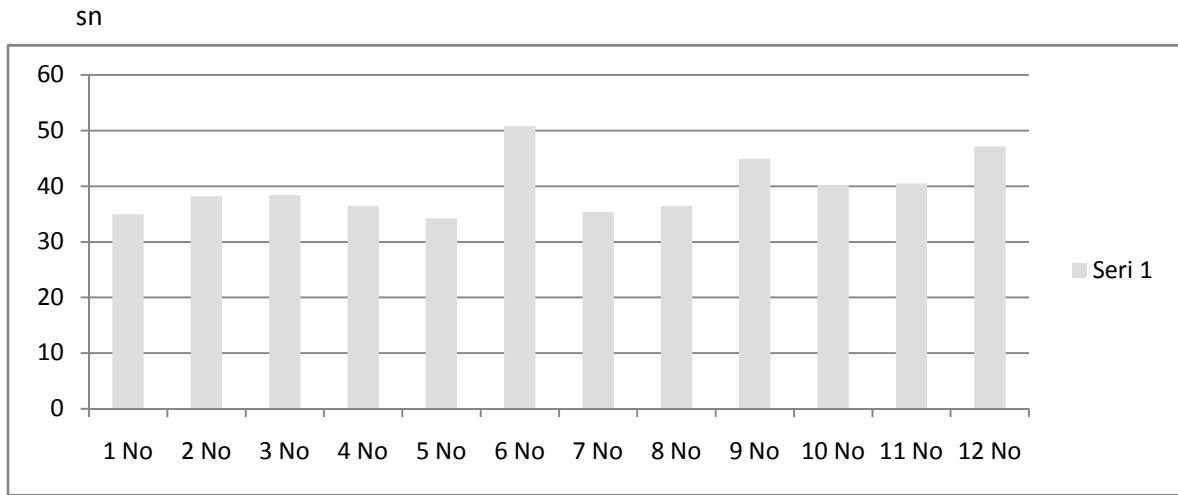
2.7. Beton Deneyleri Sonuçları

2.7.1. Ultrases hızı tayini

Ultrases deneyi numuneler kırılmadan hemen önce küp ve silindir numuneler üzerinde yapılmıştır. Sonuçlar, Tablo2.2 da verilmiştir.

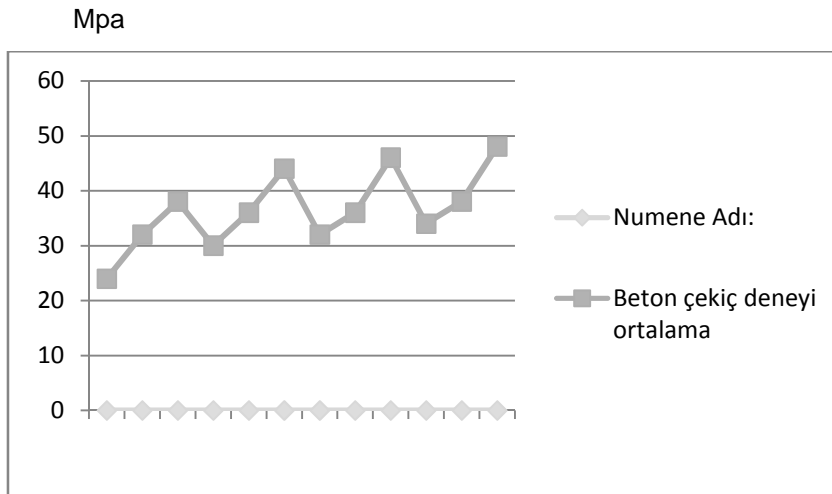
Tablo 2.8 Üretilen Betonların Ultrases Değerleri

Numene Adı:	Ultra ses ölçümü T (sn)	Ultra ses hızı(m/sn) $X=V*T$
250 D+Ç	35	4300
350 D+Ç	38,2	3900
450 D+Ç	38,4	3900
250 D+Ç+I	36,5	4100
350 D+Ç+I	34,2	4300
450 D+Ç+I	50,8	2900
250 D+Ç+I+II	35,4	4200
350 D+Ç+I+II	36,5	4100
450 D+Ç+I+II	44,9	3300
250 D+Ç+I+II+III	40,2	3700
350 D+Ç+I+II+III	40,5	3700
450 D+Ç+I+II+III	47,2	3100



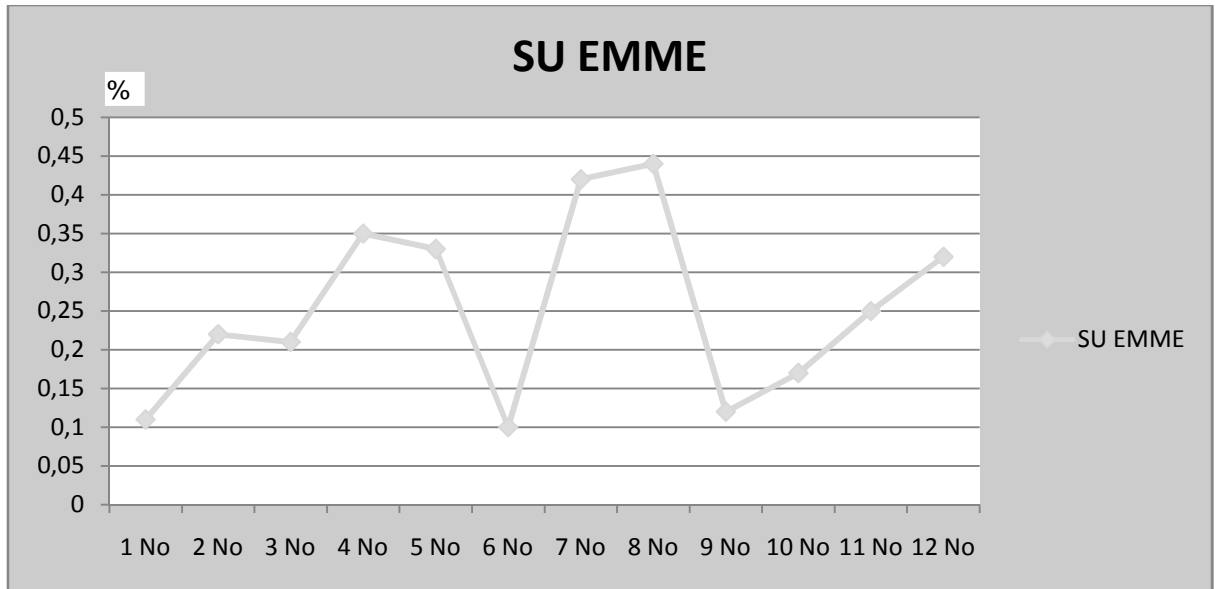
Tablo 2.9 Beton Çekiç Deneyi

Numene Adı:	BETON ÇEKİÇ DENEY SONUÇLARI										ORTALAMA Mpa
250 D+Ç	22	22	24	26	24	24	26	26	26	24	24,4
350 D+Ç	26	26	28	26	28	28	28	28	26	28	27,2
450 D+Ç	40	36	36	38	38	36	40	38	40	36	37,8
250 D+Ç+I	30	28	30	30	30	32	32	34	28	32	30,6
350 D+Ç+I	36	40	38	38	36	38	38	38	36	38	37,6
450 D+Ç+I	42	42	46	46	38	42	46	44	42	44	43,2
250 D+Ç+I+II	34	34	34	32	34	34	34	34	32	34	33,6
350 D+Ç+I+II	38	36	34	36	32	36	34	32	34	32	34,4
450 D+Ç+I+II	44	44	46	44	42	42	44	42	44	46	43,8
250 D+Ç+I+II+III	34	34	32	34	32	30	34	34	34	34	33,2
350 D+Ç+I+II+III	38	34	34	36	34	36	34	36	34	36	35,2
450 D+Ç+I+II+III	46	48	48	48	46	46	48	48	46	48	47,2



Şekil 2.11 Su Emme Deneyi

Numene Adı:	W1	W0	$P = \frac{(W1-W0)}{W0} * 100$ %
250 D+Ç	7372	7354	0,24
350 D+Ç	7352	7316	0,49
450 D+Ç	7516	7500	0,21
250 D+Ç+I	7824	7796	0,36
350 D+Ç+I	7806	7780	0,33
450 D+Ç+I	7902	7864	0,48
250 D+Ç+I+II	8200	8164	0,44
350 D+Ç+I+II	8012	7978	0,43
450 D+Ç+I+II	7922	7912	0,13
250 D+Ç+I+II+III	7974	7960	0,18
350 D+Ç+I+II+III	7814	7794	0,26
450 D+Ç+I+II+III	8012	7985	0,34



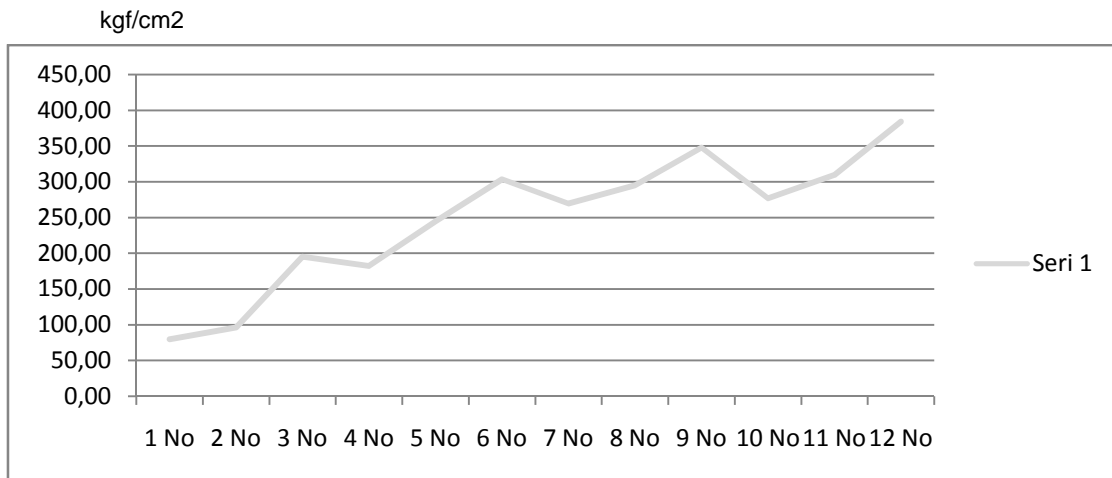
2.8. Sertleşmiş Beton Deney Sonuçları

2.8.1. Basınç deney sonuçları

Üretilen betonların 38.günde yapılan basınç deneyi sonuçlarından elde edilen basınç dayanımları Şekil 2.12 de verilmiştir.

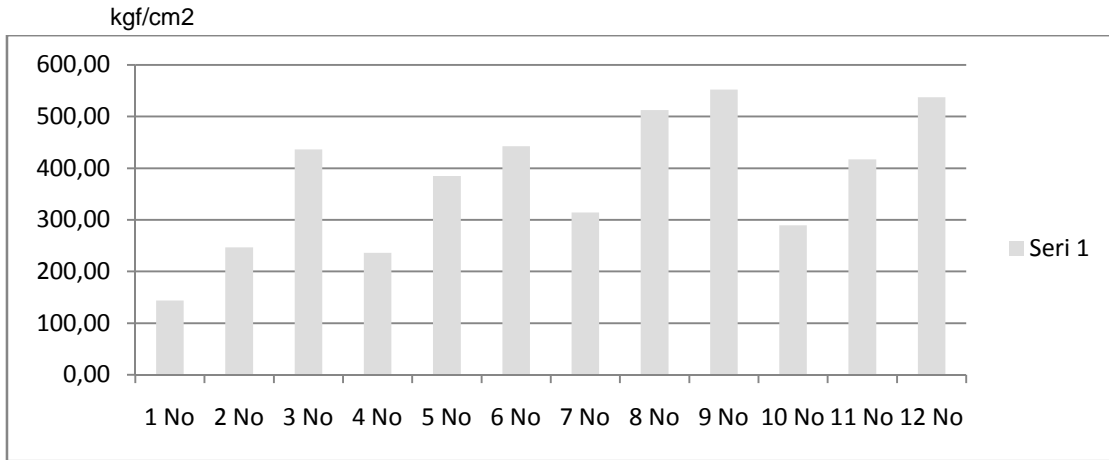
Şekil 2.12 Üretilen Betonların Basınç Deneyi Sonuçları

Numene Adı:	7 GÜNLÜK BASINÇ DAYANIMLARI			ORTALAMA kgf/cm ²
250 D+Ç	75	78	86	79,67
350 D+Ç	90	102	97	96,33
450 D+Ç	195	180	210	195,00
250 D+Ç+I	180	185	182	182,33
350 D+Ç+I	240	245	248	244,33
450 D+Ç+I	300	302	308	303,33
250 D+Ç+I+II	267	270	271	269,33
350 D+Ç+I+II	305	285	295	295,00
450 D+Ç+I+II	348	345	350	347,67
250 D+Ç+I+II+III	270	278	282	276,67
350 D+Ç+I+II+III	322	305	301	309,33
450 D+Ç+I+II+III	380	384	388	384,00



Şekil 2.12 Üretilen Betonların Basınç Deneyi Sonuçları Devamı

Numene Adı:	28 GÜNLÜK BASINÇ DAYANIMLARI			ORTALAMA kgf/cm ²
250 D+Ç	143	145	144	144,00
350 D+Ç	250	245	246	247,00
450 D+Ç	440	435	434	436,33
250 D+Ç+I	238	236	235	236,33
350 D+Ç+I	388	382	385	385,00
450 D+Ç+I	443	430	454	442,33
250 D+Ç+I+II	310	315	317	314,00
350 D+Ç+I+II	510	515	513	512,67
450 D+Ç+I+II	552	554	551	552,33
250 D+Ç+I+II+III	285	288	296	289,67
350 D+Ç+I+II+III	418	414	420	417,33
450 D+Ç+I+II+III	533	538	542	537,67



BÖLÜM 3 . SONUÇLAR

1. Numunelerin basınç dayanımı birim hacim ağırlığı ilişkisi maksimum dane boyutuna bağlı olmaksızın doğru orantılıdır.
2. Maksimum dane boyutu küçük olan numunelerde küp basınç dayanımı ile silindir basınç dayanımı birbiri ile yakın değerler vermektedir.
3. Su/çimento oranı arttıkça maksimum dane boyutuna bağlı olmaksızın numunelerin basınç dayanımları düşmüştür. Aralarında ters orantı mevcuttur.
4. Maksimum dane boyutu ile değişmeksizin su / çimento oranı azaldıkça elastisite modülü artmaktadır.
5. Ultrases hızı maksimum dane boyutuna göre değişmemektedir. Ancak ultrases hızının düşük çıkması küçük daneli numunelerdeki hava miktarının fazlalığını gösterir.
6. Elastisite modülü ultrases hızı ilişkisi incelendiğinde elastisite modülünün dane boyutundan bağımsız olduğu gözlenir.
7. Kullanılan agrega yüzdeleri arasından maksimum dane yarıçapı 31,5 mm olan numunelerde kompasitenin en fazla olduğu görülmüştür. Kompasitesi yüksek olan numunelerin basınç dayanımlarının yüksek olduğu görülmüştür. Ancak basınç dayanımının dane boyutundan bağımsız olduğu gözlenmiştir.
8. Ultrases hızının küp numunelerde maksimum dane boyutu 5 mm olan ile 32 mm olan benzerlik göstermiş; 15 mm olan numunelerde artış hızı en büyüktür.
9. Maksimum dane boyutuna bağlı olmaksızın elastisite basınç dayanımı ilişkisinin doğru orantılı olarak değiştiği gözlenmiş; basınç dayanımı aynı olan numunelerde , maksimum dane boyutubüyük olan numunelerde elastisite modülünün daha büyük olduğu gözlenmiştir.
10. Yapılan bu araştırmada dane çapı arttıkça beton basınç dayanımının arttığı gözlenmiş; ancak günümüz koşullarında d_{max} 22 mm büyük dane çapına sahip beton numunelerinin işlenebilmesi ve pompalanabilmesi oldukça güçtür.

KAYNAKLAR

- [1] ÖZKUL, H., TAŞDEMİR M.A ve TOKYAR M., UYAN M.; 1999. Her Yönüyle Beton. Türkiye Hazır Beton Birliği, İstanbul.
- [2] RIXOM, M. R. ve MAILVAGANAM, N P., 1986. Chemical Admixtures for Concrete, E&FN Spon, Londra.
- [3] ÇİMSA, www.cimsa.com.tr 05.04.2012
- [4] CELEP, Z. ve KUMBASAR, N., 2005. Betonarme Yapılar, İhlas Gazetecilik A.Ş., İstanbul.
- [5] NEVİLLE, A.M., 1993. Properties of Concrete, Third Edition, Longman Scientific and Technical.
- [6] KALİTEKONTROL.org, www.kalitekontrol.org 06.05.2012
- [7] VİKİPEDİA, www.wikipedia.org
- [8] TOSUN K., Yazıcı B. 2000. Baredan, İstanbul.
- [9] BETONSA, www.betonsa.com 01.11.2011
- [10] ERDOĞAN, T. Y., Betonu Oluşturan Maddeler, Çimentolar. İstanbul, 1990.
- [11] TS ENV 197-1, Çimento İçinde Bulunabilecek Malzemeler, 1999.
- [12] YILDIRIM H., Ders Notları, 2003.
- [13] HİLDELBERG Cement, www.Hieldergcement.org
- [14] TS 11222, Beton-Hazır Beton –Sınıflandırma, 2001.
- [15] ÇİMSA, www.cimsa.com.tr 02.03.2012
- [16] POSTACIOĞLU, B., Yapı Malzemesi, İstanbul, 1969.
- [17] AĞAR, Z., SÜTAP, İ. Ve ÖZTAP G., Beton Yollar, İTÜ Matbası Gümüşsuyu, İstanbul, 1998.
- [18] AGREGA.org, www.agrega.org 15.04.2012

- [19] KOCATAŞKIN, F., Yapı Malzemesi dersleri. İstanbul.
- [20] POSTACIOĞLU B., Bağlayıcı Maddeler, Agregalar, Beton Cilt 1, Teknik Kitaplar Yayınevi, İstanbul.
- [21] KARABULUT, A. Ş., Reaktif Pudra Betonun Özelliklerinin Mineral Katkılarla Geliştirilmesi. İstanbul, 2006.
- [22] ÇİMSA, www.cimsa.com.tr 18.04.2012
- [23] ARIOĞLU E., ARIOĞLU N., ve YILMAZ A.O., 2006 . Beton Agregası , Evrim Yayınevi , İstanbul.
- [24] BETONSA, www.betonsa.com 21.05.2012
- [25] AKAKIN, T., Betonun Mühendislik Özellikleri, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi Aylık Yayın Organı 79 2005; 19-22.

ÖZGEÇMİŞ

Serdar AYDENİZ 13.08.1983 yılında Adapazarı'nda doğdu. İlköğretimini Sabiha Hanım İlköğretim Okulu'nda; liseyi İstanbul Bahçeşehir Atatürk Lisesi'nde tamamladı. Yüksek öğrenimini Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği bölümünde 2007 yılında tamamladı. 3 yıldır Çimsa Çimento San.Tic. A.Ş.'de Tesis Yöneticisi olarak görev yapmaktadır.