

**BETONUN MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN
ÇARPMA DAYANIMINA ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

Kürşat KAYMAZ

**Yüksek Lisans Tezi
Yapı Eğitimi Anabilim Dalı
Danışman: Yrd. Doç. Dr. Erdinç ARICI**

EYLÜL -2011

T.C
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BETONUN MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN ÇARPMA DAYANIMINA ETKİSİNİN
İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Kürşat KAYMAZ

Enstitü No: 091125101

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 20 Haziran 2011

Tezin Savunulduğu Tarih : 05 Eylül 2011

Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Erdinç ARICI (F.Ü)

Diğer Jüri Üyeleri : Doç. Dr. Servet YILDIZ (F.Ü)

Yrd. Doç. Dr. Kürşat Esat ALYAMAÇ (F.Ü)

EYLÜL - 2011

ÖNSÖZ

Tez çalışmam süresince benden desteğini bilgilerini, tecrübelerini ve yardımlarını esirgemeyen, çalışmamın yönetimini üstlenen, deneysel çalışmaları beraber yürüttüğüm; danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Erdiñ ARICI 'ya sonsuz teşekkür ederim.

Deneysel çalışmalarım esnasında yardımlarından dolayı arkadaşım Hakan KINA 'ya, maddi ve manevi desteğini esirgemeyen değerli hocam Prof. Dr. Vahit KONAR 'a ve ayrıca bölüm hocalarına teşekkür ederim.

Kürşat KAYMAZ

ELAZIĞ–2011

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	II
İÇİNDEKİLER.....	III
ÖZET	V
ABSTRACT	VI
ŞEKİLLER LİSTESİ	VII
TABLolar LİSTESİ	VIII
SEMBOLLER LİSTESİ	IX
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Betonu Oluşturan Malzemeler	3
1.1.1. Agregas.....	3
1.1.1.1. Agregas Çeşitleri ve Özellikleri	3
1.1.1.2. Agreganın Çapı ve Granülometrisi	4
1.1.2. Çimento	6
1.1.3. Karma suyu.....	7
1.2. Betonun Dayanımı.....	8
1.2.1. Beton Dayanımını Etkileyen Faktörler	8
1.2.1.1. Çimentonun Etkisi.....	9
1.2.1.2. Agreganın Etkisi	9
1.2.1.3. Çimento ile Agregas Tanelerinin Arasındaki Aderansın Etkisi	10
1.2.1.4. Betonun Yerleştirilmesi	11
1.2.1.5. Betonun Bakımı ve Kürü	11
1.2.2. Taze Betondan Beklenen Özellikler	12
1.2.3. Sertleşmiş Betondan Beklenen Özellikler	12
2. BETONUN MEKANİK ÖZELLİKLERİ.....	13
2.1. Basınç Dayanımı	13
2.1.1. Ultrasonik Test Cihazı kullanılarak Beton Basınç Dayanımının Elde Edilmesi	14
2.2. Çekme Dayanımı	16
2.2.1. Doğrudan Çekme Dayanımı	16

2.2.2.	Yarmada Çekme Dayanımı	18
2.2.3.	Eğilmede Çekme Dayanımı	19
2.3.	Betonun Çarpma Dayanımı.....	21
3.	LİTERATÜR TARAMASI	23
3.1.	Essam E. (Darbe Etkisi Altında Ağır Beton Davranışı)	23
3.2.	Kantar E, Arslan A. ve Anıl Ö. (Beton Dayanımındaki Değişimin Çarpma Dayanımına Etkisi)	23
3.3.	Selvi M. (Beton Dayanımındaki Değişimin Çarpma Dayanımına Olan Etkisinin DeneySEL ve Sonlu Elemanlar Yöntemiyle İncelenmesi)	24
3.4.	Uğurlu A. (Agrega–Çimento Bağı)	26
3.5.	Binici H, Çağatay İ.H,ve Kaplan H.(Değişik Faktörlerin Beton Dayanımına Etkisi).....	26
3.6.	Bayromov F, Taşdemir M.A. ve Akkaya Y. (Betonun Mekanik Özellikleri ile Kırılma Parametreleri Arasındaki Bağlılıklar)	27
3.7.	Arıcı E. (Betonun Çarpma Mukavemeti Üzerine Basınç Dayanımının Etkisi)	28
3.8.	Arıcı E, Dursun R, ve İnce R. (Betonun Çarpma Mukavemetinin Tesbiti)... ..	29
4.	MATERYAL ve METOT	31
4.1.	Numune Üretiminde Kullanılan Malzemeler	31
4.1.1.	Agrega	31
4.1.2.	Çimento	31
4.1.3.	Karma Suyu	32
4.2.	Numunelerin Kür ve Bakımı	32
4.3.	Numunelerin Malzeme Karışım Miktarları.....	33
4.4.	Yapılan Deneyler	34
4.4.1.	Basınç Dayanım Deneyi	34
4.4.1.1.	Ultrasonik Test Cihazı Kullanılarak Beton Basınç Dayanımının Elde Edilmesi Deneyi	35
4.4.2.	Yarmada Çekme Dayanımı Deneyi	35
4.4.3.	Eğilmede Çekme Dayanımı Deneyi.....	36
4.4.4.	Çarpma Dayanımı Deneyi	37

5.	BULGULAR	39
5.1.	Basınç Dayanımı	39
5.2.	Eğilmede Çekme Dayanımı	40
5.3.	Yarma Dayanımı	41
5.4.	Çarpma Dayanımı	42
5.5.	Ultrasonik Test Cihazı ile Basınç Dayanımı	44
6.	SONUÇLAR ve ÖNERİLER	45
	KAYNAKLAR.....	46
	ÖZEÇMİŞ	49

ÖZET

Beton dayanımı denildiğinde basınç ve çekme dayanımları olarak algılansa da, bunların dışında çarpmaya da maruz kalmaktadır. Basınç ve çekme dayanımlarını etkileyen faktörler tam olarak incelenmesine karşın çarpma dayanımı üzerinde pek fazla araştırma yapılmamıştır.

Yapmış olduğumuz çalışmada; betonun mekanik özelliklerinden olan basınç, eğilmede çekme ve yarmada çekme dayanımlarının çarpma dayanımı üzerindeki etkileri incelenmiştir. Bu amaç doğrultusunda; agrega çapı ve su/çimento (S/Ç) oranının çarpma dayanımı üzerindeki etkilerinin de incelenmesi amacıyla, agrega çapı 4 – 8 ve 16 mm, S/Ç oranı 0,5 ve 0,55 olan toplam altı seri hazırlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda; basınç, eğilmede çekme, yarmada çekme ve ultra ses değerleri deneysel olarak belirlenmiştir. Ayrıca çarpma dayanımı ile betonun diğer mekanik özelliklerinin kıyaslanması amacıyla Charpy çarpma deneyi yapılarak her serinin kırılma enerjileri ve çarpma dayanımları belirlenmiştir. Elde edilen verilerin analizleri yapılarak betonun çekme dayanımı ile diğer mekanik özellikleri arasındaki ilişki incelenmiştir.

Yapılan çalışma sonucunda; d_{max} değerindeki artış dayanımları artırmıştır. Basınç, çekme ve çarpma dayanımları da yaklaşık olarak aynı oranda artmıştır. S/Ç oranındaki artış basınç ve çekme dayanımlarını yaklaşık %20 oranında azaltmıştır. Fakat çarpma dayanımındaki düşüş %5 civarında kalmıştır.

Anahtar Kelimeler: Beton, basınç dayanımı, çekme dayanımı, çarpma dayanımı, Charpy, ultra ses hızı

ABSTRACT

Concrete strength is understudied as pressure and tensile strength furthermore it is expose to impact apart from these. Despite of the fact that factors effecting on pressure and tensile strength have been studied completely, on the impact strength hasn't been studied.

In this study; pressure as from properties mechanics of concrete, flexural strength and tensile splitting strengths were analyzed effects on impact strength. In accordance with this purpose; effecting on impact strengths of aggregate size and water/cement (W/C) rate in mixture were prepared six series total as aggregate size 4-8, 16 mm and being water/cement (W/C) rates 0.5, 0.55. In accordance with this purpose; pressure, flexural strength, tensile splitting strength and values of ultra sound were determined experimentally. Moreover fracture energy and impact strengths of every series were determined via Charpy impact experiment in order to compare other mechanic purposes of concrete with impact strength. Relation between tensile strength and other mechanic properties of concrete was studied via analysis of getting dates.

Results of this study; with increase of values of d_{max} was increase strengths. Pressure, impact and tensile strengths were increase approximately same rates. Pressure and tensile strengths were decrease approximately 20% rates because of increase at the rate of water/cement (W/C). But decrease at the impact strengths is value 5%

Key words: Concrete, compressive strength, tensile strength, impact strength, charpy, ultra-sound velocity

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 1.1. Maksimum tane büyüklüğü 8 mm olan granülometri eğrisi	5
Şekil 1.2. Maksimum tane büyüklüğü 16 mm olan granülometri eğrisi	5
Şekil 1.3. Maksimum tane büyüklüğü 32 mm olan agrega granülometri eğrisi.....	6
Şekil 2.1. Betonun basınç testinin şematik gösterimi.....	13
Şekil 2.2. Ultrasonik cihazın ölçüm şekli	14
Şekil 2.3. Numuneye doğrudan çekme yükü uygulaması	17
Şekil 2.4. Silindir numunenin yarma düzeneği.....	18
Şekil 2.5. Kirişin orta noktasından yüklenmesi durumunda eğilme yöntemi.....	19
Şekil 2.6. Uzunluğu L olan kirişin uçlarından L/3 uzaklıktaki mesafelerde yüklenmesi durumunda eğilme deneyi yöntemi	20
Şekil 2.7. Charpy deney düzeneği	22
Şekil 4.1. Betonun kür edilmesi.....	32
Şekil 4.2. Basınç presİ	34
Şekil 4.3. Ultrasonik test cihazının şematik gösterimi	35
Şekil 4.4. Yarma deneyi	36
Şekil 4.5. Eğilmede çekme deneyi	36
Şekil 4.6. Charpy deney düzeneğinin gösterimi	37
Şekil 5.1. Numunelerin basınç grafiğı	40
Şekil 5.2. Numunelerin eğilmede çekme dayanım grafiğı	41
Şekil 5.3. Numunelerin yarmada çekme dayanım grafiğı	42
Şekil 5.4. Numunelerin çarpma dayanım C_{ort} grafiğı	43
Şekil 5.5. Numunelerin q_{ort} değeri grafiğı	43
Şekil 5.6. Numunelerin ultra ses hızının grafiğı	44

TABLoların LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 2.1. Ultrasonik test yöntemi ile beton kalitesinin değeriendirilmesi.....	16
Tablo 3.1. Normal dayanımlı numunelerin özet sonuçları	25
Tablo 3.2. Yüksek dayanımlı numunelerin özet sonuçları	25
Tablo 3.3. Yapılan çalışmadaki sonuçlar	27
Tablo 3.4. Serilerin çarpma dayanım sonuçları	28
Tablo 3.5. Çarpma dayanımı sonuçları	29
Tablo 4.1. Karışımaya giren agregaya ait genel özellikler.....	31
Tablo 4.2. CEM IV 32.5 R tipi çimentonun fiziksel ve kimyasal analizi	32
Tablo 4.3. Numunelerde kullanılan malzemelerin karışım miktarları.....	33
Tablo 5.1. Numunelerin basınç dayanımı	39
Tablo 5.2. Numunelerin eğilmede çekme dayanımı.....	40
Tablo 5.3. Numunelerin yarmada çekme dayanımı.....	41
Tablo 5.4. Numunelerin çarpma dayanımları.....	42
Tablo 5.5. Ultrasonik test cihazı ile basınç dayanımı.....	44

SEMBOLLER LİSTESİ

σ (σ_{ort})	: Basınç dayanımı (MPa)
P	: Numunenin kırılmasına yol açan maksimum yük miktarı (N)
A	: Numunenin kesit alanı (mm ²)
L	: Numunenin boyu (mm)
D	: Silindir numunenin çapı (mm)
a	: Küp numunenin bir kenar uzunluğu (mm)
d	: Kiriş kesitinin yüksekliği (mm)
b	: Kiriş kesitinin eni (mm)
Ç	: Çarpma dayanımı (N.mm/mm ²)
G	: Tokmağın ağırlığı (N)
U	: Numunenin kırılmadaki potansiyel enerjisi (N.mm)
M	: Maksimum moment (N.mm)
h₀	: İlk yükseklik (mm)
h	: Son yükseklik(mm)
h₁	: Sarkacın ağırlık merkezinin çıkış yüksekliği (mm)
α	: Düşme açısı (derece)
β	: Yükselme açısı (derece)
I	: Atalet Momenti (m ⁴)
c	: d/2 (mm)
f_{ct}	: Betonun çekme dayanımı (eğilme, yarma) (MPa)
V	: Hız (m/sn)
t	: Ses üstü dalganın gönderilmiş olduğu beton yüzeyinden alındığı yüzeye kadar geçen zaman (μ sn)
q	: Çarpma dayanımı ile çekme dayanımı arasındaki oran

1.GİRİŞ

Beton genel olarak çimento, su, iri ve ince agreganın uygun oranlarda karıştırılması sonucu elde edilen başlangıçta plastik, şekil verilebilir nitelikte, zaman geçtikçe sertleşen, dayanım kazanan çağımızın en önemli taşıyıcı yapı malzemeleri arasındadır [1].

Beton, çağımızda irili ufaklı birçok yapıda kullanılmakta olan en yaygın ve en popüler malzeme durumundadır. Bunun nedeni, diğer yapı malzemelerine göre betonun sahip olduğu üstünlüklerden ileri gelmektedir. Beton hammaddesinin doğada bol miktarda bulunması, kolayca istenilen şekli alabilmesi, uzun yıllar hizmet vermesi, dayanıklılık ve ekonomik olarak çok uygun malzeme olması açısından vazgeçilmez bir yapı malzemesidir. Dünya nüfusunun hızla artması ve inşaat teknolojisinin büyük bir hızla gelişmesi ile başta konutlar olmak üzere, fabrikalar, köprüler, barajlar yollar ve buna benzer birçok yapılarda beton kullanılması, bu malzemenin önemini daha da artırmaktadır. Betonun özellikleri önce, betonu oluşturan malzemelerin özelliklerine ve beton karışımında kullandıkları miktarlara bağlıdır. Bunun yanı sıra uygulanan karılma, taşıma, yerleştirme, sıkıştırma ve yüzey düzeltilmesi işlemleri taze betona uygulanan kür yöntemi ve kür süresi, beton özelliklerini etkileyen çok önemli faktörlerdir [1].

Değişik yapılarda, değişik iklimlerde ve değişik ortamlarda kullanılan betonların sahip olmaları istenilen işlenebilme, priz süresi, dayanım kazanma hızı, dayanım miktarı ve dayanıklılık gibi özellikler farklı olabilmektedir. Bir başka deyişle, değişik koşullar için değişik özellikte beton gerekmektedir. İstenilen özelliklerdeki iyi beton çimento, agrega, su ve katkı maddelerinin karışımından üretilmektedir. İstenilen kalitedeki betonun doğru yerde, doğru tarzda kullanılabilmesi için beton özelliklerinin çok iyi bilinmesi gerekmektedir. Bilimsel araştırmaların sonuçlarına göre beton, yapılardaki çatlamalara ve çökmelere neden olan hataların yaklaşık yüzde doksanı ya iyi malzeme seçilmemesinden ve istenilen özelliklere sahip beton üretilmemesinden, ya da üretilen betonun yapıda gereken özenle kullanılmamasından yapım hatalarından kaynaklanmaktadır. Bilgisiz veya yarı ilgili kişilerin çimento su ve agregayı rasgele kararak elde ettikleri ve dikkatsizce kullandıkları betonun insanlara büyük sıkıntılar verebileceğini unutmamak gerekmektedir. Oysa beton, insan yaşamının can güvenliği ve ekonomik açılardan önemli yeri bulunan, hiçbir zaman hafife alınmaması gereken bir malzemedir [2].

Betonun mekaniksel ve fiziksel özelliklerinin geliştirilmesi veya ıslahı amacıyla klasik beton malzemelerine ilave olarak 1930'lu yıllardan itibaren kimyasal ve puzolanik esaslı mineral katkı maddeleri kullanılmıştır. Özellikle günümüzde üretilen betonların tamamına yakınında kimyasal katkı maddeleri kullanılmakta ve hatta mineral katkı kullanımı da giderek yaygınlaşmaktadır. Beton kullanımının son yıllarda artması, bu malzemenin gelişmesine yönelik çalışmaları da arttırmıştır [2].

Betonun bileşiminde bulunan malzemelerin incelenerek kalitesini artırma yoluna gidilmiştir. Betonu, günümüzde en yaygın taşıyıcı malzemesi yapan özelliklerine bakılacak olursa, betona yönelmenin sebepleri daha iyi anlaşılacaktır [3].

Bu özelliklere göre beton;

- Diğer malzemelere göre daha ucuzdur.
- Şekil verilebilme kolaylığına sahiptir.
- Çelik donatı ile çekme mukavemetinin yetersizliğini dengeler.
- Yüksek basınç dayanımlarına ulaşabilir.
- Fiziksel ve kimyasal dış etkilere karşı dayanıklıdır.
- Hafif agrega kullanılarak hafifletilebilir.
- Renklendirilme kolaylığı vardır.

Beton dayanımı; üzerine gelen yüklerin neden olacağı şekil değiştirmelere ve kırılmaya karşı, betonun gösterebileceği maksimum direnme olarak tanımlanmaktadır [1].

Betonun üzerine değişik yönlerde uygulanan yükler, değişik etkiler yaratabilmektedir. Basınç, çekme, eğilme ve kayma etkisi yaratacak yükler altında betonun şekil değiştirmeye ve kırılmaya karşı göstereceği direnme kabiliyeti, sırasıyla; basınç dayanımı, çekme dayanımı, eğilme dayanımı ve kayma dayanımı olarak tanımlanmaktadır. Bir diğer özellikleri en az bilinen yüklemelerden biride çarpma dayanımıdır. Çarpma yüklemesi statik yükler gibi kalıcı ve etki özellikleri (süresi, büyüklüğü) belirli olmamakla birlikte anlık şiddeti diğer yüklemelere göre çok daha fazla değerlere ulaşmaktadır [4].

Teknolojik gelişmelerle birlikte çelik, beton gibi temel yapı malzemelerinin çarpma gibi farklı yükler altında gösterdikleri davranış biçimi daha da önem kazanmıştır. Örneğin nükleer santrallerde reaksiyonlar sırasında ortaya çıkan yükler kısa sürede, çok büyük değerlere ulaşabilmektedir. Çok fazla sayıda insanın yaşadığı, askeri önemi olan veya stratejik olarak çok önemli yapıların çarpma etkilerini de göz önüne alarak tasarlanmaları bir gereklilik haline gelmiştir [5].

Çarpma deneyleri yakın tarihimize kadar temel yapı malzemelerinden olan çelik üzerinde yoğunlaşmıştır. Fakat betonun aktif kullanımı yaygınlaştıkça, çarpma etkisi altında davranışı önem kazanmaya başlamıştır. Bu güne kadar yapılan çalışmalarda deney metotları ve prosedür hakkında herhangi bir standart oluşturulamamıştır [6].

1.1.Betonu Oluşturan Malzemeler

1.1.1. Agregas

Agrega; beton yapımında çimento ve su karışımından oluşan bağlayıcı madde yardımı ile bir araya getirilen, organik olmayan, kum, çakıl, kırma taş gibi doğal kaynaklı veya yüksek fırın cürufu, genleştirilmiş perlit, genleştirilmiş kil gibi yapay kaynaklı olan taneli malzemelerdir [7].

Agreganın beton yapımında ekonomik ve teknik yönden çok önemli bir konumu bulunmaktadır. Agregas maliyeti çimentoya göre oldukça düşük olduğundan, agrega betonda kullanılan ve oldukça ucuz olan bir dolgu malzemesi olarak kabul edilmektedir. Betonda agrega kullanılması, sertleşen betonun hacim değişikliğini önlemekte veya azaltmakta, çevre etkilerine karşı betonun dayanıklılığını arttırmakta ve kendi dayanım gücünün yüksekliği nedeniyle betonda gerekli dayanımın sağlanmasına yardımcı olabilmektedir. Agregas, iri ve ince agrega olarak iki kısımda incelenebilir. Bu iki bileşeni tane büyüklüğü olarak birbirinden ayırmak için kullanılan kriter 4 mm boyutudur. 4 mm den iri boyuttaki tanelerden oluşan kısma iri agrega, 4 mm den küçük boyuttaki kısma ince agrega denir.

Agregas bileşeninin uygun bir tane boyu dağılımı (granülometri) göstermesi çok önemlidir. İyi bir granülometriye sahip agrega içindeki hava boşluğu, daha az olacaktır. Dolayısıyla, yoğunluğu da artacaktır. Bu şekilde, toplam beton hacmi içinde çimento-su harcı daha ekonomik olarak kullanılabilir ve beton istenilen yere kolaylıkla, kalitesi bozulmadan yerleştirilebilir [8].

1.1.1.1. Agregas Çeşitleri ve Özellikleri

Agregas (Kum-Çakıl) : Doğal, yapay veya her iki cinsi yoğun mineral malzemesinin genellikle 100 mm 'ye kadar çeşitli büyüklüklerdeki kırılmamış veya kırılmış tanelerinin bir yığındır.

Aşağıda agregâ çeşitleri ve özellikleri hakkında temel tanımlar verilmektedir.

Doğal Agregâ: Doğal taş agregâ; teraslardan, nehirlerden, denizlerden, göllerden ve taş ocaklardan elde edilen kırılmış veya kırılmamış agregâdır.

Yapay Agregâ: Yüksek fırın cüruf taşı, izabe cürufu veya yüksek fırın cüruf kumu gibi sanayi ürünü olan kırılmış veya kırılmamış agregâdır. (Yapay taş veya Yapay kum da denir.)

İri Agregâ: 4 mm açıklıklı kare delikli elek üzerinde kalan agregâdır.

Çakıl: Kırılmamış tanelerden meydana gelen iri agregâdır.

Kırma Taş: Kırılmış tanelerden meydana gelen iri agregâdır.

Kum: Kırılmamış tanelerden meydana gelen ince agregâdır.

Kırma Kum: Kırılmış tanelerden meydana gelen ince agregâdır. Çakılın kırılması ile elde edilir.

Karışık Agregâ: İnce ve iri agregâ karışımıdır.

Doğal Karışık Agregâ (Tuvenan Agregâ): Agregâ ocağından, kırıcıdan veya sanayiden doğrudan doğruya elde edilen karışık agregâdır. Maksimum tane büyüklüğünden büyük taneleri ayırmak için elenmiş agregâlara da doğal karışık agregâ denir.

Hazır Karışık Agregâ: İnce ve iri agregânın veya birkaç tane sınıfına ayrılmış bu agregâların belirli tane dağılımı (granülometri) sağlayacak şekilde beton yapımı sırasında yerinde birbirine karıştırılması ile meydana gelen agregâdır [9].

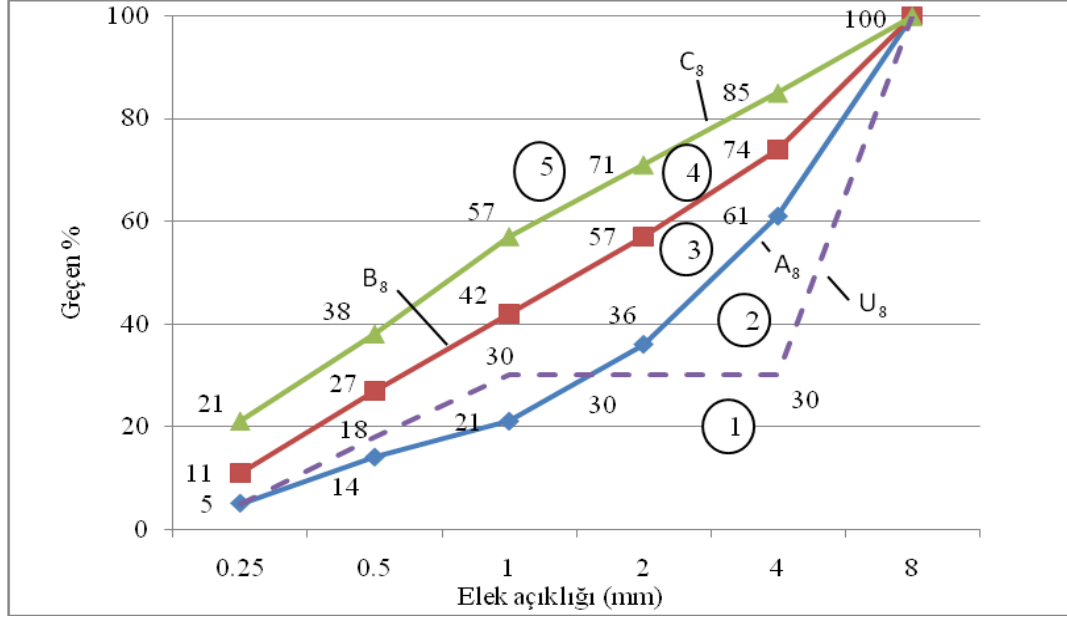
1.1.1.2. Agregânın Çapı ve Granülometrisi

Agregânın maksimum tane boyutu da beton özelliklerini etkileyen bir faktördür. Maksimum tane çapının belirlenmesindeki ilk faktör betonun kullanılacağı yerdeki beton kalıp boyutları ve donatı sıklığıdır. Maksimum tane boyutunun arttırılmasıyla agregâ çimento hamuru arasındaki ara yüzeyi büyür ve daha heterojen bir yapı oluşturur. Bunun sonucunda ise mikro çatlamlar artar.

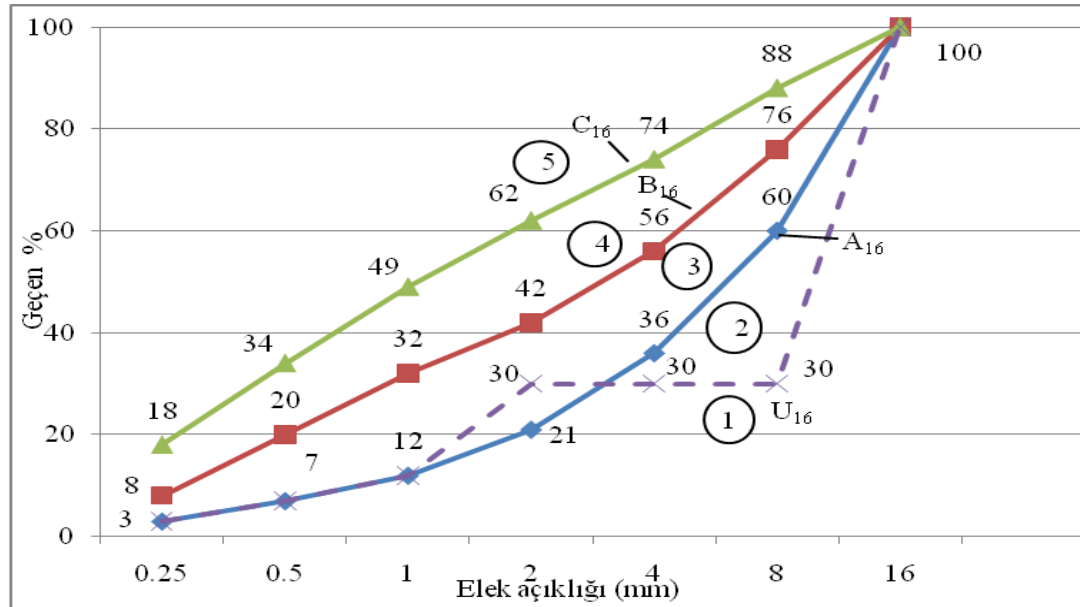
- En büyük agregâ boyutu;
- Betonarme yapılarda: 16–32 mm
 - Yol ve hava meydanlarında: 32–90 mm
 - Barajlarda: 90–250 mm olarak seçilebilir [10].

Beton üretiminde kullanılacak agregâların granülometrisinin, karışımın ideal granülometrisi ile uyuşmalı veya ideal bölgeler olarak adlandırılan bölgeler içinde kalmalıdır. TS 706 EN 12620'ye göre en büyük agregâ boyutuna bağlı olarak kabul edilen

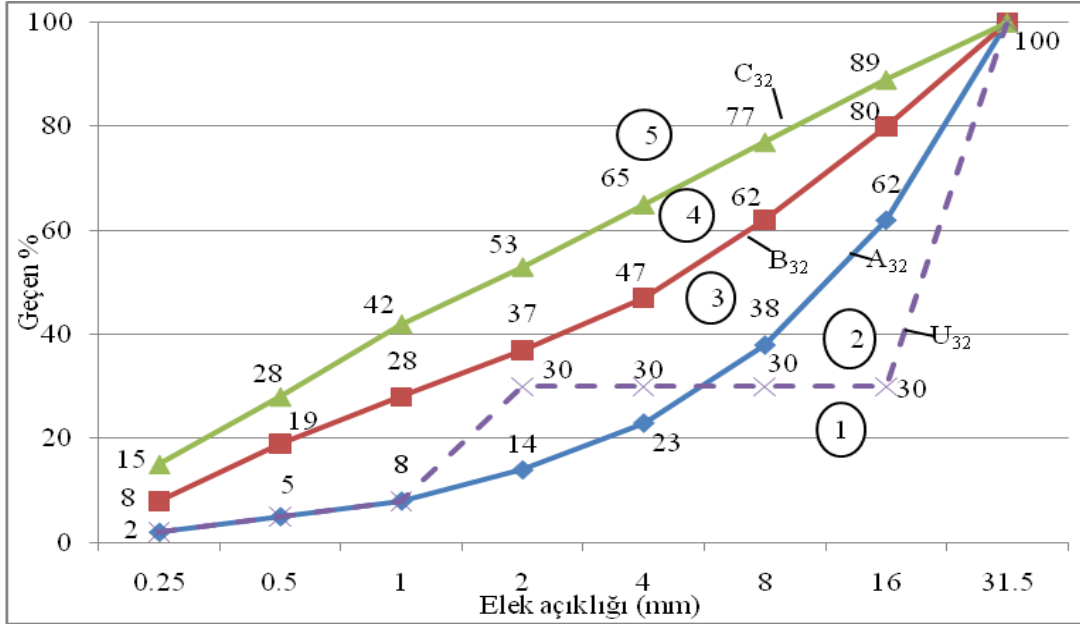
referans eğrileri tanımlanır. A-B arası 'en iyi', B-C arası ise 'kullanılabilir' bölgelerdir. Maksimum agrega çaplarına göre granülometri eğrileri aşağıda verilmiştir [9].



Şekil 1.1. Maksimum tane büyüklüğü 8 mm olan agrega granülometri eğrisi [9].



Şekil 1.2. Maksimum tane büyüklüğü 16 mm olan agrega granülometri eğrisi [9].



Şekil 1.3. Maksimum tane büyüklüğü 32 mm olan agrega granülometri eğrisi [9].

1.1.2. Çimento

Çimento; su ve agrega ile birlikte betonu oluşturan temel malzemelerden biridir. Çimento su ile reaksiyon sonucu hem havada hem de su altında katılaşarak sertleştiklerinden dolayı hidrolik bağlayıcılar olarak sınıflandırılmaktadır [11].

Yalnızca portland çimentosu klinker ve alçı taşının birlikte öğütülmesi sonucu elde edilmektedir. Öğütme sırasında portland çimentosu ve alçı taşına belirli miktardaki katkı maddeleri eklenirse farklı tiplerdeki katkı çimentolar elde edilmektedir.

Bu katkı kullanımı, enerji ve hammadde kaynaklarının daha az kullanılması bakımından, ekonomik açıdan önemli olmakla beraber kullanıldığı yerlerde, sülfatlı, klorürlü vs. ortamlardaki zararlı etkilere dayanıklılık açısından önem taşımaktadır. Mesela sülfat etkisine karşı dayanıklı beton yapmak amacıyla yüksek fırın cürufu veya puzolanlı ya da sülfata dayanıklı portland çimento ($C_3A < 5\%$) kullanılmalı, baraj inşaatları gibi kütle betonlarında hidratasyon ısısının düşüklüğü ve maruz kalacağı su etkisine karşı dayanıklılık açısından cürufu ve puzolanik çimentolar gibi katkı çimentolar tercih edilmelidir [11].

Çimentolarda 4 ana bileşen vardır;

Dikalsiyum Silikat – C_2S ($2 CaO \cdot SiO_2$),

Trikalsiyum Silikat – C_3S ($3 CaO \cdot SiO_2$),

Trikalsiyum Aluminat – C_3A ($3 CaO \cdot Al_2O_3$),

Tetrakalsiyum Alumino ferrit – C_4AF ($4 CaO \cdot Al_2O_3 \cdot Fe_2O_3$) tir.

Çimento ve suyun birleşmesiyle ortaya çıkan ve hidratasyon adı verilen kimyasal reaksiyon sonucunda bu bileşenler hidrate bileşimlere dönüşürler. Kalsiyum silikatların hidratasyon reaksiyonları sonucunda C-S-H (Kalsiyum Silikat Hidrate) ve CH (Kalsiyum Hidroksit) oluşur. Çimentoya bağlayıcılık özeliğini kazandıran madde C-S-H 'dır [12].

1.1.3. Karma Suyu

Karışım suyu olarak doğada bulunan her türlü su kullanılabilir. Ancak, karışım suyunda beton prizini, katılaşmayı engelleyecek, donatı korozyonuna sebep olacak maddeler, bitkisel ve hayvansal yağlar, alkali tuzlar, amino asitler ve diğer zararlı maddeler bulunmamalıdır. Bu nedenle tuzlu, şekerli sular, deniz suları, endüstri atıkları ile kirlenmiş sular, bataklık suları vs. beton yapımında kullanılmamalıdır. Bir dereceden alınan ve içerisinde çeşitli maddeler bulunan su, ya dinlenme havuzlarında dinlendirilmeli, ya da çeşitli metotlarla temizlenmelidir. Betonda kullanılacak en iyi karma suyu olarak içme suyu tavsiye edilir. Önceden denenmiş uygun sonuçlar alınmış sularda kullanılabilir [13].

İçerisinde beton dayanımını olumsuz etkileyen amonyum tuzları, serbest klor, organik maddeler ve madeni yağlar gibi maddeler bulunmaması gerekir. Kullanılan su çimentonun katılaşması için gerekli olmasının yanında betonun işlenebilirliğini de sağlamalıdır. Kullanılacak su/çimento oranı iyi ayarlanmalıdır. Su/çimento oranı, betonun basınç dayanımını ve dış etkilere karşı dayanıklılığını etkileyen en önemli faktörlerden biridir. Su/çimento oranı ile betonun dayanımı ters orantılıdır. Karışımdaki kullanılacak su/çimento oranı küçüldükçe betonun dayanımı artar. Beton üretiminde kullanılacak suyun iki önemli işlevi vardır;

- Kuru haldeki çimento ve agregayı plastik, işlenebilir bir kütle haline getirmek,
- Çimento ile kimyasal reaksiyon yaparak plastik kütlenin sertleşmesini sağlamaktır [14].

1.2. Beton Dayanımı

Betonun kullanılacağı yapının tasarımı yapılırken, betonun üzerine gelebilecek değişik türdeki yüklerin büyüklükleri göz önünde tutulmakta ve üretilecek betonun bu yüklere karşı yeterli dayanımı göstereceği varsayılmaktadır. Üretilecek betondaki dayanım değerlerinin, tasarım hesaplarında kullanılmış olan değerlerden daha az olmaması istenmektedir [1].

Sertleşmiş betonun belirli dayanımda olmasının yanı sıra yeterli dayanıklılığı göstermesi, su geçirimsizliğinin az olması gibi diğer bazı özelliklere de sahip olması istenir. Bu özelliklerin her biri çok önemli olmakla beraber beton özellikleri arasında en çok aranılanı ve kullanılanı dayanım özeliğidir. Bunun nedenlerini aşağıdaki gibi özetleyebilmek mümkündür: Betonun genellikle kullanıldığı yapılar, basınç, çekme, eğilme ve kayma yaratacak kuvvetlerin doğrudan etkisi altındadır. O nedenle, betondaki basınç - çekme, eğilme ve kayma dayanımlarının bilinmesi beton yapıların bu yükler altındaki taşıma kapasitelerinin bilinmesine yaramaktadır [1].

1.2.1. Beton Dayanımını Etkileyen Faktörler

Değişik boyutlardaki agrega tanelerinden ve bu tanelerin yüzeylerini kaplayarak aralarındaki boşlukları dolduran çimento hamurundan oluşan beton, çok fazlı kompozit bir malzemedir. Betonun yapısı mikro ölçekte ele alınacak olur ise; Agregalar, değişik minerallerin biraya gelmesiyle oluşmuş ve yapılarında bir miktar gözenek bulunabilen malzemelerdir. Çimento hamuru ise, çimentodaki değişik ana bileşenlerin hidratasyonu sonucunda oluşan her biri değişik boyutlara ve özelliklere sahip değişik hidratasyon ürünlerini içermektedir. Ayrıca çimento hamurunun içerisinde değişik şekil ve boyutlara sahip boşluklar ve hidratasyonunu henüz tamamlamamış çimento tanecikleri bulunmaktadır. O nedenle, beton çok kompleks bir yapıya sahiptir [14].

Betonun yapısı makro ölçekte ele alınacak olur ise; Betonun, çimento hamurundan ve bu hamurun içerisine gömülmüş olan agrega tanelerinden oluşan kompozit bir malzeme olduğunu kabul edebilmek mümkündür. Betonun yük altında kırılması, çimento hamurunun veya agreganın yeterli direnci gösterememesinden, ya da, çimento hamuru ile agrega taneleri arasındaki aderansın yeterince yüksek olmamasından kaynaklanmaktadır. Beton dayanımını etkileyen faktörleri aşağıda sıralayacak olursak;

Çimento hamurunun etkisi, agreganın etkisi ve çimento hamuru ile agrega taneleri arasındaki aderansın etkisi, betonun yerleştirilmesi, betonun bakımı ve kürü [14].

1.2.1.1. Çimentonun Etkisi

Bilindiği gibi, çimento hamuru, bağlayıcı özeliğe sahip bir malzemedir; agregaların yüzeyini kaplamakta, agrega taneleri arasındaki boşlukları doldurmakta ve agrega taneleri ile aderans kurarak, betonun tek bir malzeme durumunu alabilmesini sağlamaktadır. Sertleşmiş çimento hamurunun dayanımı yüksek olmadığı takdirde betona uygulanan yükler karşısında çatlamların ve kırılmaların oluşması bu malzemeden başlamaktadır. Çimento hamurunun dayanımı, çimentonun ne ölçüde hidrasyon yapmış olmasına ve beton yapımında kullanılan su/çimento oranına bağlıdır.

Daha düşük su/çimento oranına sahip çimento hamurunda daha az miktarda kapiler boşluk oranı yer almaktadır. Kapiler boşluk oranının azalması, çimento hamurunun ve buna bağlı olarak betonun daha yüksek dayanım göstermesine neden olmaktadır [15].

1.2.1.2. Agreganın Etkisi

Betonda agrega kullanılmasının sağladığı teknik özelliklerin başında; sertleşen betonun hacim değişikliği önlemesi veya azaltılması, sertleşmiş betonun aşınmaya karşı dayanımını artırması, çevre etkilerine karşı dayanıklılığını artırması ve kendi dayanım gücünün yüksekliği nedeniyle betonun taşımakta olduğu yüklere karşı gerekli dayanımı sağlayabilmesi gelir. Beton içerisinde agrega bulunmayan bir sisteme göre çok daha az hacim değişikliği (büzülme) gösterir. Yani, çimento hamurunun zamanla kuruması nedeniyle yapacağı büzülme ve meydana gelebilecek çatlamlar agrega tarafından belirli bir ölçüde engellenmiş veya sınırlandırılmış olur [15].

Normal ağırlıklı beton üretiminde kullanılan agregalar genellikle çimento hamurunun dayanımından daha yüksek dayanıma sahiptirler. Ancak beton yapımında kullanılan agregalar düşük dayanımlı ve kolayca kırılabilir türde iseler, uygulanan yükler altında betonda meydana gelecek çatlama ve kırılma, iri agrega tanelerinin kırılmasıyla başlamaktadır. Yine agreganın tane şekli ve boyut betonun işlenebilirliğini dolayısıyla su miktarını etkilemekte ve buna bağlı olarak dayanımında etkilemektedir. Örneğin kırma taş gibi köşeli agregalar, sürtünme etkisiyle betonun akıcılığı azaltmaktadır. O nedenle yuvarlak agregalar yapılan belirli bir

kıvama sahip olan betonların su ihtiyacı aynı kıvama sahip fakat kırma taş ile yapılmış olan betonların su ihtiyacında daha az olmaktadır [15].

1.2.1.3. Çimento ile Agregat Taneleri Arasındaki Adheransın Etkisi

Sertleşmiş betondaki kırılmanın başladığı en zayıf bölgeler, iri agregat taneleri ile çimento hamuru arasındaki yüzeylerdir. Çimento hamuru ile agregat taneleri arasındaki bağ, kısmen Van der Waal kuvvetleri tarafından ve kısmen de iri agregat tanelerinin yüzeyleri ile çimento hamuru arasındaki adherans tarafından oluşmaktadır [16].

Betona yük uygulanmadan önce, çimento hamuru ile iri agregat tanelerinin yüzeyleri arasında çok küçük boşluklar ve çatlaklar oluşmuş ise, çimento hamuru ile agregat tanelerinin adheransı zayıf olmaktadır. Bu tür boşlukların ve çatlakların ana nedeni ise, taze betonda yer alan terleme olayı ve çimento hamurunun priz alırken ve sertleşirken gösterdiği hacim değişikliğidir. Taze betonda yer alan terleme olayıyla yukarıya doğru hareket eden su, bazen iri agregaların ve donatının altında birikerek su dolu cepler oluşturmaktadır. Bu nedenle oluşan boşluklar, çimento hamuru ile iri agregat arasındaki yüzeyde adheransın azalmasına yol açmaktadır [16].

Çimento hamurunun dayanımını etkileyen faktörler, çimento hamuru ile agregat taneleri arasındaki bağ da etkilemektedir. Örneğin, su/çimento oranı yüksek olan betonlarda elde edilen dayanım ve adherans daha az olmaktadır. Ayrıca çimento hamuru ile agregat taneleri arasındaki bağın zayıf olmaması için, taze betonun çok iyi sıkıştırılması gerekmektedir. Çimento hamuru ile iri agregat taneleri arasında bulunabilecek boşluklar vibrasyon uygulayarak azaltılmadıkça, bu malzemelerin arasında kuvvetli bağ oluşamamaktadır. Çimento hamuru ile iri agregat tanelerinin arasındaki adheransı etkileyen bir başka faktörde, agregat tanelerinin su emme kapasiteleridir. Kurutularak kullanılan gözenekli agregalar, çimento hamuru ile agregat tanelerinin daha iyi temasını sağlayarak daha iyi adheransa yol açmaktadırlar. Çimento hamuru ile ince agregat taneleri arasındaki adherans, betonun kırılmasında genellikle etkili değildir. Betonda kullanılan iri agregat tanelerinin büyüklüğü arttığı takdirde agregat yüzeyinde oluşan kuvvetler de artmakta, adheransın daha zayıf olmasına yol açmaktadır [17].

1.2.1.4. Betonun Yerleştirilmesi

Betonun sıkıştırılmasındaki kolaylık veya zorluğuna işlenebilirlik denir. Betonun oluşturan karışım malzemelerinin oranlarının bulunması, betonun karılması ve taşınması gibi işlemler kusursuz olarak yerine getirilmiş olsalar dahi, betonun yerine yerleştirilmesi ve sıkıştırılması uygun tarzda yapılmadığı takdirde, betondan beklenen kaliteyi elde etmek mümkün değildir. Betonun karılması ve yerine yerleştirilmesi esnasında içerisine kendiliğinden, istemeden bir miktar havada sıkışmaktadır. İçerisine hapsolmuş hava bulunduran beton sertleştiği takdirde agregayla çimento arasında, betonla donatı arasında veya betonla kalıp arasında boşluklar bulunduran bir yapı meydana getirir. Bu haliyle su geçirimsizliği yüksek, dayanım ve dayanıklılığı gibi düşük bir bileşen meydana getirir.

Betonun yerleştirilmesi işleminde segregasyona neden olmayacak ve betonun üniformitesini bozmayacak tarzda yapılmalıdır. Aksi halde, beton kesitindeki farklı bölgeler farklı özellikler göstermekte ve beton dayanımı olumsuz etkilenmektedir. Bu bakımdan, yerine yerleştirilen taze betona uygun tarzda sıkıştırılma (vibrasyon gibi) yöntemlerinin uygulanmasının ve betonun mümkün olabildiği kadar az boşluklu olarak yerleştirilmesinin beton dayanımı üzerinde çok büyük etkisi olmaktadır [18].

1.2.1.5. Betonun Bakımı ve Kürü

Betonun özellikle ilk günlerinde, yeterince hidrasyon yapabilmesini sağlayabilmek üzere, betonun içerisinde yeterli miktarda suyun ve sıcaklığın bulundurulması ve ortamın korunması işlemine betonun kürü veya betonun bakımı denmektedir. Beton normal prizini yapması için en uygun sıcaklık 15–25 °C 'dir. Yüksek sıcaklık prizi hızlandırır ve çatlaklar meydana getirir [19].

Hidrasyon olayının gerçekleşebilmesi ve normal hızda devam etmesi için, yeterli suyun bulunması ve beton sıcaklığının çok düşük derecelerde olmaması gerekmektedir. Beton yüzeyinin ıslak tutularak buharlaşmanın önüne geçilmesi reaksiyonun devamı için önemlidir. Betona uygun nem ve sıcaklık koşullarında bakım şu yöntemlerle uygulanabilir [19].

1. Beton sertleşme döneminde ilave su uygulaması (göllendirme, fiskeye veya hortumla sulama)

2. Beton yüzeyi örtülerek su kaybını önleme (su geçirmeyen bitümlü kâğıtlar, plastik örtüler, membranlar)
3. Dayanım kazanımı hızlandırıcı, sıcaklık+nem uygulamaları (buhar kürü, betona yerleştirilen ısıtıcı helezonik teller gibi)

1.2.2. Taze Betondan Beklenen Özellikler

Taze beton kolayca karılabilir, taşınabilir, sıkıştırılabilir ve yüzeyi düzeltilebilir olmalıdır. Bu işlemler sırasında iri agregalarla çimento harcı arasında ayrışma olmamalıdır. Yerine yerleştirilen taze betonun içerisindeki suyun yukarıya çıkma eğilimi (terleme) mümkün olduğu kadar az olmalıdır. Betonun homojen yapısı bozulmamalıdır.

Ayrıca malzemenin karılmasından hemen sonra plastik duruma sahip bir betonda, plastikliğin kaybolmasına kadar geçen sürenin uzunluğu (priz süresi) gerekenden daha uzun veya daha kısa olmamalıdır [19].

1.2.3. Sertleşmiş Betondan Beklenen Özellikler

Sertleşmiş betondan beklenen özellikler başlıca şu şekilde belirlenebilir.

- 7 günlük, 28 günlük, 90 günlük gibi herhangi bir yaş için hedeflenmiş olan minimum beton dayanımından daha az bir dayanım göstermemelidir.
- Çevredeki suyun ve diğer sıvıların içerisine kolayca girerek olumsuz etki oluşturmaması için, yeterince geçirimsiz olmalıdır.
- Yapıda hizmet gördüğü süre içerisinde çevrede oluşan yıpratıcı etkenler karşısında yeterince dayanıklı olmalıdır. Bir başka ifade ile donma-çözülme, ıslanma-kurumaya, aşınma, asitlere, sülfatlara ve alkali-agrega reaksiyonu gibi kimyasal reaksiyonlara karşı dayanıklılık gösterecek kalitede olmalıdır.
- Yeterince hacim sabitliğine sahip olmalıdır; yani, çatlaklara yol açacak ölçüde büzülme (rötre) veya genleşme göstermemelidir.

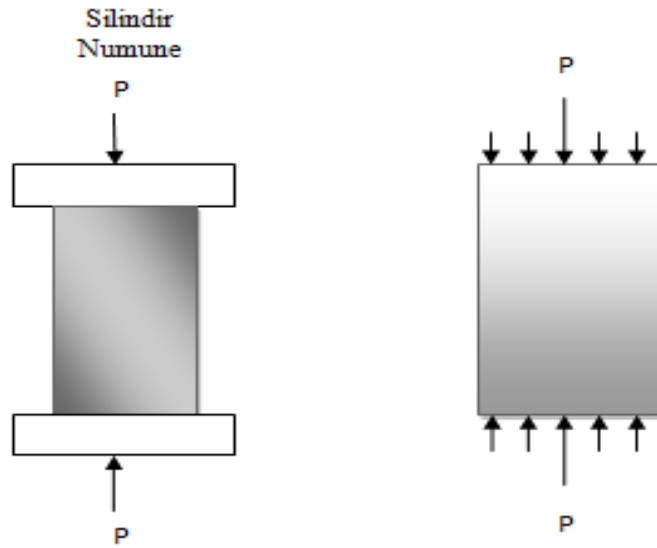
Basınç dayanımı, eğilme dayanımı, çekme dayanımı, tekrarlı yükler altında yorulma dayanımı, gerilme-birim deformasyon ilişkisi, elastisite modülü, poisson oranı, ısısal genleşme katsayısı, büzülme (rötre), sabit yükler altında sünme ve yoğunluk, aranan özelliklerdir [1].

2. BETONUN MEKANİK ÖZELLİKLERİ

Betonun basınç, çekme ve çarpma dayanımları gibi özellikler mekanik özellikler olarak adlandırılır. Bunlar farklı yöntemler ve metodlarla belirlenir.

2.1. Basınç Dayanımı

Betonun mekanik özellikleri içerisinde en önemli ve en büyük değere sahip olan özelliği basınç dayanımıdır. Betonun basınç dayanımı, eksenel basınç yükü altındaki betonun kırılmamak için göstereceği direnme kabiliyeti olarak tanımlanmaktadır. Beton basınç dayanımı; 15 cm veya 20 cm boyutlarındaki standart küp numuneler veya çapı 15 cm yüksekliği 30 cm olan standart silindir numuneler kullanılarak saptanır [1].



Şekil 2.1. Beton basınç testinin şematik gösterimi [20].

Numuneler uygun bir test presi altında, uygulanan gerilme hızı saniyede 0.15-0.35 N/mm² olacak şekilde ayarlanarak kırılır ve kırılma yükü belirlenir. Bu yük uyguladığı alana bölünerek numunenin basınç dayanımı hesaplanır [21].

Basınç dayanımı şu şekilde hesaplanmaktadır:

$$\sigma = P/A \quad (2.1)$$

Burada,

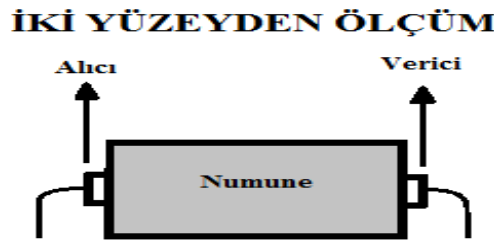
σ = Numunenin karşıladığı max. basınç gerilmesi (MPa)

P= Numunenin kırılmasına yol açan maksimum yük miktarı (N)

A = Numunenin kesit alanı (mm²)

2.1.1. Ultrasonik Test Cihazı Kullanılarak Beton Basınç Dayanımının Elde Edilmesi

Ultrasonik test cihazının kullanılması ile herhangi bir beton bloğun bir yüzüne ultrasonik pulse (nabız atışı gibi ritmik sesüstü vuruş) uygulanarak, beton içerisinde basınç dalgaları oluşmaktadır. Beton içerisinde ilerleyen sesüstü dalgalar, beton bloğun bir başka yüzeyinden geri alınmaktadır. Ultrasonik test cihazı, sesüstü dalganın betona gönderdiği yüzey ile geri alındığı yüzey arasındaki bir mesafeyi ne kadar zaman süresinde geçtiğini ölçmektedir. Ultrasonik cihazın kullanılmasıyla, beton içerisinde gönderilen sesüstü dalgaların betonun bir yüzeyinden diğerine geçme süresi ölçmekte, dalga hızı hesaplamaktadır. Ultrasonik cihazın üzerinde bulunan bir anahtar, elektronik devrenin açılmasıyla veya kapanmasına kumanda etmektedir. Cihaz çalışır durumdayken, ses üstü dalgalar üretebilmektedir. Ultrasonik cihaza kablolarla bağlı olan, birisi "dalga gönderici " ve diğeri "dalga kaydedici (alıcı) " iki adet başlık bulunmaktadır. Cihazın çalışır durumda iken, dalga gönderici başlık, ölçüm yapılmak istenen beton bloğun bir yüzüne tamamen temas edecek tarzda elle bastırılmaktadır. Beton bloğun diğer yüzüne de dalga alıcı başlık tamamen temas ettirilerek devrenin tamamlanması sağlanmalıdır. Gönderici başlık vasıtasıyla bir yüzeyden diğer yüzeye gönderilen dalgalar arasındaki mesafeyi ne kadarlık bir zaman diliminde geçtiğini mikrosaniye birimiyle otomatik olarak belirlemekte ve cihazın üzerindeki ekranda göstermektedir [22].



Şekil 2.2. Ultrasonik cihazın ölçüm şekli [22].

Beton içerisinde geçen sesüstü dalgalarının hızı ile beton dayanımı arasında doğrudan bir ilişki yoktur. Ancak sesüstü dalganın ile beton yoğunluğu arasında belirli bir ilişki bulunmaktadır. Yoğunluğu az olan bir betonda, yani içerisinde daha çok boşluk bulunan bir betonda, sesüstü dalganın bir yüzeyinden diğerine ulaşabilme süresi daha uzundur. Bir başka deyişle, betonun içerisindeki boşluk miktarı arttıkça sesüstü dalganın hızı daha az olmaktadır. Katı bir malzemenin içerisinde geçen sesüstü dalgaların hızı (V), sesüstü dalganın içerisinde geçtiği malzemenin elastiklik modülü (E) ve malzemenin yoğunluğu (D) ile ilgilidir ve $V^2=E/D$ olarak göstermektedir. Ultrasonik test cihazı, bu ilişkiden yararlanılarak geliştirilmiştir. Beton bloğun bir yüzeyinden içeriye gönderilen sesüstü dalganın, bloktaki diğer bir yüzeye ne kadar zaman geçtiği ölçüldükten sonra, dalga hızı aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır [22].

$$V =(L/t) 10^6 \quad (2.2)$$

Burada,

V = Sesüstü dalga hızı (m/sn)

L = Beton bloğun sesüstü dalga gönderilen yüzeyi ile dalganın alındığı yüzey arasındaki mesafe (m)

t = Sesüstü dalganın gönderilmiş olduğu beton yüzeyinden, alındığı yüzeye kadar geçen zaman (sn)

Bilindiği gibi betonun yoğunluğu ile basınç dayanımı arasında belirli bir ilişki bulunmaktadır. Yoğunluğu yüksek olan betonların basınç dayanımları da genellikle yüksektir. Su/çimento oranı yüksek olan betonlar daha çok kapiler boşluk içerdiklerinden, bu betonların yoğunluğu ve basınç dayanımları da yüksek değildir. Sıkıştırma işlemi yeterince yapılmamış olan betonlarda da daha çok boşluk yer aldığı için, bu tür betonların yoğunluğu ve basınç dayanımları yüksek değildir. Ultrasonik test yöntemi ile herhangi bir betonun basınç dayanımı yeterince hassas olarak bulabilmek zor olmakla birlikte, herhangi bir betonun içerisinde geçen ses üstü dalganın hızı, o betonun içerdiği boşluk miktarı ve yoğunluğu ile yakından ilgili olduğundan, elde edilen ses üstü hız ile betonun kalitesi hakkında genel bir ilişki kurabilmek mümkün olabilmektedir. Whitehurst tarafından yoğunluğu yaklaşık 2400 kg/m³ olan betonlar üzerinde, yapılan deneysel çalışmalar sonucunda, ses üstü dalga hızı bilindiği takdirde beton kalitesi hakkında önerilen sonuçlar tablo 2.1’de gösterilmektedir [22].

Tablo 2.1. Ultrasonik test yöntemi ile beton kalitesinin değerlendirilmesi [22].

Dalga hızı (m/sn)	Beton kalitesi
>4500	Mükemmel
3500–4500	İyi
3000–3500	Şüpheli
2000–3000	Zayıf
< 2000	Çok zayıf

2.2. Çekme Dayanımı

Betonun çekme dayanımı; betonda çekme etkisi yaratacak kuvvetlerin neden olacağı şekil değiştirmelere ve kırılmaya karşı betonun gösterebileceği direnme kabiliyeti olarak tanımlanmaktadır. Mühendislik yapılarında beton elemanlara çoğu zaman çekme kuvveti direk uygulanmaz. Ancak, beton elemanların üzerlerine gelen basınç veya eğilme kuvvetleri betonun içerisinde dolaylı olarak çekme kuvvetlerinin oluşmasına neden olmaktadır.

Betonda büzülme olması durumunda yer alacak şekil değiştirmelerin agrega taneleri ve betondaki donatı tarafından engellenerek serbestçe yer almaması nedeniyle de betonun içerisinde çekme kuvvetleri oluşmaktadır [1].

Çekme dayanımı üç değişik yöntemle ile bulunabilmektedir.

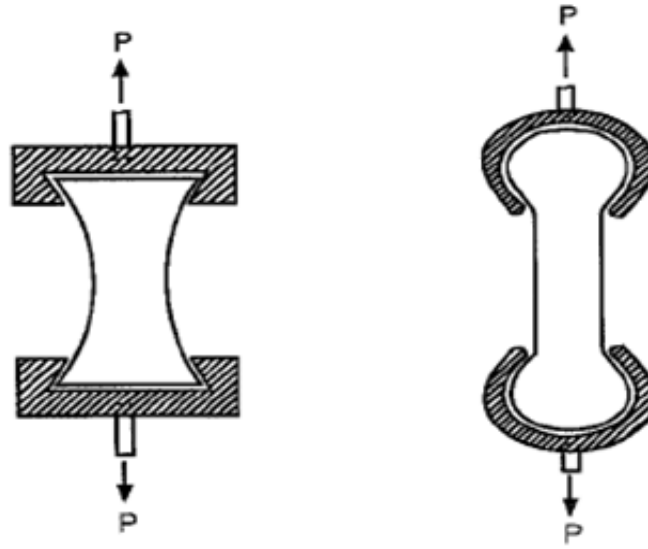
- 1.Doğrudan çekme dayanımı
- 2.Yarmada çekme dayanımı
- 3.Eğilmede çekme dayanımı

2.2.1. Doğrudan Çekme Dayanımı

Betonun doğrudan çekme yükleri altındaki dayanımını bulabilmek için standart bir deney yöntemi yoktur. O nedenle, böyle bir deneyde kullanılmak üzere standart boyutlu ve şekilli numuneler de bulunmamaktadır. Doğrudan çekme yükleri, değişik boyutlardaki silindir, prizma ve Şekil 2.3 'deki gibi özel boyutlu numuneler üzerinde uygulanabilmektedir. Ancak, beton numuneye doğrudan çekme yükleri uygulayabilmek için kullanılacak numunenin uçlarına Şekil 2.3 'deki gibi özel olarak hazırlanmış metal başlıkların

yapıştırılması ve bu metal başlıkların ortasına da 90° açıyla dik olacak tarzda metal çubukların bağlı olması gerekmektedir.

Özel başlık düzeni takılan beton numunelerin uçlarındaki metal çubuklar, normal demir çubukların çekme deneyinde olduğu gibi deney makinasının çeneleri tarafından sıkıca kavranacak tarzda deney makinasına yerleştirilmektedir. Deney makinesi çalıştırıldığında, makinanın çeneleri birbirinden uzaklaşmakta ve böylece çubuklara ve metal başlıklara sıkıca bağlanmış olan beton numuneye doğrudan çekme yükleri uygulanmış olmaktadır. Yük uygulaması beton numune kırılıncaya kadar devam etmektedir [1].



Şekil 2.3. Numuneye doğrudan çekme yükü uygulanması [1].

Betonun çekme dayanımı (f_{ct}), kırılma yaratacak olan yükün (P'nin), numune boyunun ortasındaki numune kesit alanına (A'ya) bölünerek hesaplanmaktadır. Sonuçlar MPa veya kgf/cm² birimleriyle ifade edilmektedir.

Yani, bunun sonucunda betonun çekme dayanımı (2.3) formülüne göre hesaplanır.

$$f_{ct} = P/A \quad (2.3)$$

Burada;

f_{ct} = Betonun çekme dayanımı (MPa)

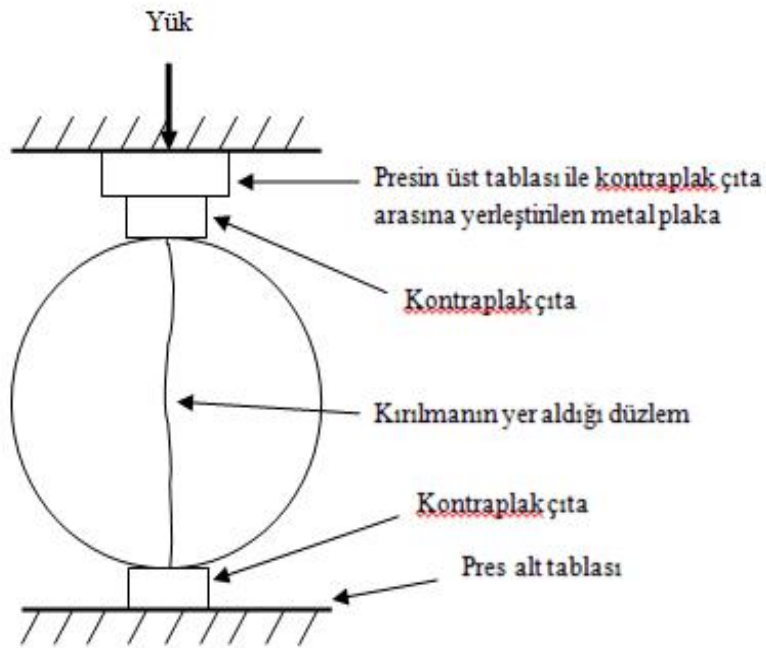
P = Kırılma yaratacak yük (N)

A = Numune boyutunun ortasındaki kesit alanı (mm²)

2.2.2. Yarmada Çekme Dayanımı

Bu deney yönteminde genellikle silindir şekilli beton numuneler kullanılmaktadır. Küp şekilli beton numunelerin kullanılabilmesi de mümkündür. Deneyin uygulanmasında Şekil 2.4 'de görülebileceği gibi numune, deney presinin üzerine numune eksenini presin alt tablasına paralel olacak tarzda yatırılmaktadır.

Numunenin yan yüzünün alt ve üst kısımlarına 25 mm eninde ve yaklaşık 3 mm kalınlığında kontrplak çitalar yerleştirilmektedir. Deney presi vasıtasıyla uygulanan basınç yükü numune kırılıncaya kadar devam ettirilmekte ve kırılma yükü (P) ölçülmektedir. Böyle bir yükleme altında silindir numunenin kırılma tarzı, numunenin ortadan yarılarak iki parçaya ayrılması şeklinde gerçekleşmektedir [23].



Şekil 2.4. Silindir numunenin yarma düzeneği [23].

Silindir numunelerde çekme dayanımı;

$$f_{ct} = 2P / \pi LD \quad (2.4)$$

Küp numunelerde çekme dayanımı;

$$f_{ct} = 2P / \pi a^2 \quad (2.5)$$

Şekilde ifade edilir. Bu formülde;

f_{ct} = Çekme dayanımı (MPa)

P = Kırılmaya neden olan basınç yükü (N)

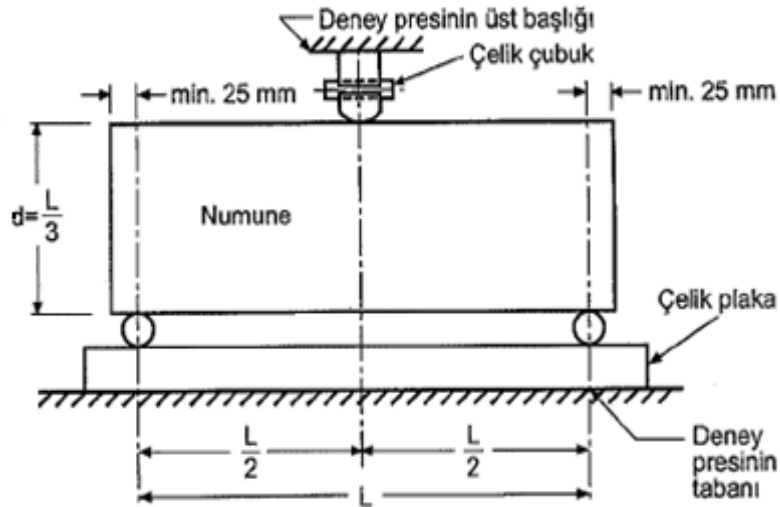
L ve D = Silindir numunenin boyutları (mm)

a = Küp numunenin boyutudur. (mm)

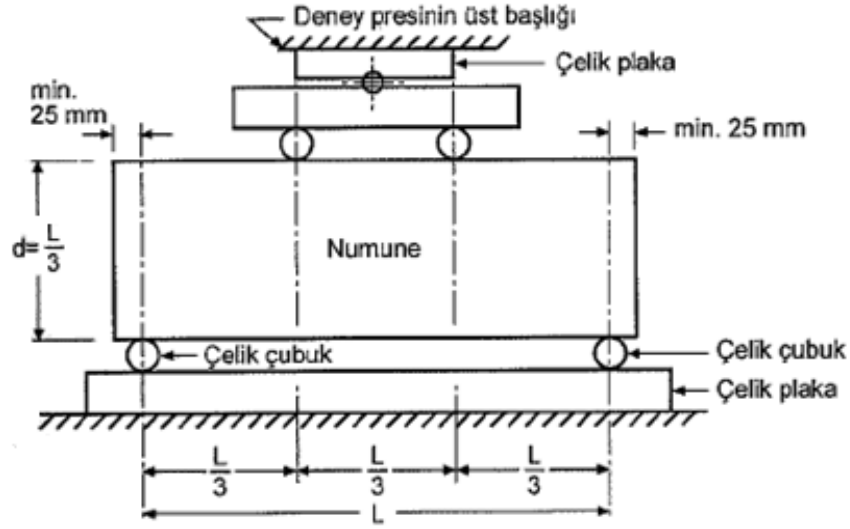
2.2.3. Eğilmede Çekme Dayanımı

Betonun çekme dayanımını belirleyebilmek için kullanılan yöntemlerden biride eğilme dayanımı deneyidir. Betonun eğilme dayanımı ile ilgili Türk ve ASTM standartları şunlardır; TS 3284 TS 3285, ASTM C 78 [24].

Betonun eğilme dayanımının bulunabilmesi için beton kiriş numuneler hazırlanmakta ve Şekil 2.5 ve Şekil 2.6 'da görülen düzenleme ile eğilme yükü altında kırılmaya tabi tutulmaktadır.



Şekil 2.5. Kirişin orta noktasından yüklenmesi durumunda eğilme yöntemi [24].



Şekil 2.6. Uzunluğu L olan kirişin uçlardan L/3 uzaklıktaki mesafelerde yüklenmesi durumunda eğilme deneyi yöntemi [24].

Beton kiriş numunelerinin orta noktadan yüklenmeleri durumunda oluşacak maksimum moment değeri ile mesnetlerden L/3 uzaklıklarda yüklenmeleri durumunda oluşacak maksimum moment değeri farklı olmaktadır.(Şekil 2.5). O nedenle, bir beton kiriş numunesinin orta noktadan veya mesnetlerden L/3 uzaklıktaki iki noktadan yüklenmesi sonucunda hesaplanan gerilme dayanımı farklı değerlerde olmaktadır [24].

Eğilme dayanımı deneylerinde genellikle kare kesitli kirişler kullanılmaktadır. Kiriş kesiti 150x150 mm' dir. Deney presinin göstergesinden okunan değer ile (2.6) formül kullanılarak eğilme dayanımı bulunmaktadır.

$$f_{ct} = Mc / I \quad (2.6)$$

Formülden,

$$f_{ct} = \text{Eğilme dayanımı (MPa)}$$

$$M = \text{Maksimum moment (Nmm)}$$

$$d = \text{Kiriş yüksekliği (mm)}$$

$$c = d/2 \text{ (mm)}$$

$$b = \text{Kiriş kesitinin eni (mm)}$$

$$I = \text{Atalet momenti (dikörtgen kesitler için } I = bd^3/12; \text{ kare kesitler için } I = d^4/12) \text{ (m}^4\text{)}$$

Orta noktadan yüklenen dikdörtgen kesitli beton kiriş numunelerde, eğilme dayanımı aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır:

$$f_{ct} = 3PL/2bd^2 \quad (2.7)$$

Mesnetlerden $L/3$ uzaklıktaki iki noktadan yüklenen dikdörtgen kesitli beton kiriş numunelerde ise, eğilme dayanımının hesaplanması için aşağıdaki formül kullanılmaktadır.

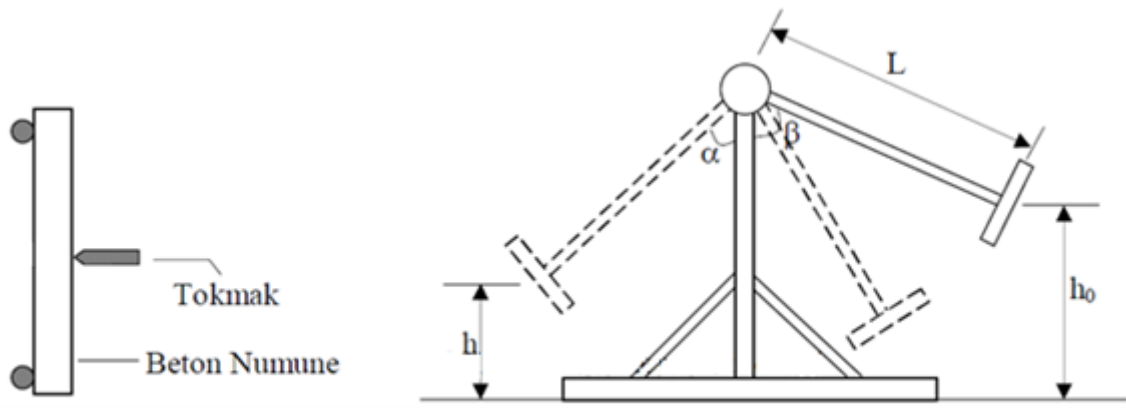
$$f_{ct} = PL/bd^2 \quad (2.8)$$

2.3. Betonun Çarpma Dayanımı

Bir cismin belirli bir yükseklikten düşmesi veya bir kuvvetin birden bire uygulanmasıyla malzeme çarpma etkisine maruz kalmaktadır. Çarpma sonucu gerilme çok kısa süre içerisinde artarak büyük değerlere ulaşır. Hava alanları bu tür çarpma etkisiyle meydana getirdiği gerilme altındadır. Tren, lokomotif ve vagonların, raylara ve köprülere ani uyguladığı kuvvet çarpma etkisini meydana getirir. Karayollarında bir otomobil tekerlerinin çukura düştüğünde karşılaştığı etkide yine aynıdır. Eğer malzeme çarpma tesirlerine dayanıklı değilse kısa sürede deformasyona uğrar ve beklenen fonksiyonu gösteremez. Çarpma olayında malzeme dış kuvvetlerin yapmış olduğu bir işe maruz kalmaktadır. Malzemenin deformasyon işinin kırılma işi denilen kritik bir değere ulaşması halinde malzeme çarpma etkisiyle mukavemetini kaybetmektedir [25,26].

Çarpma deneyleri, malzeme şekline ve cinsine bağlı olarak farklı şekillerde yapılabilmektedir. Bunlar;

- a) Hareketli sarkaç –Charpy
- b) Düşen top-düşen makinesinin farklı tipleri ise sabit yükseklikteki düşüş veya değişken yükseltideki düşüş
- c) Kesin bir yükseklikten düşürülen yapısal elemanlar
- d) Patlayıcı maddeler



Şekil 2.7. Charpy deney düzeneği [25].

Yükleme şekli esas alındığında malzemeyi kırmak iki yolla mümkündür. Birincisi yükü yavaş yavaş artırmak suretiyle kırmaktır, kırılma işi şekil değiştirme eğrisinin altında kalan alanla ölçülür. İkincisi ise malzemeye başka bir cismi, mesela bir tokmağı hızlı çarpmak suretiyle kırmaktır. Bir numuneyi kırmak için h yüksekliğinden bırakılan G ağırlığındaki tokmağın o noktası etrafında dönerek sarfettiği iş, tokmağın ilk ve son konumlarındaki potansiyel enerjileri arasındaki farktan $U=G(h_0-h)$ elde edilir(Charpy metodu). Bu iş kırılan numunelerin A kesit alanına bölünmek suretiyle çarpma dayanımı elde edilir [25].

$$U=G (h_0-h_1) \quad (2.9)$$

$$\Ç=U/A=(G(h_0-h_1))/A \quad (2.10)$$

Burada;

U = Kırılma enerjisi (N.mm)

h_0 = İlk yükseklik (mm)

h_1 = Son yükseklik (mm)

A = Kesit alanı (mm²)

G = Tokmağın ağırlığı (N)

3. LİTERATÜR TARAMASI

3.1. Essam E. (Darbe Etkisi Altında Ağır Beton Davranışı)

Essam [4], çarpma etkisi altında ağır betonun davranışı konusundaki çalışmasında dinamik yüklere ve patlamalara karşı direnç gösterme özelliğine sahip beton tasarımı üzerine yapılmıştır. Oluşturulan betonun mekanik özelliklerinin iyi olması, radyasyon ışınlamını azaltma ve dayanıklılık gibi üstünlüklerinden dolayı, korucu beton olarak kullanılabilir olduğunu belirtmiştir.

Çalışmasında normal portland çimentosu ile ince agrega olarak ince serbantin iri agrega olarak ilmenit kullanılmıştır. Ayrıca farklı oranlarda çelik lifler katılarak, çeşitli katkılarda kullanılmıştır. 15x15x15 cm standart küp, 20x10 cm silindir ve 70x10x10 cm kiriş numunelerle, farklı oranlarda beton karışımı hazırlanmıştır. Basınç, eğilme çekme, ultrasonik ses ve çarpma dayanımı deneyleri yapmıştır.

Sonuç olarak; ilmenit ve serbantin gibi agregaların ağır beton nükleer barınakların yapımı için gerekli mekanik özelliklere sahip olduğu göstermiştir. İlmenit serbantinle oluşturulan ağır betonun özel testlerinin sonucunda normal betonla karşılaştırıldığında daha iyi mekanik özelliklere sahip olduğu görülmüştür. Ayrıca ilmenit ve serbantin ebatlarının uygun oranda oluşturdukları karışımlarla oluşturdukları ağır betonun normal dayanımlı betondan daha fazla dayanıma sahip olacağını çalışmasında belirtmiştir.

3.2. Kantar E, Arslan A. ve Anıl Ö. (Beton Dayanımındaki Değişimin Çarpma Dayanımına Etkisi)

Kantar v.d. [5], beton dayanımındaki değişimin çarpma davranışına etkisini konusundaki çalışmada beş adet normal ve beş adet yüksek dayanımlı olmak üzere toplam on adet 150x150x 710 mm donatısız beton kiriş elemanı üretilmişlerdir. Oluşturdukları betonun karışında KPC 42.5 tipinde portland çimentosu kullanarak agrega olarak ta; 0-7 mm 7-15 mm çaplarına sahip iki tip agrega kullanmışlardır. Yüksek dayanımlı betonda elde etmek için deney elemanlarına çimento ağırlığının %1 oranında akışkanlaştırıcı ve %10 oranında silis dumanı eklenmiştir. Beş farklı yükseklikten düşürülen sabit ağırlıklı çekiçe, çarpma yüklemesi uygulanarak test edilmiştir.

Meydana gelen çarpma etkisiyle oluşan ivme, zamana bağlı olarak ölçülmüştür. Deney elemanlarının hız, deplasman ve enerji değişimleri hesaplanmıştır. Farklı yüksekliklerden düşürülen sabit ağırlıklı çekicin normal ve yüksek dayanımlı betonda meydana getirdiği göçme modları gözlenmiştir. Normal ve yüksek basınç dayanımlı beton kiriş deney elemanlarının çarpma yüklemesi altındaki hasar biçimleri ve göçme şekilleri birbirinden farklılık göstermiştir. Deney elemanlarının çarpma yüklemesi etkisi altındaki içsel davranışlarını incelemek için kiriş elemanları üzerinden simetrik olarak iki ivme ölçümü alınmıştır. Ayrıca normal dayanımlı deney elemanlarında takip eden düşmeler sonrasında oluşan kılcal çatlağın gelişmesi ve genişliğinin artması gözlenebilmiştir.

Yüksek dayanımlı deney elemanlarında düşme sayısı daha fazla olmasına rağmen çatlak gelişimi çok ani olmuş ve deney elemanı birbirini takip eden düşmeler sonrası gözlenebilir hiçbir hasar belirtisi göstermeden birden göçmüştür. Normal basınç dayanımlı deney elemanlarında kırılmanın oluşmasında agrega dağılımının daha önemli rol oynadığı, deney elemanlarında oluşan çatlakların agregaların etkisiyle dallanma gösterdiği ve çatlak dağılımının deney elemanları arasında değişim göstermesine neden olduğu düşünülmüştür.

Sonuç olarak; beton basınç dayanımındaki değişimin beton çarpışma davranışı üzerinde önemli değişikliklere neden olduğu görülmüştür. Basınç dayanımının artması ile tüketilen enerjinin, çekiç düşme sayısının, ivmenin arttığını ve deplasmanların azaldığı görülmüştür.

3.3. Selvi M. (Beton Dayanımındaki Değişimin Çarpma Dayanımına Olan Etkisinin Deneysel ve Sonlu Elemanlar Yöntemiyle İncelenmesi)

Selvi [6], bu çalışmada hazırlanan deney programında 10 adet dikdörtgen kesitli 15x15x71 cm boyutlarında beton kiriş, 30,35,40,45,50 cm 'de farklı yüksekliklerden düşürülen sabit ağırlıklı bir çekicin yaratmış olduğu çarpma etkisini test edilmiştir. Kullanılan malzeme Ankara yöresine ait 0–7 mm 7–15 mm çaplarında iki tip dere malzemesi ve CEM I PÇ 42,5 portland çimentosu kullanılmıştır. Oluşturulan kiriş numunelerin 5 tanesi normal dayanımlı, 5 tanesi ise yüksek dayanımlı betondan üretilmiştir. Belirlenmiş olan 5 ayrı yükseklikten bırakılan sabit ağırlıklı (5,25 kg) çekiç, numuneler göçmeye ulaşıncaya kadar numuneler üzerine düşürülmüştür. Her bir düşmede ivme ölçerler ve kuvvet ölçer kullanılarak numunede oluşan içsel etkiler belirlenmeye çalışılmıştır.

Deney esnasında her bir deney elemanının çatlak oluşumu, ivme-zaman ilişkisi, çekiç düşürme sayısı ve numunelerin genel davranışı takip edilmiştir.

Tablo 3.1. Normal dayanımlı numunelerin özet sonuçları

Numune	Düşü yüksekliği (cm)	Çekiş düşü sayısı	Düşme sırasında geçen zaman (s)
S1	30	4	0.236
S2	35	5	0.262
S3	40	4	0.286
S4	45	2	0.297
S5	50	2	0.314

Tablo 3.2. Yüksek dayanımlı numunelerin özet sonuçları

Numune	Düşü yüksekliği (cm)	Çekiş düşü sayısı	Düşme sırasında geçen zaman (s)
S6	30	10	0.235
S7	35	4	0.264
S8	40	5	0.288
S9	45	3	0.295
S10	50	2	0.317

Ulaşılan sonuçlardan biri yükseklik arttıkça çekiç veya vurucu düşürme sayısı azalmıştır. Yapılan deneysel çalışmada da görülmüştür ki, çekiç düşme yüksekliği arttıkça numuneyi göçmeye götüren düşürme sayısı azalmaktadır. Yükseklik artışı ile çekişte depolanan fazla enerji, numune içsel kuvvetlerini daha çabuk yenmekte ve enerji yutma kapasitesi daha da azalmaktadır. Fakat S2, S7 ve S8 numunelerinde bu genelleme geçerli olmamıştır. Çünkü S1 ve S3 numuneleri dört düşüde göçerken S2 numunesi beş düşüde göçmüştür. Yine aynı şekilde S7 numunesi dört düşüde göçerken, S8 numunesi beş düşürme sonrası göçmüştür.

Bu durum, tamamıyla numunelerdeki yapısal farklılıklardan kaynaklanmıştır. Düşü yüksekliği, numunelerde ortaya çıkan ivme değerleri hesaplarıyla elde edilen verilerle ABAQUS sonlu eleman programı kullanılarak bilgisayarda deplasman eğrisi ve çatlak oluşum hattı, sonlu eleman analiz edilmiştir.

Sonuç olarak çarpma etkisi ile beton üzerinde ortaya çıkan etkiler ABAQUS sonlu eleman programı kullanılarak bilgisayarda modellenebilmiştir.

3.4. Uğurlu A. (Agrega–Çimento Bağı)

Uğurlu [14], bu çalışmasında, özellikle süreksizlik sınırına kadar olan beton davranışı üzerinde önemli bir etkisi olan çimento hamuru - agrega ara yüzeyi yapısı ve bu yapının yük altındaki davranışı agrega açısından incelemiştir. Betonun yükleme altındaki davranışını etkileyebilecek faktörlerin fazla olması nedeniyle doğal olarak farklı özellikleri (kalite) olan betonların olduğunu ve bu betonlar basınç, çekme, darbe, vs. dayanımları açısından birbirlerinden ayrılacağını, bu nedenle pratikte adına beton sınıfı dediğimiz ve betonları karakter itibari ile birbirinden ayırt etmeye yarayan, statik hesaplamalarda esas alınan bir kavram olarak geliştirmiştir. Bundan dolayı beton için tek bir gerilme - deformasyon davranışı tarif edilememiştir. Ancak kaba bir yaklaşımla betonun çimento hamuru ve agrega gibi iki fazdan meydana geldiği kabulünden hareketle betonun kısa süreli yükleme altındaki davranışı incelenmiştir. Diğer kompozitelerde de olduğu gibi kompozit davranışını, kompoziti meydana getiren malzemeler ve bu malzemelerin birbirleri ile olan etkilenimleri ele alınmıştır.

Klasik anlamda, tek eksenli yükleme altında betonda kırılma işlemi üç aşamada meydana gelmiş olduğunu bunların; çatlakların başlangıcı, çatlakların yavaş büyümesi ve çatlak gelişimi şeklindeki aşamalar halinde sıralamıştır. Sonuç olarak agrega çimento hamuru bağı basit genellemeler ve kaba yaklaşımlar ile açıklanamayacak kadar karmaşık olduğunu açıklamıştır.

3.5. Binici H., Çağatay İ.H.ve Kaplan H.(Değişik Faktörlerin Beton Dayanımına Etkisi)

Binici v.d. [15], yaptıkları çalışmada, betonun basınç dayanımına etki eden faktörleri ve çeşitli faktörlerin dayanım üzerindeki etkime yüzdelerini araştırmışlardır. Betonun önemli özelliklerinden; homojenlik, işlenebilirlik yoğunluk, permabilite, deformasyon ve basınç mukavemeti olduğunu açıklanmıştır. Beton mukavemetindeki değişikliklerin diğer

özelliklerine de bağlı olduğu, çimento türü, agrega türü ve granülometri, sıkıştırma, kür ve beton üretim teknikleri v.b beton kalitesini etkileyen önemli faktörler olarak belirtmişlerdir.

Deneyisel çalışmada 15x15x15 cm küp numunelerle aynı tür agrega kullanılarak (Ceyhan nehri agregası) ve W/C oranı (0.50) sabit tutularak farklı tip çimento, farklı granülometri, iyi kötü ve normal kür, elle veya betoniyele karışım şekilleri, kötü sıkıştırma etkileri araştırılmıştır.

Tablo 3.3. Yapılan çalışmadaki sonuçlar

Faktörler	Faktörün Dayanım Değişikliğine Etkisi (%)
1-Çimento Türünün Etkisi	10
2-Granülometrinin Etkisi	11
3-Beton Üretim Şeklinin Etkisi	21
4-Betonun Kompaksiyonunun Etkisi	26
5- Betonun Kürünün Etkisi	32

Elde edilen sonuçlara göre, çimento türü faktörü %10, granülometri %11, beton üretim şekli %21, betonun kompaksiyonu %26 ve betonun bakımı %32 oranında beton basınç mukavemeti üzerinde etkili olduğu göstermiştir.

3.6. Bayromov F., Taşdemir M.A. ve Akkaya Y. (Betonun Mekanik Özellikleriyle Kırılma Parametreleri Arasındaki Bağlılıklar)

Bayromov v.d. [16], yapıları çalışmada betonun kırılma mekaniğinde, tasarımda kullanılan mekanik özellikleri ile kırılma parametreleri arasında bağıntıları konu almışlardır. Betonun kırılma parametrelerinin ve kırılma mekaniğinin daha iyi anlaşılması için öncelikle beton malzemenin davranışının, içyapısının ve mekanik davranışı arasındaki ilişki incelenerek, daha sonra kırılma parametrelerini modellendirmişlerdir. Betonun kırılma parametrelerinin saptanması için nonliner kırılma mekaniğine dayanan yöntemler geliştirmişlerdir.

Betonun gevrekliğinin saptanması için model olarak fiktif çatlak modeli, iki parametrelili modeli ve boyut etkisi modeli olarak açıklamışlardır.

3.7. Arıcı E. (Betonun Çarpma Mukavemeti Üzerine Basınç Dayanımının Etkisi)

Arıcı [25], yaptığı çalışmada betonun çarpma mukavemetine basınç dayanımı etkisi belirleyebilmek için Charpy metodu kullanmıştır. Bu amaç doğrultusunda 100x100x500 mm. lik beton numunelerde kullanılabilecek boyutlarda Charpy deney düzeneği hazırlamıştır.

Çarpma mukavemetinin belirlenmesi için yapılan deneylerde max. agreg a çapı 8 mm olan farklı başlangıç çatlağı boyutuna (relatif çentik boyu 0,2 ve 0,3) ve basınç dayanımına sahip üç seri numune hazırlanmıştır. Üçüncü serideki karışıma katkı katılmıştır. Ayrıca serilerin basınç, yarma ve eğilme dayanımları belirlenebilmesi içinde numuneler dökülmüştür. Elde edilen deneysel verilerden çarpma dayanımında betonun basınç dayanımının etkisi incelenmiştir.

Tablo 3.4. Serilerin çarpma dayanım sonuçları

Seriler	Başlangıç Çatlak Boyutu (a) (mm)	Basınç Dayanımı (σ) (N/mm ²)	Potansiyel Enerji (U) (N.mm)	Çarpma Dayanımı (Ç) (N.mm/mm ²)	q ($\frac{\text{Ç}}{\sqrt{\sigma}}$)
Seri I	20	38	39003	4,88	0,79
	30		35351	5,05	0,82
Seri II	20	28	32943	4,12	0,77
	30		29291	4,18	0,79
Seri III	20	13	21832	2,73	0,76
	30		19346	2,76	0,77

Elde edilen verilerden görüleceğı üzere, betonun basınç dayanımındaki artışla birlikte numunelerin kırılması için gerekli olan potansiyel enerji (U), betonun çarpma dayanımı (Ç) ve çarpma dayanımının basınç dayanımına oranı (q) değerleri artmıştır. Fakat seriler başlangıç çatlağı boyutuna (a) göre kendi içinde incelendiğinde; çatlak boyu büyük olan numunelerde kesit alanı azaldığından, kırılması için daha az enerji gerekli olmuştur. Buna rağmen, çarpma dayanımları ve q değerlerine bakıldığında kesit alanı ile ters orantılı olduğu görülmüştür.

3.8. Arıcı E., Dursun R. ve İnce R. (Betonun Çarpma Mukavemetinin Tesbiti)

Arıcı v.d. [26], yaptıkları çalışmada; betonun çarpma mukavemetini belirleyebilmek için Charpy metodu kullanmış ve bu metodun betona uygulanabilirliğini araştırmışlardır. Bu amaç doğrultusunda 100x100x500 mm 'lik beton numunelerde kullanılacak boyutlarda charpy deney düzeneği kullanmışlardır. Çarpma mukavemetinin belirlenmesi için yapılan deneylerde max. agreg a çapı 8 ve 16 mm olan, iki farklı başlangıç çatlağı boyutuna (relatif çentik boyu 0,2 ve 0,3) sahip iki seri numune hazırlanmıştır. Ayrıca serilerin basınç, yarma ve eğilme dayanımları belirlenebilmesi içinde numuneler dökülmüştür. Çarpma dayanımlarının belirlenmesinde ise beton numune boyutlarına uygun olarak hazırlanan Charpy deney düzeneği kullanılmıştır. Basınç dayanımların belirlenmesinde standart silindir numuneler kullanırken, eğilme ve çarpma deneylerinde 100x100x500 mm. boyutunda numuneler üzerinde deneyler yapılmışlardır.

Tablo 3.5. Çarpma dayanım sonuçları

	Seri I (D _{max} =8 mm)		Seri II (D _{max} =16 mm)	
	Çentik Boyları (mm)			
	20	30	20	30
Potansiyel Enerji (U) (N.mm)	32943	29291	35274	31389
Çarpma Dayanımı (Ç) (N.mm/mm ²)	4.12	4.18	4.41	4.48
Basınç Dayanımı (σ) (MPa)	28		32	
q (Ç/√σ)	0.77	0.79	0.78	0.80

Sonuç olarak; Betonun çarpma mukavemeti maksimum dane çapına ve dolayısıyla basınç dayanımına bağlı olarak arttığı belirtilmiş, çentik boyunun artmasıyla, numunenin kırılması için gerekli olan potansiyel enerji değerini de azalttığı, fakat çarpma dayanımının bunun aksine arttığı belirtilmiştir. Betonun çarpma dayanımı (Ç) ile basınç dayanımının karekökü arasındaki orana (q) baktığımızda, genel olarak bu değerler 0.7- 0.8 arasında

değiştiiğini böylece dinamik bir etkide betonun davranışını ve çarpma mukavemetini belirtileceğı kanıtlanmıştır.

4. MATERYAL ve METOT

Betonun mekaniksel özelliklerinin çarpma dayanımına etkisinin incelenmesi konusundaki çalışmada; 30x15 cm ve 20x10 cm boyutlarında standart silindir ile 10x10x50 cm' lik kiriş numunesi üzerinde mekanik olarak; basınç, yarma, eğilme, çarpma dayanımı ile ultra ses deneyleriyle veriler elde edilmiştir.

4.1. Numune Üretiminde Kullanılan Malzemeler

4.1.1. Agregası

Deneylerde kullanılan agrega, Elazığ ili, Palu ilçesinden temin edilmiştir. Minerolojik olarak nehir kumu niteliğinde olan agreganın özellikleri Tablo 4.1'de verilmiştir. Numunenin seri özelliklerine göre, maksimum dane çapı, 4 mm, 8 mm ve 16 mm olarak alınmıştır. Granülometrik bir karışım oluşturulması amacıyla TS 706'daki sınır değerlere uygun olarak ayarlanmıştır.

Tablo 4.1. Karışımaya giren agregaya ait genel özellikler

Özgöl ağırlık (gr/cm ³)	Su emme (%)	Aşınma kaybı (%)	Kil miktarı (%)	Donma kaybı (%)
2,48	4	16.6	2.0	1.83

4.1.2. Çimento

Deneylerde Ergani Çimento San. T.A.Ş 'nin ürettiği CEM IV 32.5 R tipi çimento kullanılmıştır. Bu çimentoya ait fiziksel ve kimyasal özellikler Tablo 4.2 de verilmiştir.

Tablo 4.2. CEM IV 32.5 R Tipi çimentonun fiziksel ve kimyasal analizleri

Kimyasal Analiz Sonuçları																			
SiO ₂		Al ₂ O ₃		Fe ₂ O ₃		CaO		MgO		SO ₃		T.E.							
26.86		8.09		5.18		45.88		3.64		2.41		4.99							
Fiziksel Analiz Sonuçları																			
45μ		Blaine		Priz b.		Priz s.		Öz. ağı.		Yoğunluk		H. gen.		2 gün		7 gün		28 gün	
1.9		4326		2.35		3.45		2.98		925		4		16.9		28.4		39	

4.1.3. Karma Suyu

Deneyisel çalışmaların tamamında TS EN 1008 'e göre uygun ELAZIĞ ili şehir şebeke suyu kullanılmıştır. Karma suyu herhangi bir depoda bekletilmeden, içme suyu şebekesinden alındığı anda karışımında kullanılmıştır.

4.2. Numunelerin Kür ve Bakımı

Dökülen numuneler bir gün süre ile kalıplarda bekletildikten sonra, özellikle numune köşe ve kenarları zarar görmeyecek şekilde özenle kalıplardan sökülerek kür tankına yerleştirilmiştir. Kür tankının sıcaklığı 23±2 °C 'de (28 gün) sabit tutulmuştur.



Şekil 4.1. Betonun kür edilmesi

4.3. Numunelerin Malzeme Karışım Miktarları

Oluşturulan numunelerde kullanılan agrega çapları d_{max} 4-8 ve 16 mm boyutlarında alınarak, su/çimento oranları 0.5-0.55, çökme değeri de yaklaşık olarak 6 ~ 7 cm civarında alınmıştır. Bu çalışmaların tamamı normal şartlar altında (laboratuvar şartlarında) hazırlanmıştır. Serilerin $1m^3$ 'ü için gerekli malzeme miktarları TS 802 standardına uygun olarak hesaplanmıştır. Bulunan değerler aşağıdaki tablo 4.3 'de verilmiştir.

Tablo 4.3. Numunelerde kullanılan malzemelerin karışım miktarları

D_{max} (mm)	S/Ç	Malzemeler		Ağırlık (kg)
4	0.5 Seri I	Çimento		400
		Su		200
		İnce agrega (0-4)		1564
		İri agrega		-
	0.55 Seri II	Çimento		357
		Su		197
		İnce agrega (0-4)		1609
		İri agrega		-
8	0.5 Seri III	Çimento		380
		Su		190
		İnce agrega %70 (0-4)		1142
		İri agrega %30 (4-8)		489
	0.55 Seri IV	Çimento		345
		Su		190
		İnce agrega %70 (0-4)		1162
		İri agrega %30 (4-8)		498
16	0.5 Seri V	Çimento		334
		Su		167
		İnce agrega %55 (0-4)		963
		İri agrega	%20 (4-8)	350
			%25 (8-16)	437
	0.55 Seri VI	Çimento		304
		Su		167
		İnce agrega %55 (0-4)		976
		İri agrega	%20 (4-8)	355
			%25 (8-16)	443

4.4. Yapılan Deneyler

4.4.1. Basınç Dayanım Deneyi

Beton basınç dayanım deneyi için karışım hazırlanarak, 15x30 cm silindir kalıplara 3 eşit şekilde doldurularak yeterli şişleme sonrasında üstü masterlanarak numune döküm işlemi tamamlanmıştır. Oluşturulan numunelerin hepsi aynı şartlarda hazırlanmıştır. Laboratuvar ortamında 24 saat kalıplarda bekletilen numuneler, sertleştikten sonra kür tanklarına yerleştirilmiştir. 28 günlük olan numuneler kür tanklarından çıkarılarak otomatik yük kontrollü preste kırılmıştır.

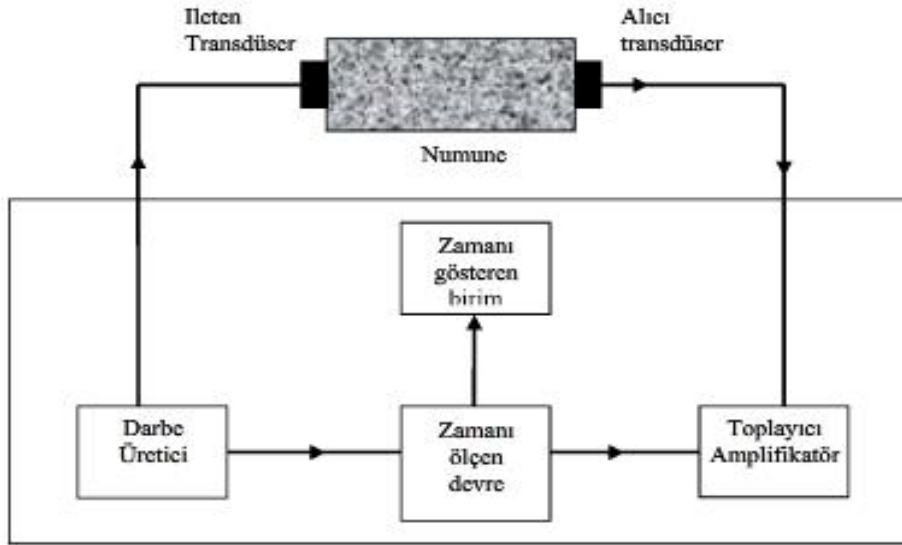


Şekil 4.2. Basınç Presi

Elde edilen kırılma yükü, $\sigma = P/A$ formülündeki max yükün (N) numunenin kesit alanına (mm^2) bölünmesiyle basınç gerilmesi bulunur.

4.1.1. Ultrasonik Test Cihazı Kullanılarak Beton Basınç Dayanımının Elde Edilmesi Deneyi

Ultrasonik test cihazıyla 10x10x50 cm kiriş ve 15x30 cm' lik silindir numune üzerinde uygulanmıştır. Bu beton numuneler ASTM C 597 standardına uygun cihaz ile ölçülmüştür. Serilerin ultrasonik değerinin belirlenmesi için eğilme ve basınç numunelerinin farklı yüzeylerinden ölçümler yapılarak ortalaması alınmıştır.



Şekil 4.3. Ultrasonik test cihazının şematik gösterimi

Ultrasonik geçiş hızı $V = (L/t) \times 10^6$ formüldeki dalga hızı bloğun, dalganın gönderildiği yüzey ile dalganın alındığı yüzey arasındaki mesafenin, süreye bölünmesiyle bulunmuştur.

4.4.2. Yarmada Çekme Dayanımı Deneyi

Yarmada çekme dayanımı testinde 10x20 cm standardında silindir numune yatay vaziyette getirilerek, silindir ile metal çubuklar arasına kontra plak gibi dolgu malzemesi şerit şeklinde yerleştirilmiştir. Yerleştirilen bu malzeme genelde 3 mm kalınlığında ve genişliği ise silindir çapının yaklaşık 1/12 'si kadardır. Numune şekil 4.4 'deki gibi prese yerleştirilerek gerilme yükü altında kırılmıştır.



Şekil 4.4. Yarma deneyi

Yarmada çekme dayanımı hesabını, silindir numunelerde $f_{ct}=2P/\pi LD$ formülüyle hesaplanmıştır.

4.4.3. Eğilmede Çekme Dayanımı Deneyi

Eğilmede çekme deneyinde, orta noktadan yüklenen 10x10x50 cm dikdörtgen kesitli kiriş numunesi makinaya tam merkezlenerek ve numune boyuna eksenine üst ve alt yükleme silindirleri boyuna eksenine dik açı teşkil eder şekilde yerleştirilerek yükleme yapılır.



Şekil 4.5. Eğilmede çekme deneyi

Orta noktadan yüklenen dikdörtgen kesitli beton kiriş numunelerde ($f_{ct} = Mc / I$ formülüne uyarak) eğilme dayanımını $f_{ct} = 3PL / 2bd^2$ bulunmuştur.

4.4.4. Çarpma Dayanımı Deneyi

Betonun çarpma dayanımı deneyinde 10x10x50 cm dikdörtgen kiriş numunesi charpy deney düzeneğine mesnetlere tam yaslanacak şekilde ve çekiç salınım düzlemiyle numunenin orta nokta düzlemi birbirlerine çakışacak şekilde yerleştirilir. Numune uygun şekilde yerleştirildikten sonra, okumaların yapıldığı kadranın göstergesi başlangıç duruma getirilerek düşme açısı (α) belirlendikten sonra sarkaç düzgün bir şekilde bırakılır ve kırılma sonrası yükselme açısı (β) açısı belirlenir.



Şekil 4.6. Charpy deney düzeneğinin gösterilmesi

Ağırlığı G olan sarkaç, h_0 yüksekliğine çıkarıldığında potansiyel enerjisi ($G \times h_0$) mertebesinde. Sarkaç bu yükseklikten serbest bırakıldığında, düşey bir düzlem içinde hareket ederek numuneyi kırar ve aksi istikamette h_1 yüksekliğine kadar çıkar. Böylece, numunenin kırılmasından sonra sarkaçta kalan potansiyel enerji ($G \times h_1$) mertebesinde demektir.

Sarkacın, numune ile temas haline geldiği andaki potansiyel enerji ile numune kırıldıktan sonra sarkaçta kalan potansiyel enerji farkı, o numunenin kırılması için gereken enerjiyi başka bir deyimle, darbe direncini verir. Bu enerji aşağıdaki formülle de gösterilmiştir. Tokmağın ilk ve son konumlarındaki potansiyel enerjileri arasındaki fark bulunur ve numune kesit alanından faydalanılarak çarpma dayanımı belirlenir.

$$U = Gx (h_0 - h_1) = G \times L \times (\cos \beta - \cos \alpha) \quad (4.1)$$

$$\text{Ç} = U / A = (Gx(h_0 - h_1)) / A \quad (4.2)$$

U = Kırılma için gerekli olan enerji (N.mm)

Ç = Çarpma dayanımı (N.mm/mm²)

G = Sarkacın ağırlığı (N)

L = Sarkacın ağırlığı merkezinin, sarkacın salınım merkezine uzaklığı (mm)

A = Kesit alanı (mm²)

h_0 = Sarkacın ağırlık merkezinin düşme yüksekliği (mm)

h_1 = Sarkacın ağırlık merkezinin çıkış yüksekliği (mm)

α = Düşme açısı (derece açısı (derece)

β = Yükselme açısı (derece).

5. BULGULAR

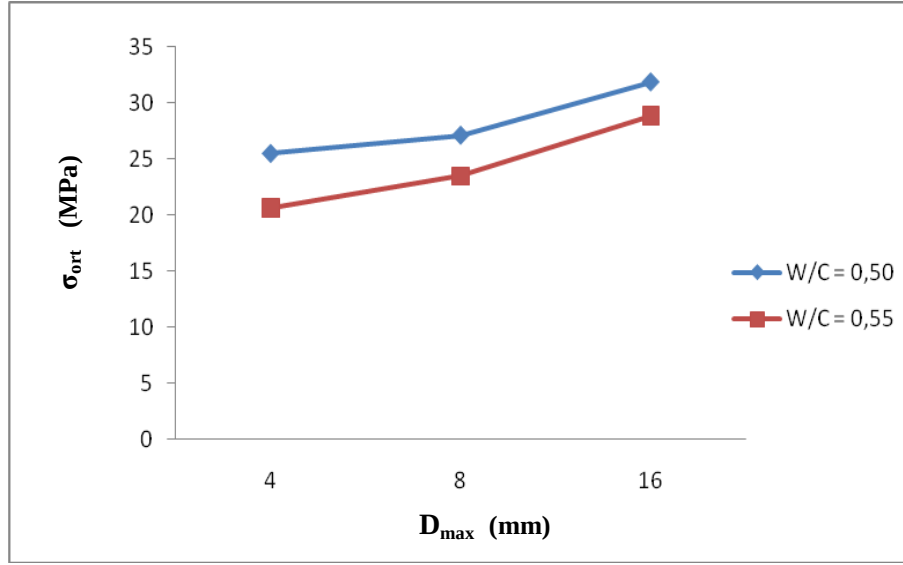
Bağıl nem ortamında bekletilen numuneler 28 günü doldurduklarında, basınç, eğilme, çekme ve çarpma deneylerine tabii tutularak kırılma yükleri belirlenmiştir. Ayrıca her serinin ultra ses geçiş zamanı deneyiyle belirlenmiştir. Deneyler sonucu elde edilen veriler yardımıyla serilerin basınç, eğilme, çekme, yarmada çekme ve çarpma dayanımları hesaplanmıştır. Ayrıca ultra ses geçiş zamanı ve boyuttan faydalanılarak geçiş hızı hesaplanmış, bu hız değerinden numune kalitesi hakkında da ön tahmin yapılmıştır. Bulunan değerler aşağıda tablolar ve grafikler halinde sunulmuştur.

5.1. Basınç Dayanımı

Her seriden hazırlanan üç adet 15x30 cm boyutundaki silindir numuneler üzerinde basınç deneyi yapılarak kırılma yükleri bulunmuş ve MPa cinsinden basınç dayanımları hesaplanmıştır. Bu değerlerin ortalaması alınarak basınç dayanımları bulunmuştur. Bulunan değerler Tablo 5.1 ve Şekil 5.1’de verilmiştir.

Tablo 5.1. Numunelerin basınç dayanımı

Seri No	σ_{ort} (MPa)
S1	25,49
S2	20,63
S3	27,11
S4	23,48
S5	31,86
S6	28,84



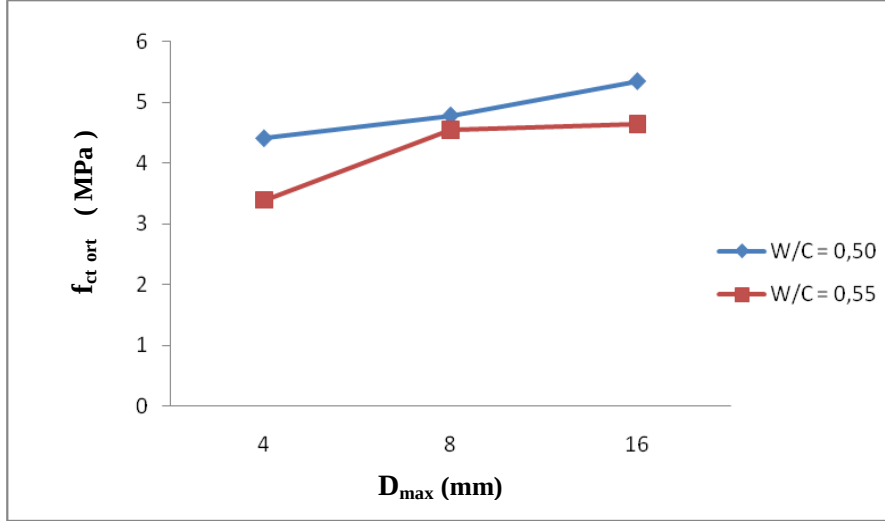
Şekil 5.1. Numunelerin basınç dayanım grafiği

5.2. Eğilmede Çekme Dayanımı

Eğilmede çekme deneyinde üç adet 10x10x50 cm. boyutunda kiriş numunesi orta noktadan yüklenen eğilme yükü altında kırılmaya tabi tutulmuştur. Burada, kırılma yükü MPa değerinden hesaplanmıştır. Bu serilerin ortalama değerleri alınarak dayanım değerleri elde edilmiştir. Bu veriler aşağıdaki Tablo 5.2 ve Şekil 5.2 'de verilmiştir.

Tablo 5.2. Numunelerin eğilmede çekme dayanımları

Seri No	$f_{ct \text{ ort}}$ (MPa)
S1	4.41
S2	3.39
S3	4.78
S4	4.55
S5	5.34
S6	4.64



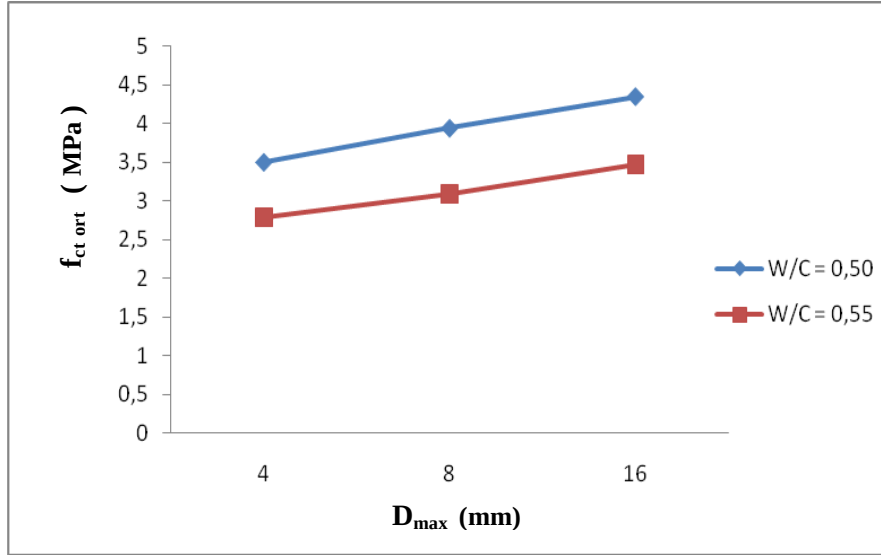
Şekil 5.2. Numunelerin eğilmede çekme dayanım grafiği

5.3. Yarmada Çekme Dayanımı

Yarma dayanımı deneyinde her seriden hazırlanan üç adet 10x20 cm. boyutundaki silindir numuneler üzerinde yükleme yapılarak her bir serideki numunenin kırılma verileri bulunmuş ve bu değerlerin ortalaması alınarak, MPa cinsinden yarma dayanımları hesaplanmıştır. Bulunan değerler Tablo 5.3 gösterilerek Şekil 5.3' de grafiği verilmiştir.

Tablo 5.3. Numunelerin yarmada çekme dayanımları

Seri No	$f_{ct\ ort}$ (MPa)
S1	3.50
S2	2.79
S3	3.94
S4	3.09
S5	4.35
S6	3.47



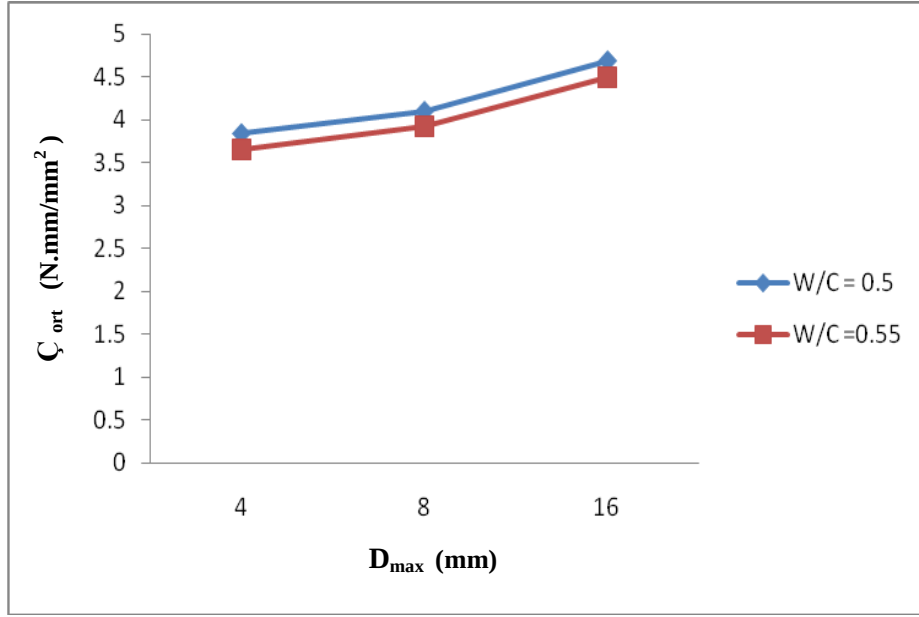
Şekil 5.3. Numunelerin yarmada çekme dayanımı grafiği

5.4. Çarpma Dayanımı

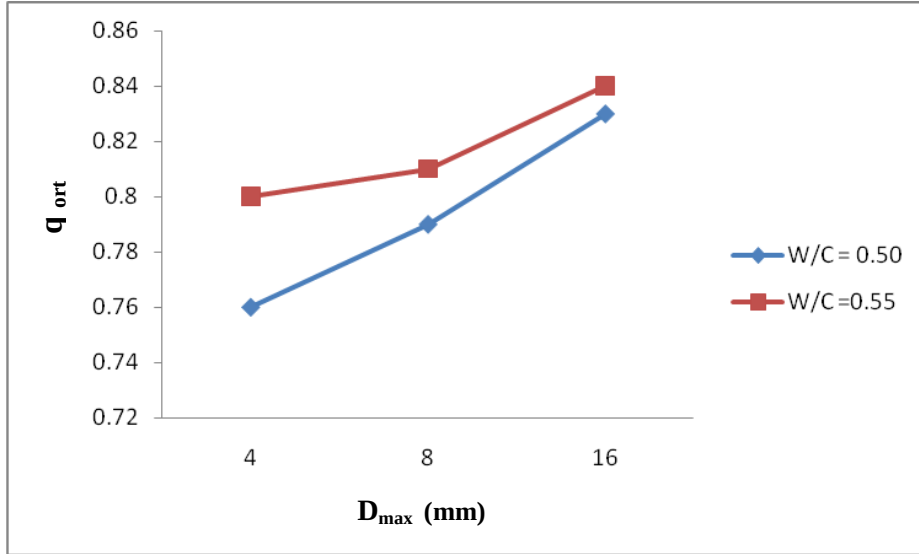
Charpy deneyine tabii tutulan numunelerden elde edilen veriler yardımıyla, kırılmada gereken potansiyel enerji (U), serilerin çarpma dayanımları (Ç) ve son olarak çekme dayanımının etkisinin belirlenmesi amacıyla q değeri hesaplanmıştır. Bulunan değerler Tablo 5.4, Şekil 5.4 ve Şekil 5.5' de verilmiştir.

Tablo 5.4. Numunelerin çarpma dayanımları

D_{max} (mm)	Seri No	U_{ort} (N.mm)	$\bar{C}_{ort}$ (N.mm/mm ²)	σ_{ort} (N/mm ²)	q_{ort}
4	S1	38381	3,84	25,49	0,76
	S2	36517	3,65	20,63	0,8
8	S3	41023	4,1	27,11	0,79
	S4	39158	3,92	23,48	0,81
16	S5	46928	4,69	31,86	0,83
	S6	44908	4,49	28,84	0,84



Şekil 5.4. Numunelerin çarpma dayanım $\bar{C}_{\text{ort}}$ grafiği



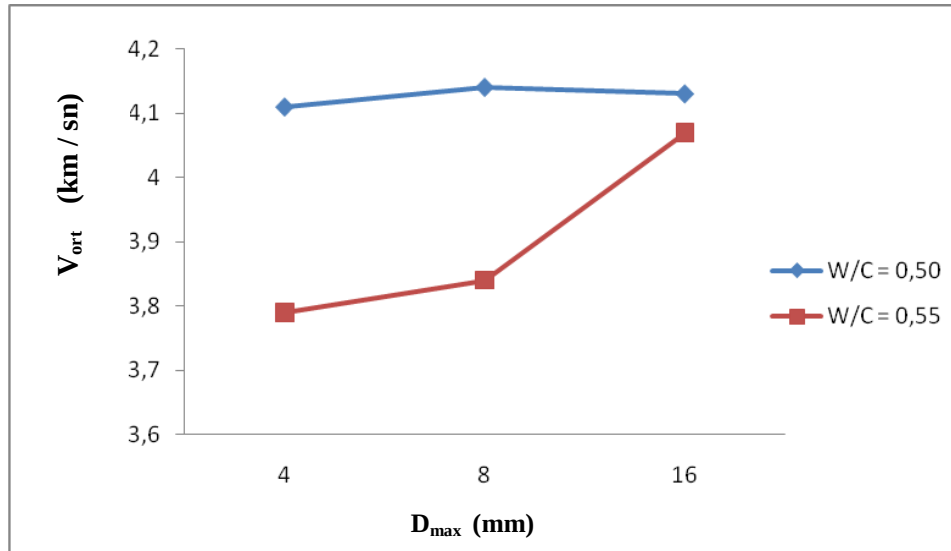
Şekil 5.5. Numunelerin q_{ort} değer grafiği

5.5. Ultrasonik Test Cihazı ile Basınç Dayanımı

Ultrasonik test cihazıyla yapılan ölçümlerde, numuneler üzerinde her bir seriden üç adet ölçüm alınarak, bu ölçümlerin ortalama değerleri (V_{ort}) hesaplanmıştır. Tablo 5.5 'deki değerlerde hız ortalaması 3.79 ile 4.14 km/sn arasındaki değiştiği görülmüştür. Bu tablodaki hız ortalamları beton kalitesinin iyi kalitede olduğunu göstermiştir.

Tablo 5.5. Ultrasonik test verileri

Seri No	V_{ort} (km/sn)
S1	4.11
S2	3.79
S3	4.14
S4	3.84
S5	4.13
S6	4.07



Şekil 5.6. Numunelerin ultra ses hızı grafiği

6. SONUÇ ve ÖNERİLER

Yapılan deneylerden elde edilen veriler ve analizler neticesinde aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

1. D_{max} değerinin artışı ile basınç dayanımı, eğilme ve yarma dayanım değerlerinin arttığı gözlemlenmiştir.
2. S/Ç oranının artışı ile basınç dayanımının azaldığı ve buna bağlı olarak eğilme ve yarma dayanımlarının da azaldığı görülmüştür.
3. Serilerin basınç dayanımı ve çekme dayanımlarının artışı ile birlikte çarpma dayanımlarında da artış gözlemlenmiştir.
4. Çarpma dayanımı hesaplandıktan sonra çekme dayanımı ile arasındaki ilişkinin belirlenmesi amacıyla çarpma dayanımı ile basınç dayanımının karekökü ($\sqrt{\sigma}$) arasındaki oran (q) hesaplanmıştır. Bu değerlerden görüleceği üzere d_{max} değerinin büyümesiyle beraber q değerinde de artış olmuştur. S/Ç oranının artması ile beraber q değerindeki artış devam etmiştir. Bunun sebebi S/Ç oranının 0.5 'den 0.55 'e çıkması ile birlikte basınç, eğilme ve yarma dayanımlarının çok fazla azalma göstermesine karşın, çarpma dayanımındaki düşme miktarının daha küçük olmasıdır.

Çarpma dayanımı belirlenirken, Charpy düzeneğinde deney esnasında bir miktar hesapta olmayan enerji kaybı meydana gelmektedir. Deney sonuçlarına bu enerji kaybı etki etmektedir. Fakat bütün deneyler aynı şartlar altında yapıldığından ve bu enerji kaybı değeri çok küçük olduğundan dolayı bu kayıp ihmal edilmiştir. Daha sağlıklı sonuçların elde edilmesi için, bu kayıp oranlarının tam olarak belirlenip, sonuç üzerinde etki ettirilmesi daha uygun olacaktır. Ayrıca S/Ç oranı ile çarpma dayanımı arasındaki ilişkinin daha net incelenmesi yararlı olacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] **Erdoğan, T.Y.**, 2003. **Beton**, ODTU Geliştirme Vakfı Yayıncılık ve iletişim A.Ş. Yayını ANKARA.
- [2] **Postacıoğlu, B.**, 1987. Bağlayıcı maddeler, Agregalar, Beton, Teknik kitaplar yayınevi. Cilt 2.İSTANBUL.
- [3] **Güner M. S., Süme, V.** 2000. “Yapı Malzemesi ve Beton”, Aktif Yayınevi, ANKARA.
- [4] **Essam E.** 2009. Behavior of heavy weight concrete under impact effect 13th International conference on Assat 13 CV-23. EGYPT.
- [5] **Kantar, E., Arslan, A. and Anıl, Ö.** 2011. Effect of concrete compressive strength variation on impact behaviour, *J.Fac.Eng.Arch.Gazi Univ.*Vol 26 No 1, 115-123.
- [6] **Selvi, M.**, 2008. “Beton dayanımındaki değişimin çarpma dayanımına olan etkisinin deneysel ve sonlu elemanlar yöntemiyle incelenmesi ” Yüksek lisans tezi Gazi Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü ANKARA.
- [7] **Özışık, G.**, 1998. “Beton ” İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi , İnşaat Müh. Böl. İSTANBUL.
- [8] **Cilason, N.**, 1992. "Beton" STFA Yayınları No : 21 İSTANBUL.
- [9] **TS 706 EN 12620**, 2003 " **Beton Agregaları**", TSE ANKARA.
- [10] **TS 3530-EN 933-1**, 2007. Beton agregaların tane büyüklüğü dağılımı tayini (granülometrik bileşim tayini)

- [11] **Beton ve Beton Malzemeleri Ders notları**, 1996. T.C BAY. İSK. BAKANLIĞI KGM TAD. BŞK ANKARA.
- [12] **TS 19**, 1994 Portland Çimentoları ,TSE ANKARA.
- [13] **TS EN 1008**, 2003. Beton Karma suyu.
- [14] **Uğurlu, A.**, 1999, An overview of the cement–Aggregate Bond 2. Uluslararası Kırmataş sempozyumu 99,ISBN B.16.0 KGM.0.63.00.03/606.1.
- [15] **Binici, H., Çağatay, İ.H ., Kaplan , H.**, 2000. “ Değişik Faktörlerin beton mukavemetine etkisinin deneysel olarak incelenmesi ” *Journal of engineering sciences* Vol 6 No: 2-3, 203-209.
- [16] **Bayramov, F., Akkaya, Y.**, 2003.“Betonun kırılma mekaniği “ Türkiye Mühendislik haberleri Sayı 426–/4.
- [17] **Türkel, A.**, 2006. “Beton Basınç dayanımına numune boyutunun etkisi ” yüksek lisans tezi İ.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü , İSTANBUL.
- [18] **Tokyay, M., Taşdemir, M.A., Uyan, Özkul, H.**, 1999 “Heryönüyle beton” MEB İSTANBUL.
- [19] **Kocataşkın, F.**, 1969.“ Yapı Malzemesi Bilimi”, Arı Kitabevi, İSTANBUL.
- [20] **TS EN 12390-2**, 2002. Sertleşmiş Beton Deneyleri –Bölüm 3: Deney Numunelerinde Basınç Dayanımı Tayini ,Türk standartları Enstitüsü, ANKARA.
- [21] **TS EN 12390-4**, 2002. Beton-sertleşmiş beton deneyleri –Bölüm 4 Basınç dayanımı- Deney Makinalarının Özellikleri

- [22] **ASTM C 597**, 1994. Standart test method for pulse velocity through concrete , annual book of ASTM standards.
- [23] **TS EN 12390-6**, 1994 Sertleşmiş Beton Deneyleri –Bölüm 6: Yarmada Çekme Dayanımı Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, ANKARA.
- [24] **TS 3284** , 1979. Betonun Eğilmede Çekme Dayanımı TSE ANKARA.
- [25] **Arıcı, E.**, 2010. “Betonun çarpma mukavemeti üzerine basınç dayanımı etkisi” Journal of Technical-Online Volume 9, Number:1-2010.
- [26] **Arıcı, E., Dursun, R., İnce, R.**, 2007. “Determination of Impact Strength of Concrete”, 8th International Fracture Conference, 628-633.
- [27] **TS 802**, 2009 “Beton karışım tasarımı esasları” TSE ANKARA.

ÖZGEÇMİŞ

Kürşat KAYMAZ, 1983 yılında ELAZIĞ 'da doğdu. İlk orta öğretimini ELAZIĞ 'da tamamladıktan sonra 2008 yılında Fırat üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Yapı Eğitimi bölümünden mezun oldu. 2011 yılı F.Ü Fen Bilimleri Enstitüsünden mezun oldu.