

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

**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**GÜMÜŞHANE YÖRESİ KALKER ÖRNEĞİNİN İNCE ÖĞÜTÜLMÜŞ  
AGREGA OLARAK BETON BİLEŞİMİNDE KULLANILABİLİRLİĞİ, TAZE  
BETONUN KIVAMINA VE BETON BASINÇ DAYANIMINA ETKİSİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Mehmet Derviş KÖSE**

**HAZİRAN 2011**

**GÜMÜŞHANE**

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

**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**GÜMÜŞHANE YÖRESİ KALKER ÖRNEĞİNİN İNCE ÖĞÜTÜLMÜŞ  
AGREGA OLARAK BETON BİLEŞİMİNDE KULLANILABİLİRLİĞİ, TAZE  
BETONUN KIVAMINA VE BETON BASINÇ DAYANIMINA ETKİSİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Mehmet Derviş KÖSE**

**Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde**  
**“İnşaat Yüksek Mühendisi”**  
**Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

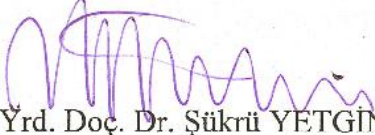
**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 12/05/2011**

**Tezin Sözlü Savunma Tarihi: 16/06/2011**

**HAZİRAN 2011**  
**GÜMÜŞHANE**

Yrd. Doç. Dr. Şükrü YETGİN danışmanlığında, **Mehmet Derviş KÖSE** tarafından hazırlanan **“GÜMÜŞHANE YÖRESİ KALKER ÖRNEĞİNİN İNCE ÖĞÜTÜLMÜŞ AGREGA OLARAK BETON BİLEŞİMİNDE KULLANILABİLİRLİĞİ, TAZE BETONUN KIVAMINA VE BETON BASINÇ DAYANIMINA ETKİSİ”** adlı çalışma, jürimiz tarafından Gümüşhane Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak oybirliği /oy çokluğu ile kabul edilmiştir.

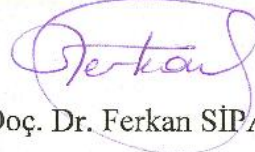
Başkan

  
: Yrd. Doç. Dr. Şükrü YETGİN

Üye

  
: Yrd. Doç. Dr. Ahmet ÇAVDAR

Üye

  
: Yrd. Doç. Dr. Ferkan SİPAHİ

ONAY

Bu tez ...../...../..... tarihinde Enstitü Yönetim Kurulunca kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Temel BAYRAK

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

**ÖZET**  
**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**GÜMÜŞHANE YÖRESİ KALKER ÖRNEĞİNİN İNCE ÖĞÜTÜLMÜŞ  
AGREGA OLARAK BETON BİLEŞİMİNDE KULLANILABİLİRLİĞİ, TAZE  
BETONUN KIVAMINA VE BETON BASINÇ DAYANIMINA ETKİSİ**

Mehmet Derviş KÖSE

Gümüşhane Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Şükrü YETGİN

2011, 100 sayfa

Jüri: Yrd. Doç. Dr. Şükrü YETGİN  
Yrd. Doç. Dr. Ahmet ÇAVDAR  
Yrd. Doç. Dr. Ferkan SİPAHİ

Bu araştırmada, beton basınç dayanımı ve kıvamı üzerine kalker fillerinin etkisi incelenmiştir. Eleme ve öğütme ile elde edilen iki farklı incelikteki kalker, çimento kütlelerinin %5, %10, %15 ve %20 oranlarında karışıma dâhil edilmiştir. Beton karışımına katılan ince taneli kalker malzeme, agregaya ile birlikte ikâme edilmiştir.

Agrega olarak da Gümüşhane Harşit Çayından alınan dere malzemesi kullanılmıştır. İnce kalker (filler) ve dere malzemesinden oluşan toplam agrega, çimento ve su miktarı beton karışımı içerisinde sabit tutulmuştur.

Taze betonun kıvamını belirlemek amacıyla çökme (slamp) deneyi yapılmıştır. Üretilen beton numuneleri; 14, 28, 42 ve 56 gün suda bekletilerek basınç deneyine tabi tutulmuştur.

Çalışma sonunda; ince taneli kalker katkı miktarı arttıkça taze beton çökme değeri düşmüş, beton kıvamı “plastik-akıcı” halden, “plastik” hale dönüşmüş ve beton basınç dayanımı yükselmiştir. Ayrıca katkı oranı %15 iken, basınç dayanımı en yüksek değerine ulaşmış, katkı oranı %20 iken de basınç dayanımı tekrar düşüş göstermiştir. Bütün deney numunelerinde, numune yaşına ve birim kütleye bağlı olarak basınç dayanımında yükselme görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Elenmiş kalker, öğütülmüş kalker, kalker katkılı beton, taze beton kıvamı, beton basınç dayanımı, katkı oranı

ABSTRACT

MS THESIS

**USABILITY OF THE LIMESTONE SAMPLE FROM GÜMÜŞHANE REGION  
AS A FINELY GROUND AGGREGATE, EFFECTS TO CONSISTENCY OF  
FRESH CONCRETE AND COMPRESSIVE STRENGTH OF CONCRETE**

Mehmet Derviş KÖSE

Gümüşhane University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Civil Engineering

Supervisor: Ass. Prof. Dr. Şükrü YETGİN

2011, 100 pages

Jury: Ass. Prof. Dr. Şükrü YETGİN

Ass. Prof. Dr. Ahmet ÇAVDAR

Ass. Prof. Dr. Ferkan SİPAHİ

In this study; they have been investigated effect of limestone fillers to compressive strength and consistency of concrete. There are two limestones that having different granulometry and also obtained by sieving and grinding. The two

limestones have been included 5%, 10%, 15% and 20% by mass of cement in mix. The fine grained limestone material added in the concrete mix has been substituted by aggregate. Material taken Harsit Stream in Gumushane from is used as aggregate. Amount of the aggregate consisted by fine limestone and river material, cement and water kept same for in concrete mix.

Slump test have made to determine the consistency of fresh concrete. The samples of concrete have been hold 14, 28, 42 and 56 days in water. After that, the samples have been experimented to compression test.

In the end of this study; while the amount of fine grained limestone is increased, the level of slump has decreased, the plastic-fluid consistency of concrete has turned into plastic form and also the compressive strength has increased. More specifically when the amount of fine limestone is 15%, the strength of concrete has reached maximum value and also when it is made 20%, the strength has showed a decrease. It has been seen that the compressive strength has increased depending on ages of samples and unit mass.

**Key Words:** Separated limestone, ground limestone, limestone blended concrete, consistency of fresh concrete, compressive strength of concrete, additive rate.

## TEŞEKKÜR

Gümüşhane yöresi kalkerinin inceltiilerek beton katkısı olarak kullanılmasını konu alan bu çalışma, Gümüşhane Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Yapı Ana Bilim Dalında, Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Beton üretimine ekonomik anlamda ve dayanım açısından katkı sağlayacağına inandığım bu çalışmanın başlangıcından bitimine kadar katkılarını esirgemeyerek bana yardımcı olan hocalarıma, arkadaşlarıma, bazı ticari işletme sahiplerine ve çalışanlarına teşekkürü bir borç bilirim.

Bu araştırmanın planlanmasından yazımına kadar geçen her aşamada desteğini ve yardımını esirgemeyen değerli hocam ve danışmanım Yrd.Doç.Dr.Şükrü YETGİN'e, yol gösterici önerilerde bulunan Yrd.Doç.Dr.Ahmet ÇAVDAR'a, malzeme petrografisi hakkında yardımlarını gördüğüm Yrd.Doç.Dr Ferkan SİPAHİ ve G.Ü. Jeoloji Mühendisliği laboratuvar teknisyenlerine, çalışma arkadaşım Öğr.Gör.Fatma BİRİNCİ'ye, çalışmamda kullandığım malzeme temini konusunda yardımlarını esirgemeyen Baydarlar Beton, Begim Kireç ve Aşkale Çimento işletmelerinin yetkililerine, beton basınç deneylerinin yapılmasında büyük yardımlarını gördüğüm laboratuvar teknisyenleri H.İbrahim FERAH ve Ersoy ATEŞ'in şahsında Gümüş Beton işletmesi yetkililerine ve çalışanlarına, beton numunelerin hazırlanmasında emekleriyle katkı veren Gümüşhane Meslek Yüksekokulu teknisyenlerine, Gümüşhane yöresi kalker kaynakları konusunda bilgilerine başvurduğum MTA mühendislerinden Sebahattin GÜNER ve Nejat YAZICI'ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Başta eşim olmak üzere, maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen, ihtiyaç duyduğum her şeyi bana cömertçe sunan ailemin kıymetli üyelerine ayrıca teşekkür ederim

Bu çalışmamı; inşaat uygulamalarında engin tecrübe sahibi olan, kendisinden çok şey öğrendiğim, hayatım boyunca hep yanımda olan ağabeyim Celil KÖSE'ye ithaf ediyorum.

Mehmet Derviş KÖSE

Gümüşhane, 2011



## İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
KABUL VE ONAY.....	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT.....	iv
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	vii
SEKİLLER DİZİNİ.....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xiv
1 GİRİŞ.....	1
2 KONU ÜZERİNDE YAPILAN ARAŞTIRMALAR.....	5
3 ÇALIŞMANIN AMACI VE KAPSAMI.....	8
4 YAPILAN DENEYLER.....	12
4.1 Gerçekleştirilen Deneş Dizisi Üzerine Düşünceler .....	12
4.2 Beton Bileşimi için Kullanılan Malzemeler .....	16
4.2.1 Kalker katkısı.....	16
4.2.2 Kum çakıl(dere malzemesi).....	18
4.2.3 Kullanılan çimento.....	19
4.3 Seçilen Agrega Karışımı .....	20
4.3.1 Elek analizi deneyi.....	21
4.3.2 Elek analizinin değerlendirilmesi .....	22
4.4 Agreganın Petrografik Özellikleri .....	24
4.5 Seçilen Çimento Çeşidi ve Özellikleri.....	25

4.6	Seçilen İnce Taneli Katkı Çeşitleri ve Özellikleri .....	26
4.7	Beton Bileşim Hesabı ve Değişen Bileşim Oranları; Tanık Beton ve Diğerleri ....	32
4.8	Küp Numunelerin Üretimi ve Bakım Koşulları.....	44
4.9	Taze Beton Özellikleri; Su/Çimento Oranı Oranı, Kıvamı.....	48
4.9.1	Çökme deneyinin yapılması.....	48
4.9.2	Çökme deneyinin sonuçları .....	51
4.9.3	Çökme deneyinin değerlendirilmesi .....	53
4.10	Basınç Deneyleri ve Sonuçları.....	55
4.10.1	Kullanılan cihaz ve özellikleri .....	55
4.10.2	Deney için numunelerin hazırlanması, deney cihazına yerleştirilmesi, yük uygulanması .....	56
4.10.3	Numunelerin kırılma tipleri .....	59
4.10.4	Deney sonuçları .....	60
5	DENEY SONUÇLARININ İRDELENMESİ .....	66
5.1	İnce Taneli Katkı Türü İle Basınç Dayanımı Arasındaki İlişki .....	66
5.2	Numune Yaşına Göre Basınç Dayanımının Değişimi .....	69
5.3	Kütle Özelliklerine Göre Basınç Dayanımlarında Görülen Değişim .....	71
5.4	Dayanım sonuçlarının kıvam ve su/çimento oranları ile ilişkisi.....	74
5.5	Deney Numuneleri Üzerinde Elde Edilen Özel Nitelikli Veriler .....	76
6	SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	78
	KAYNAKLAR .....	82
	ÖZGEÇMİŞ .....	85

## ŞEKİLLER DİZİNİ

### Sayfa

Şekil 1.1	Betonu oluşturan malzemelerin yaklaşık hacimce oranları .....	1
Şekil 1.2	Sertleşmiş beton kesiti, çimento hamuru ve agrega .....	3
Şekil 3.1	Gümüşhane yöresi jeolojik haritası, kalker kaynağının yeri.....	10
Şekil 4.1	Basınç dayanımı tayini için deney planı .....	14
Şekil 4.2	Gümüşhane-Kale Begim kireç fabrikası .....	16
Şekil 4.3	Kalker kayaların alındığı taş ocağı.....	17
Şekil 4.4	Kalker ocağının Gümüşhane il haritasındaki konumu .....	17
Şekil 4.5	Numunelerin kırıldığı konkasör tesisi ve kırılmış kalker agregası yığınları....	18
Şekil 4.6	Dere malzemesi temin edilen yerlerin Gümüşhane il haritasındaki konumu .....	18
Şekil 4.7	Yıkılmış dere malzemesinin kurutulması .....	19
Şekil 4.8	Numunenin çeyreklenmesi.....	20
Şekil 4.9	Numune bölme makinesi (bölgeç) .....	21
Şekil 4.10	Elek takımı .....	21
Şekil 4.11	Numune eleme aleti .....	21
Şekil 4.12	Eleme sonucu elek üstü ve tavada kalan malzemeler .....	22
Şekil 4.13	Deneyde kullanılan dere malzemesinin başlangıç tane dağılımı .....	24
Şekil 4.14	Eleme ile kalker numunesi elde edilmesi.....	26
Şekil 4.15	Kalker malzemesinin inceltildiği öğütme değirmeni .....	27
Şekil 4.16	İnceltmiş kalker malzeme örnekleri.....	27
Şekil 4.17	İnce kesiti çıkartılan kayaç örnekleri .....	28
Şekil 4.18	Taş kesme makinesi .....	28
Şekil 4.19	Kalker kayacı ince kesit örnekleri.....	29
Şekil 4.20	Kalker ince kesit mikroskop görüntüsü .....	29
Şekil 4.21	Alpin elek sistemi .....	31
Şekil 4.22	Blaine özgül yüzey ölçüm cihazı .....	31
Şekil 4.23	%5 elenmiş kalker katkılı dere malzemesinin tane dağılımı .....	40
Şekil 4.24	%10 elenmiş kalker katkılı dere malzemesinin tane dağılımı .....	40

Şekil 4.25	%15 elenmiş kalker katkılı dere malzemesinin tane dağılımı .....	41
Şekil 4.26	%20 elenmiş kalker katkılı dere malzemesinin tane dağılımı .....	41
Şekil 4.27	%5 öğütülmüş kalker katkılı dere malzemesinin tane dağılımı .....	42
Şekil 4.28	%10 öğütülmüş kalker katkılı dere malzemesinin tane dağılımı .....	42
Şekil 4.29	%15 öğütülmüş kalker katkılı dere malzemesinin tane dağılımı .....	43
Şekil 4.30	%20 öğütülmüş kalker katkılı dere malzemesinin tane dağılımı .....	43
Şekil 4.31	Boyutları 100x100x100(mm) olan beton numune kalıpları.....	44
Şekil 4.32	Beton karışımı ve tartıları için kullanılan ölççek kabı.....	45
Şekil 4.33	Beton üretiminde kullanılan betoniyer.....	45
Şekil 4.34	Kalıba dökülmüş beton numuneleri .....	46
Şekil 4.35	Kaplanarak korumaya alınmış taze beton numuneleri.....	46
Şekil 4.36	Beton numunelerin kalıplardan çıkarılması .....	47
Şekil 4.37	Kür ortamında bekletilen beton numuneleri .....	48
Şekil 4.38	Çökme deneyinde kullanılan kesik koni ve şişleme çubuğu .....	49
Şekil 4.39	Karıştırma kabı.....	50
Şekil 4.40	Taze betonda çökme mesafesi .....	51
Şekil 4.41	Taze beton çökme değerinin ölçülmesi.....	51
Şekil 4.42	Taze beton çökme biçimleri.....	52
Şekil 4.43	Deney kategorileri için ölçülen taze beton çökme değerleri.....	54
Şekil 4.44	Beton basınç deneyi cihazı ve sistemi .....	55
Şekil 4.45	Basınç Dayanım-Kesme Mukavemeti Test Programı kullanıcı ara yüzü...	56
Şekil 4.46	Beton numune örneği.....	57
Şekil 4.47	Beton numunelerin tartılması.....	57
Şekil 4.48	Beton numunesine göre tabla aralığının ayarlanması .....	58
Şekil 4.49	Yük uygulama yönünün beton döküm doğrultusuna dik olması .....	58
Şekil 4.50	Küp numunelerin tatmin edici kırılma şekilleri .....	59
Şekil 4.51	Küp numunelerin tatmin edici olmayan kırılma şekilleri .....	59
Şekil 4.52	Basınç deneyinde beton numunelerde görülen küçük hasarlar.....	60
Şekil 5.1	Elenmiş ince kalker katkılı betonların değişik yaşlardaki basınç dayanımları .....	66
Şekil 5.2	Öğütülmüş ince kalker katkılı betonların değişik yaşlardaki basınç dayanımları .	67
Şekil 5.3	Elenmiş kalker katkılı betonun yaş ve katkı oranlarına göre basınç dayanımları .	70
Şekil 5.4	Öğütülmüş kalker katkılı betonun yaş ve katkı oranlarına göre basınç dayanımları .....	70

Şekil 5.5	t=14 günlük beton numunelerinin kuru yoğunluk - basınç dayanımı değişimi ....	72
Şekil 5.6	t=28 günlük beton numunelerinin kuru yoğunluk - basınç dayanımı değişimi ....	73
Şekil 5.7	t=42 günlük beton numunelerinin kuru yoğunluk - basınç dayanımı değişimi ....	73
Şekil 5.8	t=56 günlük beton numunelerinin kuru yoğunluk - basınç dayanımı değişimi ....	74
Şekil 5.9	Deney numunesi beton kesit örnekleri.....	77

## ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 3.1	Gümüşhane Kale Köyü ve civarı kalker (kireçtaşı) kaynak bilgileri ..... 9
Çizelge 4.1	Gerçekleştirilen deney kategorileri ve katkı oranları ..... 12
Çizelge 4.2	Gerçekleştirilen deney dizisi numuneleri ve kür süreleri ..... 13
Çizelge 4.3	Basınç dayanımlarına göre değerlendirilmesi yapılan beton dizileri ..... 15
Çizelge 4.4	Doğal haldeki dere malzemesinin elek analizi sonuçları..... 23
Çizelge 4.5	CEM–I 42,5 R çimentosunun analiz raporu ..... 25
Çizelge 4.6	İnceltmiş kalker malzemesinin kimyasal özellikleri ..... 30
Çizelge 4.7	İnceltmiş kalker malzemelerin fiziksel özellikleri ..... 30
Çizelge 4.8	Deney dizilerini oluşturan beton karışımına dâhil edilen bileşenler ..... 33
Çizelge 4.9	Birim hacim (1000 dm <sup>3</sup> ) beton karışımı için bileşenler ..... 34
Çizelge 4.10	İnce kalker malzemesinin agrega içerisindeki kütleli miktarları..... 35
Çizelge 4.11	Eleme ile elde edilen ince kalkerin elek göz açıklığına göre kütleli sonuçları ..... 36
Çizelge 4.12	Öğütme ile elde edilen ince kalkerin elek göz açıklığına göre kütleli sonuçları ..... 36
Çizelge 4.13	İnce kalker katkı ile ikame edilerek eksiltelen agreganın elek göz açıklığına göre kütleli dağılımı ..... 37
Çizelge 4.14	İnceltmiş kalker katkı türü ve oranlarına göre elek üzerinde kalan agrega+kalker bileşiminin kütleli değerleri ..... 38
Çizelge 4.15	Katkı katılmış agrega kütle oranları ..... 39
Çizelge 4.16	Taze beton için çökme sınıfları ..... 52
Çizelge 4.17	Değişik kıvamdaki betonların çökme değerleri..... 53
Çizelge 4.18	Deney kategorilerinin kıvam değerleri ..... 53
Çizelge 4.19	Islak haldeki beton numunelerin kütle ve ortalama yoğunlukları ..... 62
Çizelge 4.20	Kuru haldeki beton numunelerin kütle ve ortalama yoğunlukları..... 63
Çizelge 4.21	Islak ve kuru beton numunelerin kütleli değişimi ..... 64
Çizelge 4.22	Beton deney numuneleri kırılma yükü ve ortalama basınç dayanımları.... 65
Çizelge 5.1	Elenmiş kalker katkılı beton(t <sub>28</sub> ) basınç dayanımı değişim oranları ..... 68

Çizelge 5.2	Öğütülmüş kalker katkılı beton( $t_{28}$ ) basınç dayanımı değişim oranları..	68
Çizelge 5.3	Kuru haldeki beton numunelerinin ortalama yoğunluk ve basınç dayanımları.....	71
Çizelge 5.4	Kıvam, s/ç ve basınç dayanımı karşılaştırması yapılacak 28 günlük beton numuneleri.....	75

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
$A_c$	Beton numunenin, üzerine basınç kuvveti uygulanan en kesit alanı
AŞ	Anonim Şirket
Bkz.	Bakınız
CEM	Çimento
DB	Deneme betonu
EKB	Elenmiş kalker katkılı beton
EN	Europeane Norm, Avrupa Standartları
$F$	Beton basınç deneyinde kırılma anında ulaşılan en büyük yük
$f_c$	Beton basınç dayanımı
g	Kütle birimi, gram
GÜ	Gümüşhane Üniversitesi
h	Taze beton çökme değeri
k	Beton agregası incelik modülü
$m$	Beton numunenin kütlesi
$M_ç$	Beton karışımına giren çimentonun kütlesi
MDF	Midium Density Fiberboard, orta yoğunlukta lif levha
$M_g$	Beton karışımına kum-çakılın kütlesi

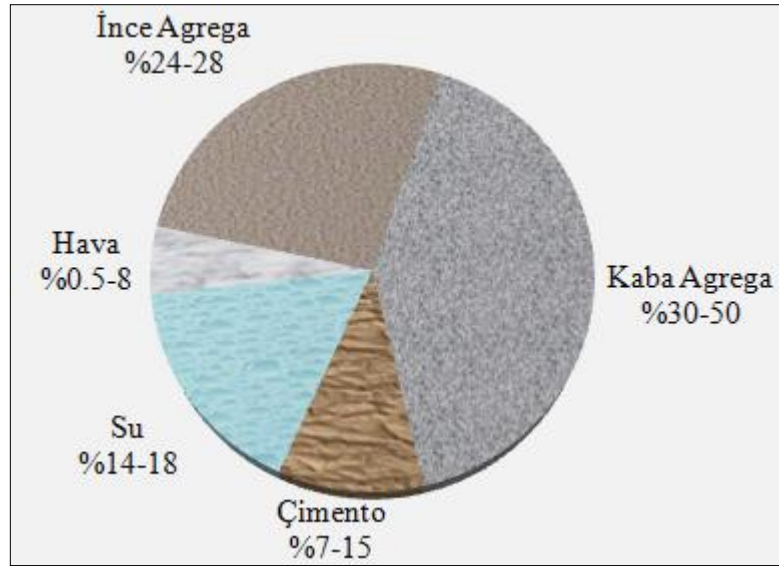


MTA	Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü
$M_w$	Beton karışımına giren suyun kütlesi
n	Numune sayısı
ÖKB	Öğütülmüş kalker katkılı beton
PVC	Polivinil Klorür, petrokimya ürünü polimer çeşidi
R	Çimentoda yüksek erken dayanım, korelasyon
Rs232	Recomended Standard 232, bilgisayar ile beton test cihazının haberleştiği seri iletişim standardı
S	Taze beton çökme sınıfı
s/ç	Su/çimento oranı
t	Beton numunelerin suda bekleme (kür) küresi
TB	Tanık beton
$t_i$	Suda bekleme süresi i gün olan beton numunesi
TS	Türk Standartları
vb	ve benzeri
V	Beton numunesinin hacmi
$\rho$	Betonun numunesinin yoğunluğu
$\rho_c$	Betonun karışımına giren çimentonun yoğunluğu
$\rho_g$	Betonun karışımına giren kum-çakılın yoğunluğu
$\rho_w$	Betonun karışımına giren suyun yoğunluğu(1 kg/dm <sup>3</sup> )

## 1 GİRİŞ

Uzun yıllardan beri en önemli yapı malzemesi olma özelliğini koruyan ve güncelliğini kaybetmeyen beton, inşaat uygulamalarında, özellikle mühendislik yapılarında bu önemini daha da artırmıştır. Bu yapılar arasında; yollar, sulama kanalları, köprüler, barajlar ve konutlar sayılabilir. Betonun tercih edilme nedeni; şekil verilebilme kolaylığı, fiziksel ve kimyasal kaynaklı dış etkilere karşı dayanıklılığı, ekonomik oluşu, üretimi ve yerine yerleştirmedeki kolaylık olarak sıralanabilir (Şimşek, 2009, s.21).

En genel ifade ile beton; çimento, agrega, su ve gerektiğinde bazı mineral ve/veya kimyasal katkı maddelerinin birlikte karıştırılmaları sonucunda elde edilebilen bir malzemedir (Erdoğan ve Erdoğan, 2006, s.1). Yapım tekniğine göre, şekil ve boyutları belirli kalıplara yerleştirilen ve bir süre sonra dayanım kazanmakta olan betonun karışımı belirli oranlara göre yapılır (Şekil 1.1).



Şekil 1.1 Betonun oluşturan malzemelerin yaklaşık hacimce oranları (Özkul, vd., 2004, s.28'den değiştirilerek).

Betonarme yapıların, alternatif malzemelerle inşa edilen diğer yapılara göre üstün yönleri, betonun tercih edilmesinin temel nedenidir. Çelik ve ahşaba nazaran betonarme yapıların rijitliği daha yüksek olup bu sayede sınırları aşan titreşimler ve büyük yer değiştirmeler oluşmamaktadır. Normal bir yangın etkisinde kalmış betonarme yapılarda ağır hasar meydana gelmemektedir. Çelik ve ahşaba göre, dış etkilere karşı daha dayanıklı olan beton elamanların ömrü daha uzun ve bakımları daha kolaydır. Kalıp işçiliği sayesinde betonarme taşıyıcı sistem elemanlarına istenilen şekil verilebilmekte, ahşap ve çelikte olduğu gibi elemanlarının birleşme sorunu olmamaktadır. Dayanımı yüksek olan beton ile yüksek yapılar yapmak mümkündür (Doğangün, 2009, s.5).

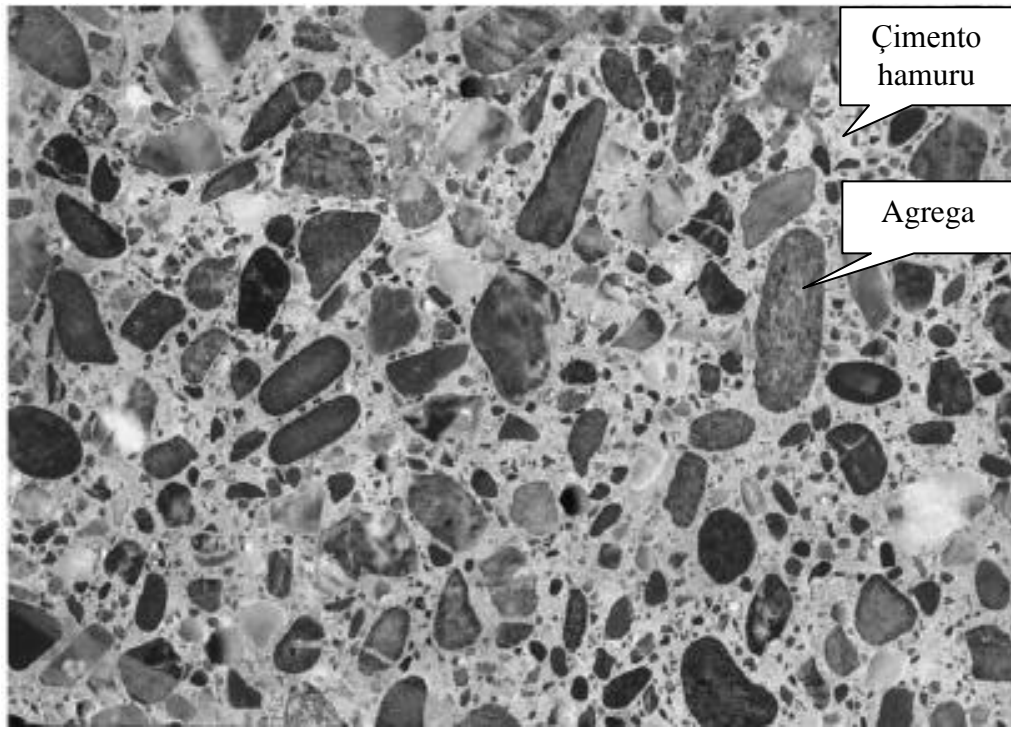
Beton yapımında kullanılan kum, çakıl, çimento gibi malzemeler, yerel koşullarda bile kolay temin edilebilmekte ve diğer malzemelere göre daha uygun fiyata sağlanabilmektedir. Bunun yanında, betonu oluşturan kaynakların kullanımının daha verimli hale getirilmesi, daha az çevre tahribatı ve daha az enerji tüketimi ile üretim yapılabilmesi için çaba gösterilmesi de kaçınılmaz bir olgudur.

Mühendislik ekonomisi bakımından üretim; bir fiziksel varlık üzerinde, onun değerini artıracak bir değişiklik yapmak yanında, hammadde ya da yarı mamulleri kullanılabilir bir ürüne dönüştürmektir (Kobu, 2003, s.3). Ekonomik bir değer olarak beton; kum, çakıl, çimento gibi fiziksel varlıkların birleşiminden meydana geldiği düşünülürse bu kaynakların kıt ve tükenebilir oluşu, elde edilişlerinde ortaya çıkan çevresel zararlar, harcanan emek ve enerji maliyeti gibi faktörlerin de dikkate alınması gerekir. Beton üretimi yapılırken, onun yararlılık değerini artıracak uygun maliyetli çözümleri aramak da bir gerekliliktir.

Betonda aranılan en önemli özellik, basınç mukavemeti olarak görülmektedir. Beton basınç mukavemetini etkileyen faktörlerden en önemlileri; agrega tane dayanımı ve granülometrisi, çimento standart dayanımı, su/çimento oranı ve betonun doluluk oranı olarak sıralanabilir. Betonun olabildiğince sıkı yapılı olması, onun mekanik dayanımının da yüksek olabileceğinin en önemli göstergesidir. Beton birim kütlelerinin yüksek olması için kaba agrega miktarının standart dağılım ölçüleri içerisinde mümkün olduğu kadar fazla olması gerekmektedir. Diğer taraftan ince agrega miktarının da kaba agrega boşluklarını doldurabilecek miktar ve dağılımda olması kaçınılmazdır (Arslan, 2001, s.6-8).

Karışıma dâhil edilen çimento, su ile birleşerek çimento hamurunu oluşturmaktadır. Çimento hamuru agrega tanelerinin yüzeyini kaplayarak aderansı sağladığı gibi taneler arasındaki boşlukları da kısmen doldurmaktadır (Şekil 1.2).

Bu işlevi ile çimento esas olarak bağlayıcılık görevini yapmakta; agrega ise, betonun asıl yük taşıma iskeletini oluşturan kum, çakıl, kırma taş gibi ince ve iri tanelerden meydana gelmektedir. Bu taneler genellikle doğal yollardan oluşmuş mineral malzemelerdir.



Şekil 1.2 Sertleşmiş beton kesiti(Mehta and Monteiro, 2005, p.22), çimento hamuru ve agrega

Çakıl ve kumun dayanımı hiçbir zaman çimento dayanımından daha düşük olmamalıdır. Agreganın dayanımı çimento dayanımından düşük olursa, yapılan betonun gücü çimento dayanımına erişilmeden agreganın kırılması ile tükenecektir. Bu durumda, karışım oranlarını değiştirerek veya çimento miktarını artırarak dayanımı yükseltmek olanaksız olacaktır (Ersoy ve Özcebe, 2001, s.5).

Buradan çıkan sonuç, beton dayanımının, ince malzeme ve çimentonun oluşturduğu hamurun agrega tanelerini bağlama gücüne ve agrega tanelerinin dayanımına bağlı olarak pekiştiğidir.

Çimentoyla suyun karışımından oluşan çimento hamuru zamanla katılaşıp sertleşerek agrega tanelerini birbirine bağlar ve yapıştırır. Böylece betonun dayanım kazanması da gerçekleşmiş olur.

Agrega tanelerinin arasında kalan boşluk miktarının olabildiğince az olmasının dayanımı artırıcı bir faktör olduğu açıktır. İnce malzemeler, çimentonun su ile hidrasyonu sırasında oluşan jeller arasındaki boşlukları doldurarak bağlayıcılık etkinliğini artırır (Özışık, 2000, s.98).

Böylece, boşlukların ince malzeme kullanılarak doldurulmasının gerekliliği açık bir biçimde ortaya çıkmaktadır. Bu durumda, kalker, tuf, uçucu kül, silis dumanı, cüruf vb kaynaklı öğütülmüş ince malzeme (taş unu) kullanımı ön plana çıkan bir olgudur. Ancak ince malzeme oranı, agregaların yük taşıma kapasitesini etkileyecek düzeyde de olmamalıdır.

Türkiye’de genellikle çimento fabrikalarına yakın mesafede olan ve büyük kaynağı bulunan ocaklardan kırmataş ile birlikte önemli miktarda kırmataş tozu da yan ürün olarak elde edilmektedir. Bu toz malzemenin ekonomiye kazandırılması anılan nedenlerle büyük önem taşımaktadır. Klinker ile birlikte öğütülerek veya ince toz haline dönüştürüldükten sonra çimentonun sınırlı bir bölümüyle yer değiştirilip kullanılması olanaklarının araştırılmasına gereksinim vardır. Böyle bir çaba, daha az yakıt kullanılmasını sağlayacak ve çevrenin daha az kirlenmesine katkıda bulunacaktır. Öte yandan, kalker tozu betonun ince agregasının bir bölümüyle yer değiştirilerek de kullanılabilir (Taşdemir ve Atahan, 1996, s.253).

Bu durumda, hem beton niteliğini yükseltme hem de iktisatlı üretim gerçekleştirme düşüncesi, uygun oranlarda ince taneli mineral malzeme kullanımını gerekli kılmaktadır.

Bu çalışmada öğütülmüş kalker tozu ve elenmiş (elek altı) kalker tozunun, beton basınç dayanımına ve kıvamına etkisi araştırılmıştır.

## 2 KONU ÜZERİNDE YAPILAN ARAŞTIRMALAR

Kalker, gerek beton agregası, gerekse ince malzeme olarak betona katılmaktadır. Kalker gibi doğal mineral maddelerin yanında; tuf, kül vb. volkanik ürünler de beton katkısı olarak kullanılmaktadır. Kalker agregası ve ince malzemelerin beton niteliğini, özellikle de dayanımını ve geçirimsizliğini nasıl etkilediği bazı çalışmalarda ortaya konulmuştur. Genel olarak ince taneli mineral katkıların betona sağladığı özellikler benzerdir. Bu ürünlerle yapılan ve literatüre girmiş bazı çalışmalardan elde edilen sonuçlar aşağıda sunulmuştur.

(Taşdemir ve Atahan, 1996), kalker fillerinin (taş unu) betonun mekanik özelliklerine ve dürabilitesine etkisini incelemiştir.

Yapılan çalışmada, çimento kütlelerinin %10'u kadar kalker fillerinin kullanımının betonun mekanik dayanımlarını fazla etkilemediği ortaya konulmuştur. Ancak; kalker fillerinin ince agreganın bir bölümü yerine kullanılabilmesi böylece betonda en zayıf halka olarak bilinen agrega-hamur ara yüzündeki boşlukların doldurulmasında kalker fillerinin önemli rol oynayacağı, bunun da betonun geçirimsizliği ve dayanıklılığı (dürabilitesi) için yararlı sonuçlar verebileceği belirtilmiştir. Ayrıca, kalker fillerinin kullanılmasıyla taze betonun özelliklerinin iyileştirilmesinin de olanaklı olacağı sonucuna varılmıştır.

Bundan başka, bazı filler malzemelerin fiyatlarının giderek yükselmesi ve yüksek dayanımlı betonlara ihtiyacın artması ile kalker fillerinin gibi kolay ve uygun fiyata sağlanabilir bir malzemenin değerlendirilmesinin zorunlu olacağı ifade edilmektedir.

Arıcı (1997), Van yöresindeki volkanik tufün beton agregası olarak kullanılabilirliğini, beton dayanımına etkisini ve hafif betonda uygulanabilirliğini incelemiştir. Yapılan deneysel çalışmalar sonunda, volkanik tufün beton agregası olarak kullanılabilmesi, agrega karışımına değişik oranlarda tuf katıldığında basınç

dayanımında %10'luk bir artış görüldüğü ve hafif beton üretiminde de olumlu sonuçlar elde edildiği belirtilmiştir

Oruç (1997), Gümüşhane-Torul Kalker taş ocağından elde edilen agrega malzemesinin asfalt betonu karışımında sağladığı kazanımı araştırmıştır. Yapılan çalışmada; seçilen agrega malzemesinin, granülometrisi, fiziksel özellikleri ve bağlayıcılık özelliklerinin her türlü iklim koşullarında ve ağır trafik yükü altındaki yollarda, asfalt betonun aşınma tabakasında ve diğer tabakalarda kullanılabilir nitelikte olduğu tespit edilmiştir.

Pul (2000), yaptığı çalışmada; Doğu Karadeniz bölümü kayaçlarından elde edilen agregalarla (granodiyorit, kalker vb) yüksek performanslı sınıfına giren betonlar üretilebildiğini, bunların yapılarda kullanılmasının bir çok yönden yararlı olabileceğini ortaya koymuştur.

Uluöz vd. (2004), kırma agregadaki taş unu ve kil miktarının beton niteliğine etkisini incelemişlerdir. Yapılan çalışmada; kırma kumun bünyesinde bulunan ince maddelerin miktar ve özelliklerinin, bu agregayı kullanarak üretilen betonun kalitesini doğrudan etkilediği belirtilmiştir. Kırma kum içerisinde belli bir miktar taş unu bulunmasının, beton niteliğine bir ölçüde katkıda bulunduğu, ancak miktarının artırılmasıyla birlikte, bağlayıcı özelliği olmayan bu maddenin beton içerisinde çeşitli sorunların ortaya çıkmasına neden olduğu ifade edilmiştir. Kırma kum karışımı içerisinde bulunan kilin ise beton için taş unuyla kıyaslanmayacak derecede tehlikeli boyutlarda sorun oluşturduğu sonucuna varılmıştır.

Özgan (2005), kırmataş agrega içerisindeki taş unu miktarının betonun basınç dayanımına etkisini incelemiştir. Yapılan çalışma sonucunda; %0, %5, %10 ve %15 oranlarda taş unu içeren beton numunelerinin basınç dayanımları arasında önemli derecede fark bulunduğu, agrega içerisindeki taş unu miktarı arttıkça betonun basınç dayanımının da arttığı gözlenmiştir. En yüksek basınç değerlerinin ise % 15 oranında taş unu ilave edilmiş olan numunelerde olduğu görülmüştür. Ancak taş unu miktarının (%'sinin) hangi orandan sonra betonun basınç dayanımını azalttığına ayrıca yapılacak deneysel çalışmalarla belirlenmesi gerektiği ifade edilmiştir.

Bundan başka, taş ununun betonun içerisindeki boşlukları doldurarak betonun doluluk oranını arttırdığı ve bu nedenle de beton basınç dayanımını olumlu yönde etkilediği ifade edilmiştir. Taş unu miktarının belli bir orandan fazla olması durumunda

ise agreganın yıkanması gerekeceği, bununla birlikte, betonun basınç dayanımını arttırdığı için beton üretiminde ince agrega olarak belli bir orana kadar kullanılabilceği sonucuna varılmıştır.

Binici vd. (2009), Osmaniye-Tüysüz tufünün hafif beton üretiminde kullanılabilirliğini araştırmışlardır. Yapılan çalışmada; Tüysüz tüfleri ile üretilen hafif betonların 7 günlük dayanım değerleri, normal agregalarla üretilen betonun basınç dayanımlarından daha düşük, ancak 28 günlük dayanım değerlerinin ise buna çok yakın çıktığı ve Tüysüz tufünün hafif beton üretiminde kullanılabilceği sonucuna varılmıştır.

Çavdar ve Yetgin (2010a; 2010b), Yetgin ve Çavdar (2011), yaptıkları çalışmalarda; hazırladıkları çimento harcı örneklerine kalker ve diğer puzolanik bileşenler ilave etmiş ve sonuç olarak kalker katkısının basınç dayanımı ve aşınma direncine katkı sağladığını, kalker katkısı ilave edilen örneklerin çevresel etkilere karşı dirençlerinin basınç dayanımına paralel olarak arttığını tespit etmişlerdir.

Bu ve benzer çalışmalara bakıldığında, sonuçlarda farklılıklar olmakla birlikte ince öğütölmüş malzemenin çimentonun yanında beton karışımında yer alması betona, dayanım, işlenebilirlik ve birçok koşul altında dayanıklılık özellikleri ile yüksek nitelik kazandırdığı açık bir şekilde anlaşılmaktadır.



### 3 ÇALIŞMANIN AMACI VE KAPSAMI

Son yirmi yıl içerisinde beton teknolojisinde kaydedilen yeni gelişmelerin başında iki önemli konu göze çarpmaktadır:

1. Dayanım sınıfı yüksek ve saldırgan ortamlarda (çevresel etkilerde) daha dirençli yüksek başarılı (performanslı) beton üretimine sıkça başvurulması,
2. Buna bağlı olarak işlenebilirlik koşullarının, diğer bir anlatımla taze betonun kıvamının, su/çimento oranının düşürülmesine karşın iyileştirilmesi yoluna gidilmesi.

Şu halde, gerek dayanım sınıfının gerekse dayanıklılığının üst düzeyde sayılabilmesi için betona ayrıca yüksek değerlilikte iki özelliğin kazandırılması kaçınılmazdır:

1. Beton basınç dayanımı yüksek olmalıdır ( $\geq C 30/37$ ).
2. Beton sıkı yapılı ve olabildiğince geçirimsiz bir özelliğe sahip olmalıdır.

Ancak beton teknolojisinde bilinen bir gerçek vardır: Betonun kendisinden beklenen bu özelliklere sahip olabilmesi için öncelikle sık donatı aralıklarından kendiliğinden geçebilecek (TS 500, 2000, s.11) ve kalıp içerisinde rahatlıkla yerleşebilecek bir kıvamda olması gerekmektedir.

Bu amaca yönelik olarak agrega tane boyutu düşürülürken, kum incesi ( $\leq 0.125$  mm), ince elenmiş ya da öğütülmüş mineral bileşenin artırılması yoluna gidilmektedir. Bu sonuca göre; toplamında inceltilecek ( $\leq 22$  mm ya da  $\leq 16$  mm) agrega tane dağılımının ihtiyaç duyacağı yüksek oranda çimento miktarında bilinen nedenlerle azaltma yapmak ve taze betonun yeterince kayganlık kazanabilmesi için betona ince öğütülmüş kayaç unu karıştırma yöntemine başvurulmaktadır.

Genellikle az ya da çok oranda “puzolanik” özellik gösteren bu malzemeler geç de olsa kısmen tepkimeye girerken “mikro” boşlukları etkin bir biçimde doldurarak beton dayanımının yükselmesini ve geçirimsizliğin düşürülmesini sağlamış olmaktadır.

Gerek TS EN 206 gerekse TS EN 197 bu çeşit malzemeleri, volkanik kayalar, bunlardan özellikle tüfler, yüksek fırın cürufu, uçucu kül, silis dumanı vb olarak sıralarken kalker tozunu da bunların arasında saymaktadır.

Söz konusu kaynakların, anılan nedenlerle beton teknolojisinde uygulanabilirliği ve yararlılığı bu çalışmada sınırlı sayılabilecek örneklemelerle de olsa evrensel bilim ilkelerine göre ortaya konulmaya çalışılacaktır. Böylece az gelişmiş olan yöreye ayrıca ekonomik bir değer de kazandırılmış olacaktır.

Bu gerçekten yola çıkarak, Gümüşhane yöresi kalker taşının, hem öğütülerek hem de konkasörde kırılmış yığından eleme yoluyla elde edilerek betona katılması ile elde edilecek sonuçların irdelenmesi gereklilik arz etmektedir.

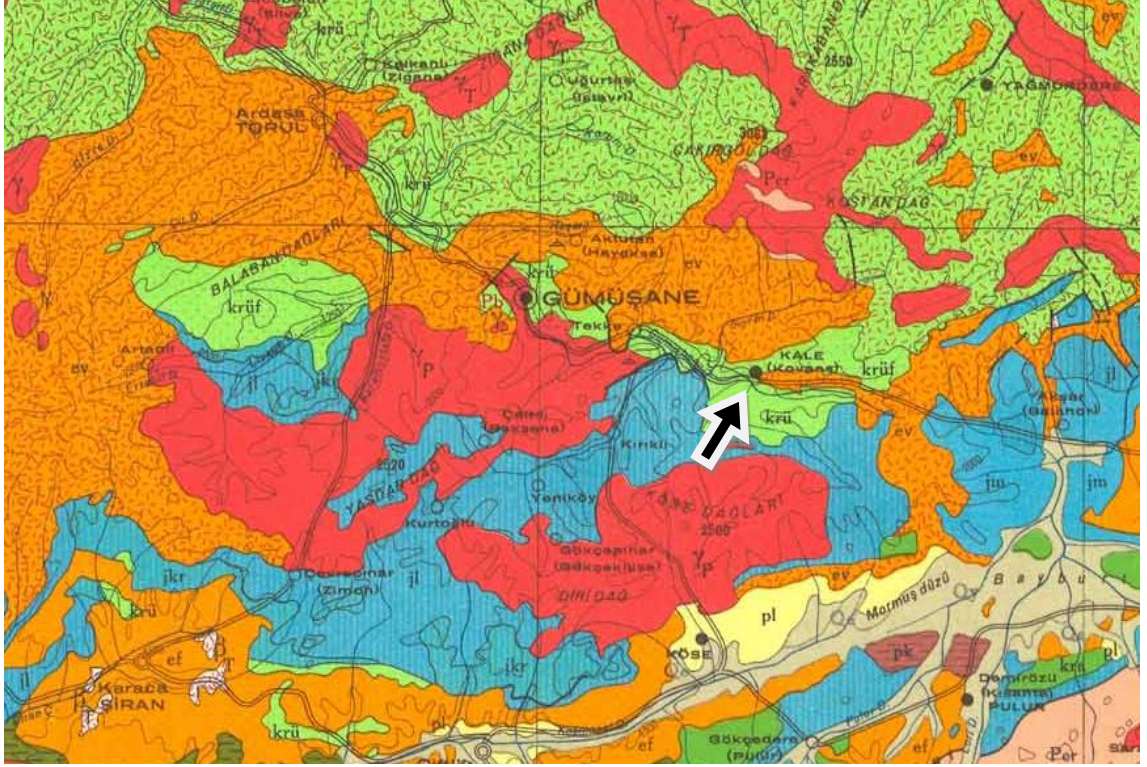
Gümüşhane ili çevresi inşaat mühendisliği malzeme kaynakları bakımından zengin bir yöredir. Bu yöredeki kaynakların mühendislik malzemesi olarak kullanımına yönelik çalışmalar mevcuttur (Çavdar, 2004; Yetgin and Çavdar, 2006; Çavdar and Yetgin, 2007).

Çavdar ve Yetgin (2006; 2007), Gümüşhane ve çevre illerden aldıkları tuf örneklerinin çimentoda puzolanik malzeme olarak kullanılabilirliğini inceledikleri çalışmalarında bu yöre tüflerinin çimentoda puzolanik malzeme olarak kullanılacak özellikleri fazlasıyla sağladığını tespit etmişlerdir.

Bu çalışmaya konu olan kalker kaynağı, MTA Genel Müdürlüğü'nün "Gümüşhane İli Maden ve Enerji Kaynakları" raporunda ([www.mta.gov.tr/v1.0/turkiye\\_maden/maden\\_potansiyel\\_2010/Gumushane\\_Madenler.pdf](http://www.mta.gov.tr/v1.0/turkiye_maden/maden_potansiyel_2010/Gumushane_Madenler.pdf), 19.04.2011) yer almıştır (Çizelge 3.1). Adı geçen kalker kaynağının Gümüşhane ili Jeolojik haritasındaki yeri Şekil 3.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1 Gümüşhane Kale Köyü ve civarı kalker (kireçtaşı) kaynak bilgileri

Kaynak adı	KİREÇTAŞI (Kçt)
Yeri	Kale Bucağı (Çukut Mev.) Sahası
Tenör	% 54 CaO, % 1 SiO <sub>2</sub> , % 0.05 MgO
Rezerv	65.520.000 ton mümkün rezerv



Şekil 3.1 Gümüşhane yöresi jeolojik haritası (www.mta.gov.tr, 14.04.2011), kalker kaynağının yeri

Bu bilgiler ışığında, Gümüşhane ili Kale köyü civarından sağlanmış olan kalker taşının, inceltilerek betona ilave edilmesiyle üretilen numunelerin, kıvam ve basınç dayanımı özelliklerindeki değişiminin incelemesi, çalışmanın esas amacını teşkil etmektedir.

Bunun için, öğütülmüş kalker ve taş kırma tesisinden alınan kalker tozu, çimento miktarının kütlece belirli oranlarında karıştırılarak laboratuvarında üç kategoride beton numuneleri üretilmiştir. Birinci kategori, tanık beton olup karışımında ince mineral katkı kullanılmamıştır. İkinci ve üçüncü kategoriler, sırasıyla öğütülmüş ve kırılmış taş tozunun (elenmiş malzeme), çimento kütlesi temel alınarak %5, %10, %15 ve %20 oranlarında karışıma dâhil edilmesi ile üretilmiştir. Her bir kategoride farklı diziler oluşturacak 4'er adet numune üretilmiş ve bu numuneler 14, 28, 42 ve 56'şar gün kür ortamında bekletilmiştir.

Başlangıçta elde edilen uygun bir agrega granülometrisi bütün beton dizilerinde sabit tutulmuştur. Katılan ince malzeme, kum-çakıl granülometri eğrilerinde başlangıçta elde bulunan tane boyutu dağılımına göre az da olsa değişikliğe neden olmuştur. Bu

durum değerlendirmelerde dikkate alınmıştır. Tüm karışımlarda imento ve kum-çakıl kütleleri birlikte sabit tutulmuştur.

Sabit bir granülometri ve sabit bir su/imento oranı yanında farklı oranlarda karışıma dâhil edilen ince mineral katkı (kalker tozu) ile üretilen beton numunelerin başlangıç kıvamları ile basınç dayanımlarının katkı miktarı ve zamana göre değişimleri karşılaştırmalı olarak irdelenecektir.

Bu amaca yönelik olarak için başında elde bulunan kum-çakıl, ince malzeme (taş unu) ve imento bileşenleri ayrı ayrı bir takım n deneylerden geçirilerek beklenen özelliklerin doğrulaması yapılmıştır. Bu deneylerde malzemelerin fiziksel, kimyasal ve mineralojik özellikleri belirlenecek, bunlarla da betonun basınç dayanımı arasında bağlantı kurulmaya çalışılacaktır.

## 4 YAPILAN DENEYLER

### 4.1 Gerçekleştirilen Deney Dizisi Üzerine Düşünceler

Gerçekleştirilen deney dizisinden beklenen, ince taneli kalker malzemesinin beton kıvamını ve basınç dayanımını ne ölçüde değiştirdiğini ortaya koymaktır.

Bunun için deneylerde agrega olarak kullanılan dere malzemesinin öncelikle elek analizi yapılarak tane dağılımı ortaya çıkarılmıştır.

Her bir deney kategorisi için üretilen taze betonun kıvamı, serbest çökme deneyi yapılarak belirlenmiştir.

Agrega granülometrisi değiştirilmeden, kalker taşının öğütülmüşü ve konkasör tesisinden alınan inceltmiş hali belirli oranlarda betona karıştırılarak farklı kategorilerde bileşimler oluşturulmuştur. Her kategorideki katkı miktarları, çimento miktarının kütlece belirli oranlarında agrega ile birlikte ikâme edilerek beton karışımına dâhil edilmiştir. Deneyler; deneme betonu (DB), tanık beton (TB), elenmiş kalker katkılı beton (EKB) ve öğütülmüş kalker katkılı beton (ÖKB) şeklinde kategorize edilmiştir (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1 Gerçekleştirilen deney kategorileri ve katkı oranları

		İnce kalker katkı ( % çimento kütlesi)				
		0	5	10	15	20
Deney kategorileri	Deneme betonu (DB)	✓				
	Tanık beton (TB)	✓				
	Elenmiş kalker katkılı beton (EKB)		✓	✓	✓	✓
	Öğütülmüş katkılı beton (ÖKB)		✓	✓	✓	✓
		✓ : gerçekleştirilen deney kategorisi				

Deney kategorilerinde elde edilen veriler, farklı diziler halinde değerlendirilerek sonuçları ayrıca irdelenmiştir.

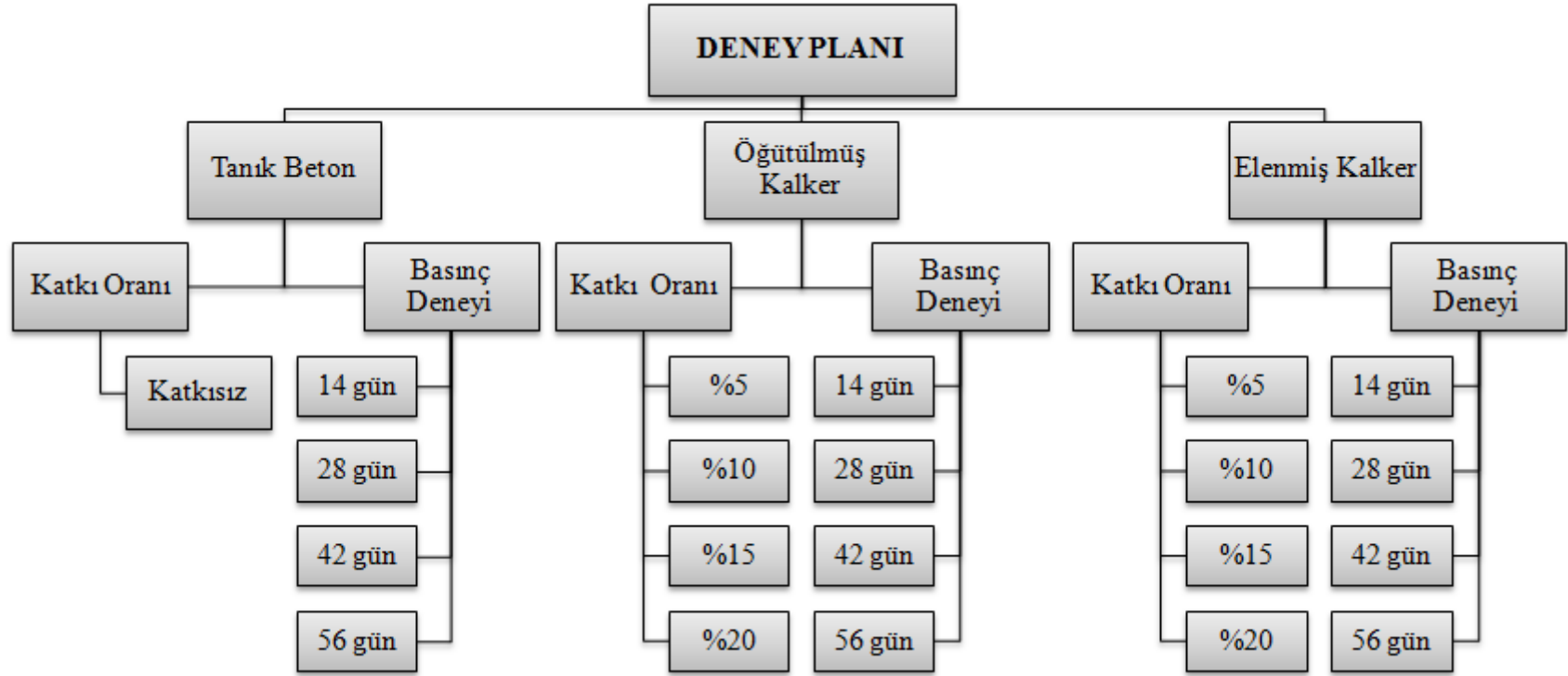
Birinci kategoride ele alınan beton tank beton olup bileşiminde katkı kullanılmamıştır. İkinci ve üçüncü kategorilerde beton bileşimine katkı ilave edilmiş olup, öğütülmüş ve elenmiş kalker taşı tozunun farklı oranlarda karışıma dâhil edilmesi ile numuneler üretilmiştir. Bu oranlar, çimento kütlelerinin %5, %10, %15 ve %20'si olacak şekilde tasarlanmıştır. Katkı türü ve oranlarına göre oluşturulan deney dizilerinin her birinde 4'er adet olmak üzere toplam 144 adet numune üretilerek 14, 28, 42 ve 56 günlük sürelerle kür ortamında bekletilmiştir.

Gerçekleştirilen deney dizilerine ait, katkı oranı, numune sayısı (n), kür amacıyla gün olarak suda bekletilme süresi (t), Çizelge 4.2'de verilmiştir.

Çizelge 4.2 Gerçekleştirilen deney dizisi numuneleri ve kür süreleri

	Katkı oranı (% çimento kütlesi)									
	0		5		10		15		20	
	n	t	n	t	n	t	n	t	n	t
TB	4	14								
	4	28								
	4	42								
	4	56								
EKB			4	14	4	14	4	14	4	14
			4	28	4	28	4	28	4	28
			4	42	4	42	4	42	4	42
			4	56	4	56	4	56	4	56
ÖKB			4	14	4	14	4	14	4	14
			4	28	4	28	4	28	4	28
			4	42	4	42	4	42	4	42
			4	56	4	56	4	56	4	56
Toplam:	16		32		32		32		32	

Üretimi yapılan ve kür ortamında saklanan numuneler, bir plan (Şekil 4.1) dâhilinde basınç deneyine tabi tutulmuştur. Bütün numuneler deneyden önce tartılarak kütleleri belirlenmiş, test cihazında kuvvet uygulanarak elde edilen basınç dayanım sonuçları değerlendirilmek üzere kayıt altına alınmıştır.



Şekil 4.1 Basınç dayanımı tayini için deney planı

Gerçekleştirilen deney kategorilerinden elde edilen veriler belirtilen dizilere (Çizelge 4.3) göre ayrı ayrı değerlendirmeye tabi tutulmuştur.

Çizelge 4.3 Basınç dayanımlarına göre değerlendirilmesi yapılan beton dizileri

Dizi	Dizi ölçütü				Açıklama
	t <sub>14</sub>	t <sub>28</sub>	t <sub>42</sub>	t <sub>56</sub>	
1	t <sub>14</sub>	t <sub>28</sub>	t <sub>42</sub>	t <sub>56</sub>	TB
2	t <sub>14</sub>	t <sub>28</sub>	t <sub>42</sub>	t <sub>56</sub>	%5 EKB
3	t <sub>14</sub>	t <sub>28</sub>	t <sub>42</sub>	t <sub>56</sub>	%10 EKB
4	t <sub>14</sub>	t <sub>28</sub>	t <sub>42</sub>	t <sub>56</sub>	%15 EKB
5	t <sub>14</sub>	t <sub>28</sub>	t <sub>42</sub>	t <sub>56</sub>	%20 EKB
6	t <sub>14</sub>	t <sub>28</sub>	t <sub>42</sub>	t <sub>56</sub>	%5 ÖKB
7	t <sub>14</sub>	t <sub>28</sub>	t <sub>42</sub>	t <sub>56</sub>	%10 ÖKB
8	t <sub>14</sub>	t <sub>28</sub>	t <sub>42</sub>	t <sub>56</sub>	%15 ÖKB
9	t <sub>14</sub>	t <sub>28</sub>	t <sub>42</sub>	t <sub>56</sub>	%20 ÖKB
10	TB	%5 EKB	%5 ÖKB		14 gün kür
11	TB	%5 EKB	%5 ÖKB		28 gün kür
12	TB	%5 EKB	%5 ÖKB		42 gün kür
13	TB	%5 EKB	%5 ÖKB		56 gün kür
14	TB	%10 EKB	%10 ÖKB		14 gün kür
15	TB	%10 EKB	%10 ÖKB		28 gün kür
16	TB	%10 EKB	%10 ÖKB		42 gün kür
17	TB	%10 EKB	%10 ÖKB		56 gün kür
18	TB	%15 EKB	%15 ÖKB		14 gün kür
19	TB	%15 EKB	%15 ÖKB		28 gün kür
20	TB	%15 EKB	%15 ÖKB		42 gün kür
21	TB	%15 EKB	%15 ÖKB		56 gün kür
22	TB	%20 EKB	%20 ÖKB		14 gün kür
23	TB	%20 EKB	%20 ÖKB		28 gün kür
24	TB	%20 EKB	%20 ÖKB		42 gün kür
25	TB	%20 EKB	%20 ÖKB		56 gün kür

Başlangıçta elde edilen uygun bir agrega granülometrisi, bütün beton dizilerinde sabit tutulmuştur. Ancak, katılan ince malzeme kum-çakıl ile ikâme edildiğinden granülometri eğrilerinde başlangıç durumuna göre küçük oranlarda değişimler olmuştur. Bu durum değerlendirmelerde dikkate alınmıştır. Tüm karışımlarda çimento ve kum-çakıl kütleleri sabit tutulmuş olup su/çimento oranı değiştirilmemiştir.



Sabit bir granülometri, sabit bir su/çimento oranı ve farklı oranlarda karışıma dâhil edilen ince mineral katkı (kalker) miktarı ile üretilen betonların, çökme değeri sonuçları kayıt altına alınmış, diğer kategorilerde üretilen betonlar ile karşılaştırılarak irdelenmiştir.

## 4.2 Beton Bileşimi için Kullanılan Malzemeler

Bu çalışmada güdülen temel amaç, inceltmiş kalkerin beton basınç dayanımını ne ölçüde etkilediğini ortaya koymaktır. Bunun için, doğal yoldan parçalanmış ve taşınmış dere malzemesi ve CEM-I türü Portland Çimentosu kullanılması tercih edilmiştir.

### 4.2.1 Kalker katkısı

Deneylerde kullanılacak kalker maddesi, bölgenin yüksek kalker kaynağının değerlendirilmesi amacıyla kireç fabrikasının (Şekil 4.2) kurulu olduğu Gümüşhane ili Kale köyü civarındaki kalker ocağından temin edilmiştir (Şekil 4.3). Kalker ocağının il haritasındaki yeri Şekil 4.4'de gösterilmiştir.



Şekil 4.2 Gümüşhane-Kale Begim kireç fabrikası

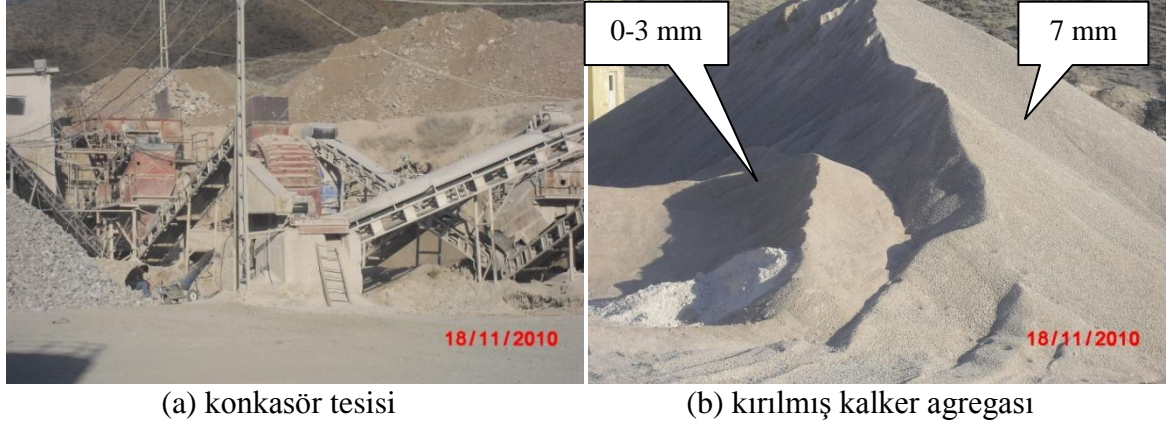


Şekil 4.3 Kalker kayaçlarının alındığı taş ocağı



Şekil 4.4 Kalker ocağının Gümüşhane il haritasındaki konumu (<http://www.kgm.gov.tr>, 10 Aralık 2010)

Adı geçen ocak ürünü olan kalker, konkasörde (Şekil 4.5a) kırılarak 0-3 mm ve 7 mm boyutlarında yığınlar halinde depolanmaktadır (Şekil 4.5b).



Şekil 4.5 Numunelerin kırıldığı konkasör tesisi ve kırılmış kalker agregası yığınları

#### 4.2.2 Kum çakıl (dere malzemesi)

Deneyde kullanılan dere malzemesi, Harşit Çayı yatağında yer alan Gümüşhane ili Torul ilçesi ve Pirahmet köyü mevkilerinden alınmıştır (Şekil 4.6).



Şekil 4.6 Dere malzemesi temin edilen yerlerin Gümüşhane il haritasındaki konumu (<http://www.kgm.gov.tr>, 10 Aralık 2010)

Torul mevkii malzemesinden iki ölçek, Pirahmet mevkii malzemesinden bir ölçek alınıp karıştırılarak tek yığın haline getirilen malzeme, 16 mm elekten geçirilmiş ve el yordamıyla yıkanarak yabancı maddelerden (kil, humus vb) arındırılmıştır. Bu malzeme, deneylere başlamadan önce deneylerin yapılacağı mahalde muşamba kaplı bir alana serilerek kurutulmuştur (Şekil 4.7).



Şekil 4.7 Yıkanmış dere malzemesinin kurutulması

#### 4.2.3 Kullanılan çimento

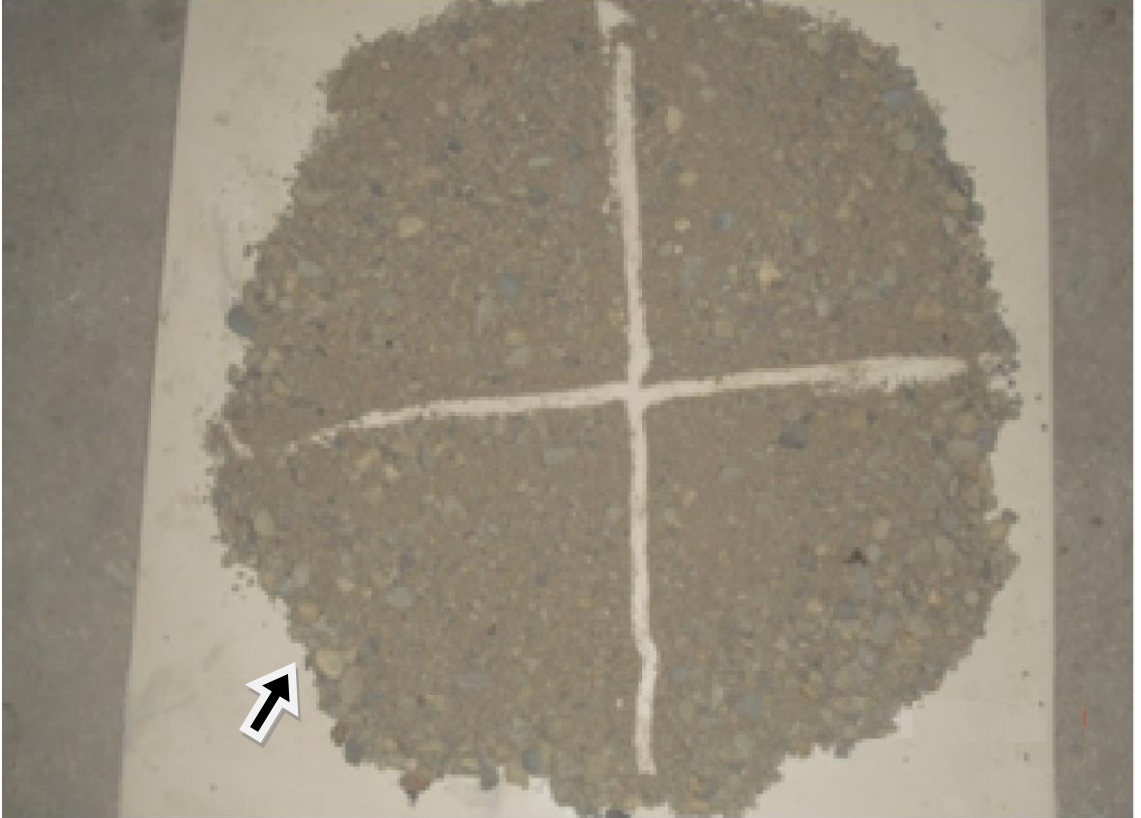
Çimento, Aşkale Çimento AŞ'ne ait Gümüşhane fabrikasından temin edilmiştir. Gümüşhane fabrikası klinker üretmemektedir. Genelde bağlı şirketin, Aşkale Çimento fabrikasından gönderilen klinker burada öğütülerek açık ya da paketlenmiş olarak piyasaya sunulmaktadır. Standartlara (TS EN 197-1, 2002) göre üretilmiş CEM I 42,5 R (yüksek erken dayanımlı) Portland Çimentosu, fabrikadan ilk üretim aşamasında silodan alınmış, deney mahalline getirilerek geçirimsiz naylon torba içerisinde muhafaza edilmiştir.

### 4.3 Seçilen Agregaya Karışımı

Elde edilen ve deney yapılabilir duruma getirilen dere malzemesinin tane dağılımı hakkında fikir edinebilmek için öncelikle elek analizi deneyi yapılmıştır.

Numune olarak elde edilen büyük agregaya yığınının daha küçük numuneye dönüştürebilmek için çeyrekleme veya bölgeç aygıtını kullanarak numune küçültme yöntemleri kullanılır (Erdoğan, 2003, s.70-71).

Yığın haldeki malzemenin muhtelif kısımlarından alınan kum-çakıl örnekleri önce dört çeyrek parçaya bölünmüştür (Şekil 4.8). Sonra çapraz karşılıklı iki çeyrek kısım karıştırılarak bölme makinesinde (Şekil 4.9) tekrar bölünmüştür. Aynı işlem üç kez tekrar edilerek yaklaşık 10 kg numune elde edilmiştir.



Şekil 4.8 Numunenin çeyrekleme



Şekil 4.9 Numune bölme makinesi (bölgeç)

#### 4.3.1 Elek analizi deneyi

Çeyrekleme ve bölgeç kullanılarak elde edilen numune örneği, 16-8-4-2-1-0.5-0.25 mm lik eleklerden (Şekil 4.10) sarsma işlemine tabi tutularak (Şekil 4.11) elenmiştir. Elek üzerinde kalan malzeme miktarları (Şekil 4.12), tartı aletinde yığışimli olarak tartılmıştır.



Şekil 4.10 Elek takımı (16-8-4-2-1-0.5-0.25 mm dizisi)



Şekil 4.11 Numune eleme aleti



Şekil 4.12 Eleme sonucu elek üstü ve tavada kalan malzemeler

#### 4.3.2 Elek analizinin değerlendirilmesi

Elek analizi ile elde edilen sonuçlar, elek açıklıklarına göre kalan ve geçen agreganın kütleli değerleri, yüzdelik oranları ve öngörülen referans değerler (TS 706, 1980), toplu bir şekilde Çizelge 4.4’de gösterilmiştir.

Doğal haldeki dere malzemesinin incelik modülü (k), ayrıca hesaplanarak çizelgede gösterilmiştir.

İncelik modülü, elekler üzerinde kalan agreganın yığışimli yüzdelерinin toplamının 100’e bölünmesi ile elde edilen ve betonu oluşturan agreganın gradasyon özelliği hakkında bilgi sağlayan deneye dayalı bir sayısal değerdir (Erdoğan, 1995, s.77).

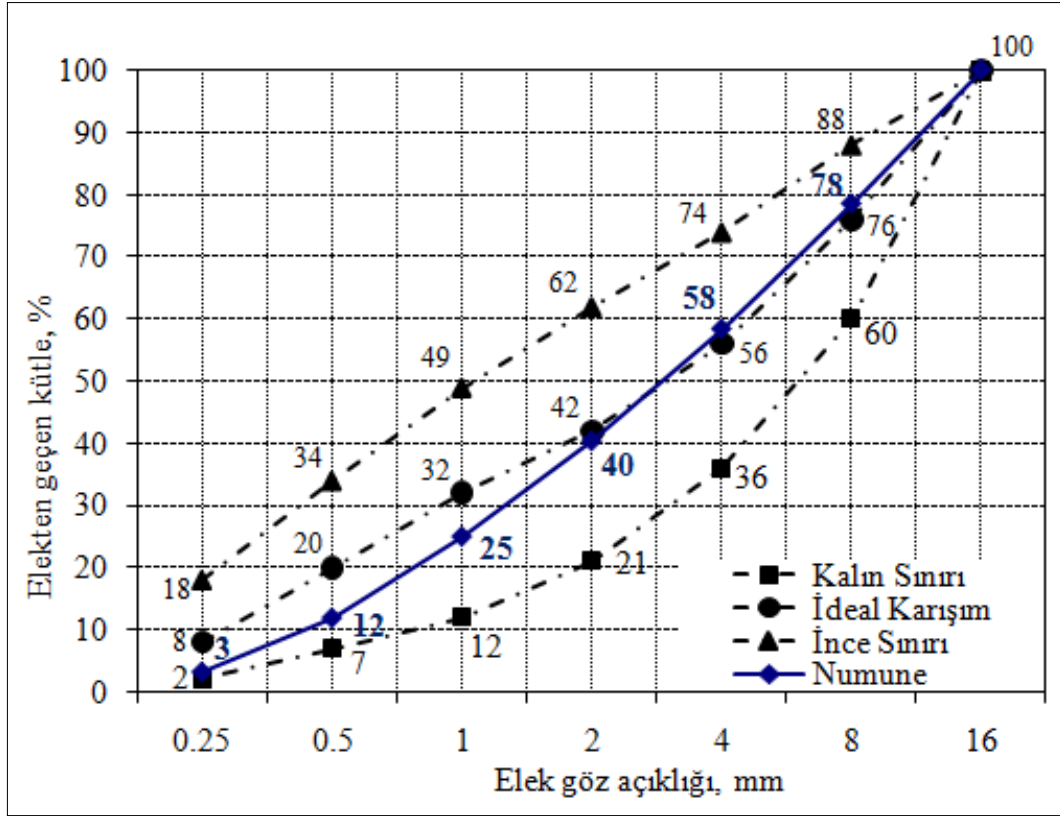
Çizelge 4.4 Doğal haldeki dere malzemesinin elek analizi sonuçları

Numune miktarı: 9510 g.								
Elek göz açıklığı, mm	Elekte kalan kütle, g	Elek üstünde kalan toplam kütle, g	Elekten geçen toplam kütle, g	Elekten geçen kütle oranı, %	Elekte kalan kütle oranı, %	Referans değerler		
						Kalın sınırı (A eğrisi)	İdeal dağılım (B eğrisi)	İnce sınırı (C eğrisi)
16	0	0	9510	100	0	100	100	100
8	2050	2050	7460	78	22	60	76	88
4	1916	3966	5544	58	42	36	56	74
2	1714	5680	3830	40	60	21	42	62
1	1462	7142	2368	25	75	12	32	49
0.5	1244	8386	1124	12	88	7	20	34
0.25	828	9214	296	3	97	2	8	18
Tava	296			Toplam:	383			
İncelik modülü: $k = 383 / 100 = 3,83$								

Elek açıklığı ve elekten geçen kütle değerleri kullanılarak elde edilen tane dağılımı (Şekil 4.13) sonuçları, TS 706'ya uygun olarak karışım oranlarının olması gereken alt ve üst sınırlarını belirleyen referans granülometri eğrileriyle karşılaştırılarak değerlendirilmiştir.

Yapılan değerlendirmeye göre, tane dağılımı, ideal kabul edilen değerlerden az da olsa sapma göstermekle birlikte, uygun sayılabilir sınırlar içerisinde kalmıştır. Bu dağılıma göre, temin edilen dere malzemesinin beton üretimi için birçok açıdan uygun olduğu görülmektedir.





Şekil 4.13 Denede kullanılan dere malzemesinin başlangıç tane dağılımı

Beton basınç dayanımı tayini için, karışımından deney numunesi üretilecek olan dere malzemesinin tane dağılımı uygun olmakla beraber, deney kategorilerine eklenecek olan elenmiş ve öğütülmüş kalker, ince malzeme miktarında bir artışa neden olacaktır. Buna karşın, tank numunede mevcut kum-çakıl miktarı diğer deney dizileri için de sabit tutulmuş olup ince malzeme ilavesiyle tane dağılımında küçük ölçüde değişimler gözlemlenmiştir. Agrega ile ikâme edilerek katılan ince malzemenin, tane dağılımını ne şekilde etkilediğine dair dağılım eğrileri bölüm 4.7’de verilmiştir.

#### 4.4 Agreganın Petrografik Özellikleri

Beton numunelerinin üretileceği agrega, doğal dere malzemesidir. Karışımında; granit çakılları, granitoid parçaları, andezit çakılları gibi magmatik kayaç türleri ile kireç taşı ve silt taşı parçalarından oluşan tortul kayaç çeşitleri de bulunmaktadır.

Yığın halindeki dere malzemesinin hacimsel olarak çoğunluğunu kireç taşı oluşturmaktadır. Kireç taşından başka hacimsel büyüklük sırasına göre; granit çakılları

ve granitoid parçaları, andezit çakılları ve az miktarda da olsa silt taşı parçaları mevcuttur.

Genel olarak köşeli, yuvarlak ve oval tane şekillerinin mevcut olduğu agrega karışımında, “mm” boyutundan “cm” boyutuna kadar değişen kayaç parçaları bulunmaktadır.

#### 4.5 Seçilen Çimento Çeşidi ve Özellikleri

Aşkale Çimento AŞ'nin Gümüşhane Fabrikasında üretilen CEM-I 42.5 R türü çimento 11.12.2010 tarihli sürümünden alınmıştır. Fabrikanın kayıtlı verilerinden alınan analiz raporu (Çizelge 4.5), bu çimentonun standartlara (TS EN 197-1, 2002) uygun olduğunu göstermektedir.

Çizelge 4.5 CEM–I 42,5 R çimentosunun analiz raporu (Gümüşhane Çimento)

Kimyasal Analizler		Fiziksel Deneyler		
SiO <sub>2</sub>	22.31	İncelik	0.09mm elek üstü %m	1.1
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.09		Özgül kütle(g/cm <sup>3</sup> )	3.10
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.58		Özgül yüzey(cm <sup>2</sup> /g)	3800
CaO	60.67	(Birim kütle), Litre ağırlık (g) <sup>*</sup>		1096
MgO	2.07	Katılaşma başlangıcı(saat-dk) <sup>*</sup>		1s-59dak.
SO <sub>3</sub>	2.41	Katılaşma sonu(saat-dk) <sup>*</sup>		2s-49dak.
K.K.	2.30	Hacim genleşmesi(mm) <sup>*</sup>		2
Na <sub>2</sub> O + 0,658K <sub>2</sub> O <sup>*</sup>	0,62	Basınç dayanımı (ortalama) (N/mm <sup>2</sup> )	2.gün	28.0
Cl	0,0284		7.gün	49.0
Ölçülemeyen	2.92		28.gün	60.0
(*) Aşkale Çimento Fabrikası deneyleri				

TS EN 197-1'e göre üretilmiş olan CEM I 42,5 R çimentosu, Gümüşhane Çimento Fabrikasından ilk üretim aşamasında silodan alınmış, deney mahalline getirilerek geçirimsiz naylon torba içinde muhafaza edilmiştir.

#### 4.6 Seçilen İnce Taneli Katkı Çeşitleri ve Özellikleri

Deneyde kullanılan kalker katkısı, Gümüşhane ili Kale köyü yöresindeki ocaktan çıkarılan kayaların kırılarak inceltilmesi ile elde edilmiştir. Böylece beton katkısı olarak kullanılan ve iki farklı incelikte bulunan kalker malzemesinden birincisi, konkasör yardımıyla 0-3 mm boyutlarında küçültülen tane yığınınından elenerek elde edilmiştir (Şekil 4.14). Bu malzeme, “elenmiş kalker katkısı” olarak anılmıştır.



Şekil 4.14 Eleme ile kalker numunesi elde edilmesi

İkinci malzeme ise, adı geçen kalker hammaddesinin Aşkale Çimento AŞ'nin Trabzon Çimento Fabrikasında öğütülmesi ile elde edilmiştir. Bu malzeme, öğütme değirmeninde (Şekil 4.15), 39 dakika öğütülerek inceltirilmiştir.

Böylelikle, iki farklı tane boyutundaki ince katkı malzemesinin (Şekil 4.16) incelik özellikleriyle gerek taze beton kıvamına gerekse beton dayanımına katkısı anlaşılmış olacaktır.



Şekil 4.15 Kalker malzemesinin inceltildiği öğütme değirmeni



( a ) elenmiş

( b ) öğütülmüş

Şekil 4.16 İnceltilmiş kalker malzeme örnekleri

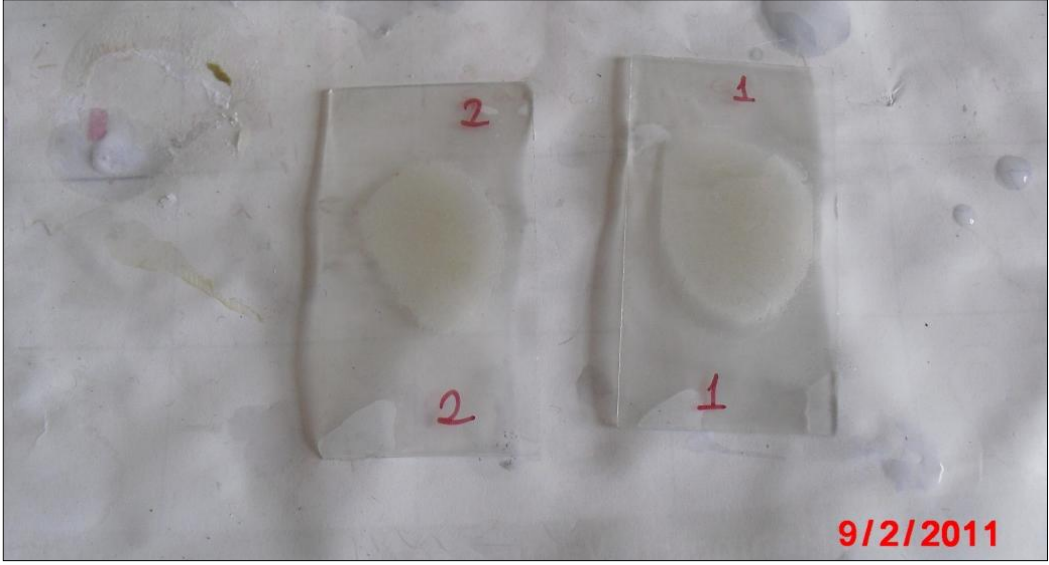
Şekil 4.17’de görülen kalker kayaç parçaları, G.Ü. Jeoloji Mühendisliği Bölümü İnce Kesit laboratuvarında kesilerek (Şekil 4.18) ince kesitleri (Şekil 4.19) çıkarılmış, Leica model mikroskopla fotoğrafları çekilmiştir (Şekil 4.20).



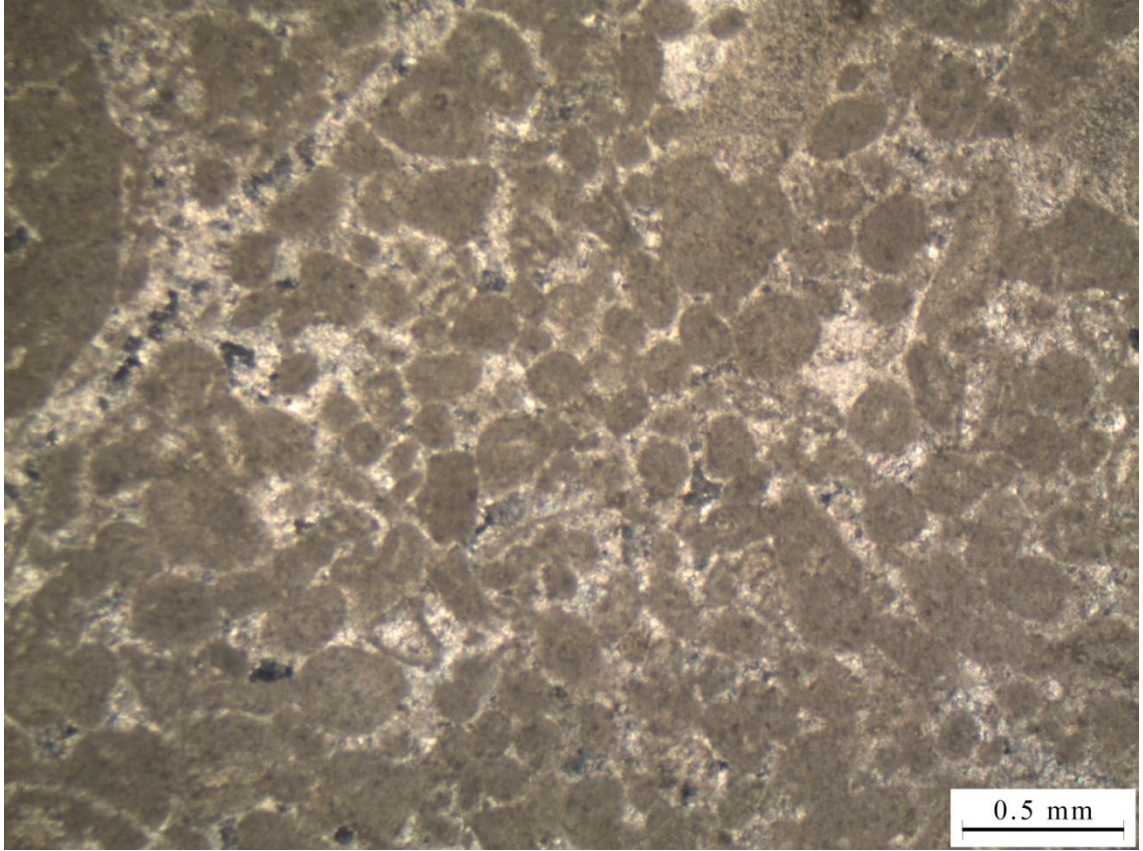
Şekil 4.17 İnce kesiti çıkartılan kayaç örnekleri



Şekil 4.18 Taş kesme makinesi



Şekil 4.19 Kalker kayacı ince kesit örnekleri



Şekil 4.20 Kalker ince kesit mikroskop görüntüsü

İnce kesitler üzerinde yapılan değerlendirmeye göre kayaç çimentosu sparittir. Bileşenlerinde çatlak dolgusu şeklinde kalsit minerali bulunmaktadır. Folk (1962)'e göre, incelenen numune "00sparit" olarak adlandırılabilir bir kayadır.

Beton katkısı olarak kullanılan inceltmiş kalker malzemesi, Aşkale Çimento AŞ'nin Trabzon ve Gümüşhane fabrikalarında kimyasal ve bazı fiziksel deneylere tabi tutulmuştur.

İnce kalker katkı malzemesinin kimyasal özellikleri Çizelge 4.6'da, fiziksel özellikleri ise Çizelge 4.7'de verilmiştir.

Çizelge 4.6 İnceltmiş kalker malzemesinin kimyasal özellikleri

Bileşen	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	K.K.	Toplam
Oran(%)	0,70	0,31	1,09	54,48	0,41	0,16	0,30	0,00	42,00	99,45
K.K. : Kızdırma kaybı										

Çizelge 4.7 İnceltmiş kalker malzemelerin fiziksel özellikleri

		Elenmiş	Öğütülmüş
İncelik:	45 mikron elek üstünde kalan, %	82.0	44.9
	90 mikron elek üstünde kalan, %	70.0	15.1
	200 mikron elek üstünde kalan, %	30.0	4.5
Kuru birim kütle (g/cm <sup>3</sup> )		2.66	2.66
Özgül kütle (g/cm <sup>3</sup> )		2.72	2.72
Özgül yüzey (cm <sup>2</sup> /g)		973	4785

İncelik deneyi, numunelerin alpin elek sisteminde (Şekil 4.21) sırasıyla 45, 90 ve 200 mikron göz açıklığı olan elek takımından elenmesi ve elek üstünde kalan miktarların hassas tartı aletinde tartılmasıyla gerçekleştirilmiştir. Özgül yüzey ölçümü ise Blaine cihazı (Şekil 4.22) ile yapılmıştır.



Şekil 4.21 Alpin elek sistemi



Şekil 4.22 Blaine özgül yüzey ölçüm cihazı



#### 4.7 Beton Bileşim Hesabı ve Değişen Bileşim Oranları; Tanık Beton ve Diğerleri

Beton numunesi üretiminde karışıma girecek olan malzemelerin kütle miktarlarının belirlenebilmesi için öncelikle kum çakıl karışımının tane birim kütlelerinin ölçülmesi gerekir.

Bir cismin kuru kütlelerinin görünen hacme oranı birim hacim kütleleri veya kısaca birim kütle olarak ifade edilir (Onaran, 1993, s.271).

Dolayısı ile birim kütle, kuru malzeme kütlelerinin hacmine oranıdır. Bu durumda; deneyler için kullanılan dere malzemesinin birim kütleleri, yığın ve kuru haldeki kum çakıl taneleri arasındaki boşluklar da dâhil bir birim hacminin kütleleri olacaktır.

Laboratuvar ortamında serilerek kurutulan dere malzemesinin birim hacim kütlelerinin tayin edilebilmesi için  $0.37 \times 0.27 \times 0.25 = 0.025 \text{ m}^3$  hacmindeki bir kaba, kum çakıl doldurularak tartılmıştır. Toplam 55.5 kg tartı ölçülmüş, kabın 14.2 kg olan darası düşüldükten sonra net kum çakıl kütleleri 41.3 kg olarak bulunmuştur.

Bu verilere göre dere malzemesinin yığın haldeki birim hacminin kütleleri:  $41.3 / 0.025 = 1652 \text{ kg/m}^3$  ( $1.65 \text{ kg/dm}^3$ ) olarak hesap edilmiştir. Bu değer, kum-çakıl birim hacim kütleleri için öngörülen  $1600 \text{ kg/m}^3$  değerinin (Genel Teknik Şartname, 1985, s.7) biraz da üstündedir.

Bundan başka, dere malzemesinin kuru birim kütleleri ise  $2,68 \text{ kg/dm}^3$  olarak ölçülmüştür.

Bu sonuçlara göre deneylerde kullanılacak dere malzemesi, birim kütle yönünden şartname kayıtlarına uygunluk arz etmektedir.

Deneyler için belirlenen  $320 \text{ kg/m}^3$  çimento miktarına göre her bir deney dizisinde 7.5 kg çimento ve 46.6 kg kum-çakıl kullanılmıştır. Bu durumda, her bir deney dizisinde; küp numuneler, çökme deneyi ve bir miktar malzeme kaybı için yaklaşık  $25 \text{ dm}^3$  taze beton üretilmiştir.

Deneyler başlamadan önce su/çimento oranı 0.53 olarak öngörülmüştür. Buna göre gerekli su miktarı  $0.53 \times 7.5 = 4 \text{ kg}$  (4 litre) olarak hesap edilmiştir.

Öngörülen bu değerlerin uygunluğunun tespiti için oluşturulan karışım ile deneme amaçlı beton üretilmiştir. Üretilen ilk betonun kıvamının oldukça katı olduğu

gözlemlenmiştir. Taze betondan alınan numune ile çökme deneyi yapılmış ve çökme değeri 3.5 cm ölçülmüştür. Çökme değerinin, başlangıç üretimi için 10 cm civarında olmasının daha uygun olacağı düşüncesiyle su miktarı artırılarak başka denemeler de yapılmıştır. Su miktarı 4.75 litre olan karışımlarda hedeflenen çökme değeri civarında kıvam sonuçları alınmıştır. Böylece su ve çimento miktarları değiştirilmeden tüm deney dizilerinde  $s/\ç=4.75/7.5=0.63$  olarak sabit tutulmuştur.

Beton katkısı olarak kullanılan inceltilmiş kalker malzemesi miktarları, her bir dizide kütlece çimento ile oranlanarak bulunmuştur. Kalkerden elde edilen ince katkı malzemesi agrega olarak düşünülebileceği için her bir deney dizisinde söz konusu kalker miktarı kum çakıl karışımına ikâme edilmiştir. Bu hesaplamalar sonucu elde edilen bilgiler Çizelge 4.8’de verilmiştir.

Çizelge 4.8 Deney dizilerini oluşturan beton karışımına dâhil edilen bileşenler

Beton türü	Katkı % si	Kalker katkı (% çimento) (kg )	Kum-çakıl ( kg )	Çimento ( kg )	Su ( litre )	Su/çimento
Deneme	0	0	46.6	7.5	4.00	0.53
Tanık	0	0	46.6	7.5	4.75	0.63
Katkılı	5	0.375	46.2	7.5	4.75	0.63
	10	0.750	45.8	7.5	4.75	0.63
	15	1.125	45.5	7.5	4.75	0.63
	15	1.125	45.5	7.5	5.75 <sup>1)</sup>	0.77 <sup>1)</sup>
	20	1.500	45.1	7.5	4.75	0.63
<sup>1)</sup> Yinelenmiş deney						

Fikir vermesi bakımından, birim ölçüsü 1000 dm<sup>3</sup>(1 m<sup>3</sup>) olan sıkıştırılmış beton için karışıma dâhil edilmesi gereken bileşenler, oranlama ile hesaplanarak Çizelge 4.9’da verilmiştir. Çizelgedeki verilere göre, 1 m<sup>3</sup> sıkıştırılmış betonda bulunacak karışım elemanlarının miktarları aşağıdaki bağıntı (TS 802, 1985, s.10) ile bulunabilir.

$$\frac{M_{\ç}}{\rho_{\ç}} + \frac{M_g}{\rho_g} + \frac{M_w}{\rho_w} + \text{Hava} = 1000 \text{ dm}^3 \quad (4.1)$$

Çizelge 4.9 Birim hacim (1000 dm<sup>3</sup>) beton karışımı için bileşenler

Beton türü	Katkı % m	Kalker katkı (% çimento) (kg)	Kum-çakıl (kg)	Çimento (kg)	Su (litre)	Su/çimento
Deneme	0	0	1845	320	170	0.53
Tanık	0	0	1845	320	200	0.63
Katkılı	5	16	1829	320	200	0.63
	10	32	1813	320	200	0.63
	15	48	1797	320	200	0.63
	15	48	1797	320	245 <sup>1)</sup>	0.77 <sup>1)</sup>
	20	64	1781	320	200	0.63
1)Yinelenmiş deney						

Deney numunelerinin elde edildiği betonu oluşturan bileşenlerin hacimsel değerleri 4.1 numaralı bağıntıda yerine konularak hapsolünmüş hava miktarı aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$\text{Hava} = 1000 - \left[ \frac{320}{3.10} + \frac{1845}{2.68} + \frac{200}{1.00} \right] = 8.4 \text{ dm}^3$$

Elde edilen boşluk(hava) miktarı, ilgili standartta(TS 802, 1985, Çizelge.6) tavsiye edilen %2 hapsolünmüş hava miktarının biraz da altındadır.

Bundan başka, ince kalker katkının dâhil edilmesi ile agrega tane dağılımı değişecektir. Bu değerlendirmenin yapılabilmesi için elek analizinde kullanılan ve kütlesi 9510 g olan agrega numunesine tekabül eden ince kalker katkı miktarların da bilinmesine ihtiyaç vardır.

Bununla ilgili örnek hesaplama şöyledir:

Deney numunesi agrega kütlesi : 46600 g

Elek analizi numunesi agrega kütlesi: 9510 g

Kütlesel oran : 9510 / 46600 = %20.4

Deney numunesi, %5 katkı : 375 g

Elek analizi numunesi, % 5 katkı : %20.4 x 375 = 77 g

Bu şekilde hesaplanan kütleli katkı miktarları “kg” cinsinden Çizelge 4.10’da verilmiştir. Çizelgede, karşılaştırma amacıyla 1 m<sup>3</sup> beton ve deney dizilerinde kullanılan yaklaşık 25 dm<sup>3</sup> beton için kalker katkı miktarları da ayrıca verilmiştir.

Çizelge 4.10 İnce kalker malzemesinin agregaya içerisindeki kütleli miktarları

	Agrega kütlesi, kg.	İnce kalker malzemenin agregaya içindeki kütlesi, kg.				
		Tanık	% 5 katkı	% 10 katkı	% 15 katkı	% 20 katkı
1 m <sup>3</sup> beton	1845	0	16	32	48	64
Deney numunesi	46.6	0	0.375	0.750	1.125	1.5
Elek analizi numunesi	9.51	0	0.077	0.153	0.230	0.306

İnceltilmiş kalker malzemesi, agregaya ile ikâme edilmiştir. Bu durumda, kalker malzemesinin katkı oranına göre agregaya dağılımı da dolaylı olarak değişmektedir. Bu değişimi görebilmek amacıyla, eleme yöntemiyle elde edilen ince kalker malzemesinden 1220 g, öğütme yöntemiyle elde edilen ince kalker malzemesinden ise 756 g'lık numuneler sırası ile 1mm, 0.5mm ve 0.25mm'lik eleklerde elenerek elek üzerinde kalan miktarları bulunmuştur.

Katkı oranına göre elek çapına tekabül eden kütleli miktarlar ayrıca hesaplanmıştır.

Örnek bir hesaplama aşağıda verilmiştir.

Eleme kalker numune kütlesi	: 1220 g
0.5 mm elek üzerinde kalan kütle	: 173 g
Kütleli oran	: $173 / 1220 = \% 14.2$
Elek analizi numunesi, %5 katkı	: 77 g
0.5 mm eleğe tekabül eden kütle	: $\%14.2 \times 77 = 11 \text{ g}$

Eleme yöntemiyle elde edilen kalker katkısının, elek analizi deneyinde kullanılan agregaya için elek çaplarına tekabül eden kütleli miktarları benzer şekilde hesaplanarak Çizelge 4.11'de verilmiştir.

Çizelge 4.11 Eleme ile elde edilen ince kalkerin elek göz açıklığına göre kütlesele sonuçları

Katkı malzemesi eleme sonuçları			Elek çapına tekabül eden kütle, g.			
Elek göz açıklığı, mm	Elek üzerindeki kütle, g.	Kütle oranı, %	%5 katkı (77 g.)	%10 katkı (153 g.)	% 15 katkı (230 g.)	%20 katkı (306 g.)
1	0	0	0	0	0	0
0.5	173	14.2	11	22	33	44
0.25	193	15.8	12	24	36	49
Tava	854	70.0	54	107	161	214
Toplam:	1220	100	77	153	230	306

Öğütme yöntemiyle elde edilen kalker katkısının da elek analizi deneyinde kullanılan agrega için elek çaplarına tekabül eden kütleleri de aynı şekilde hesaplanarak sonuçları Çizelge 4.12’de verilmiştir.

Çizelge 4.12 Öğütme ile elde edilen ince kalkerin elek göz açıklığına göre kütlesele sonuçları

Katkı malzemesi eleme sonuçları			Elek çapına tekabül eden kütle, g.			
Elek göz açıklığı, mm	Elek üzerindeki kütle, g.	Kütle oranı, %	%5 katkı (77 g.)	%10 katkı (153 g.)	% 15 katkı (230 g.)	%20 katkı (306 g.)
1	0	0	0	0	0	0
0.5	0	0	0	0	0	0
0.25	0	0	0	0	0	0
Tava	756	100	77	153	230	306
Toplam:	756	100	77	253	230	306

Elek analizinin, değişen katkı oranlarına göre karşılıklı incelenebilmesi için katkı olarak karışıma dâhil edilen ince kalker malzemenin, çaplarına göre elek üzerinde kalan kütlesele değerlerinin bilinmesine ihtiyaç vardır. Bunun yanında, ikame sonucu agrega numunesinin toplam kütlelerinden düşülen kum-çakıl karışımının da çaplarına göre elek üzerinde kalan kütlesele değerlerinin bilinmesi gerekir. Bu sonuçlara, ayrı ayrı

elek analizi yapılarak ulaşılabilse de, tanelerin ölçü kaybına uğrayacağı düşüncesiyle bu bilgilerin hesap sonucu elde edilmesi daha uygun görülmüştür.

Hesaplama ile ilgili örnek bilgi aşağıda verilmiştir:

Toplam deney numunesi	: 9510 g
8 mm elek üzerinde kalan kütle	: 2050 g
Kütlesel oran	: $2050 / 9510 = \% 21.6$
Elek analizi numunesi, %5 katkısı	: 77 g
8 mm eleğe tekabül eden katkı	: $0.216 \times 77 = 17$ g

Diğer bütün hesaplamalar bu şekilde yapılmış ve elde edilen değerler Çizelge 4.13’de, her bir deney kategorisi için farklı katkı tür ve oranlarına göre, elek üzerinde kalan agrega kütleleri ise toplu olarak Çizelge 4.14’de verilmiştir.

Çizelge 4.13 İnce kalker katkı ile ikame edilerek eksiltelen agreganın elek göz açıklığına göre kütleel dağılımı

Elek göz açıklığı, mm	Elek üzerinde kalan kütle, g.	Kütlesel oran, %	Elek numarasına tekabül eden agrega kütleleri			
			%5 katkı ikamesi	%10 katkı ikamesi	%15 katkı ikamesi	%20 katkı ikamesi
16	0	0.0	0	0	0	0
8	2050	21.6	17	33	50	66
4	1916	20.1	15	31	46	62
2	1714	18.0	14	28	42	55
1	1462	15.4	12	23	35	47
0.50	1244	13.1	10	20	30	40
0.25	828	8.7	7	13	20	27
Tava	296	3.1	2	5	7	9
Toplam:	9510	100.0	77	153	230	306

Çizelge 4.14 İnceltilmiş kalker katkı türü ve oranlarına göre elek üzerinde kalan agrega+kalker bileşiminin kütleli değerleri

Elek göz açıklığı, mm	Elek üzerinde kalan kütle, g	Eksilen agrega, g	İlave edilen kalker, g	Kalker katkı kütle, g	Eksilen agrega, g	İlave edilen kalker, g	Kalker katkı kütle, g	Eksilen agrega, g	İlave edilen kalker, g	Kalker katkı kütle, g	Eksilen agrega, g	İlave edilen kalker, g	Kalker katkı kütle, g
		%5 eleme kalker ilavesi			%10 eleme kalker ilavesi			%15 eleme kalker ilavesi			%20 eleme kalker ilavesi		
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	2050	17	0	2033	33	0	2017	50	0	2000	66	0	1984
4	1916	15	0	1901	31	0	1885	46	0	1870	62	0	1854
2	1714	14	0	1700	28	0	1686	42	0	1672	55	0	1659
1	1462	12	0	1450	23	0	1439	35	0	1427	47	0	1415
0.50	1244	10	11	1245	20	22	1246	30	33	1247	40	43	1247
0.25	828	7	12	833	13	24	839	20	36	844	27	49	850
Tava	296	2	54	348	5	107	398	7	161	450	9	214	501
Toplam:	9510	77	77	9510	153	153	9510	230	230	9510	306	306	9510
		%5 öğütme kalker ilavesi			%10 öğütme kalker ilavesi			%15 öğütme kalker ilavesi			%20 öğütme kalker ilavesi		
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	2050	17	0	2033	33	0	2017	50	0	2000	66	0	1984
4	1916	15	0	1901	31	0	1885	46	0	1870	62	0	1854
2	1714	14	0	1700	28	0	1686	42	0	1672	55	0	1659
1	1462	12	0	1450	23	0	1439	35	0	1427	47	0	1415
0.50	1244	10	0	1234	20	0	1224	30	0	1214	40	0	1204
0.25	828	7	0	821	13	0	815	20	0	808	27	0	801
Tava	296	2	77	371	5	153	444	7	230	519	9	306	593
Toplam:		77	77	9510	153	153	9510	230	230	9510	306	306	9510

Tanık beton üretiminde kullanılan agreganın karışımının tane boyutu dağılımı ile katkı oranına göre kategorize edilen diğer betonların, agreganın tane dağılımlarının karşılaştırmalı olarak değerlendirilebilmesi için eleklerden geçen agreganın kütleleri ve kütle oranları hesaplanmıştır.

%10 katkı oranına göre örnek hesap aşağıdaki gibidir.

4 mm elek üzerinde kalan kütle :  $2017 + 1885 = 3902$  g

4 mm elekten geçen kütle :  $9510 - 3902 = 5608$  g

Elekten geçen kütle oranı :  $5608 / 9510 = \%59$

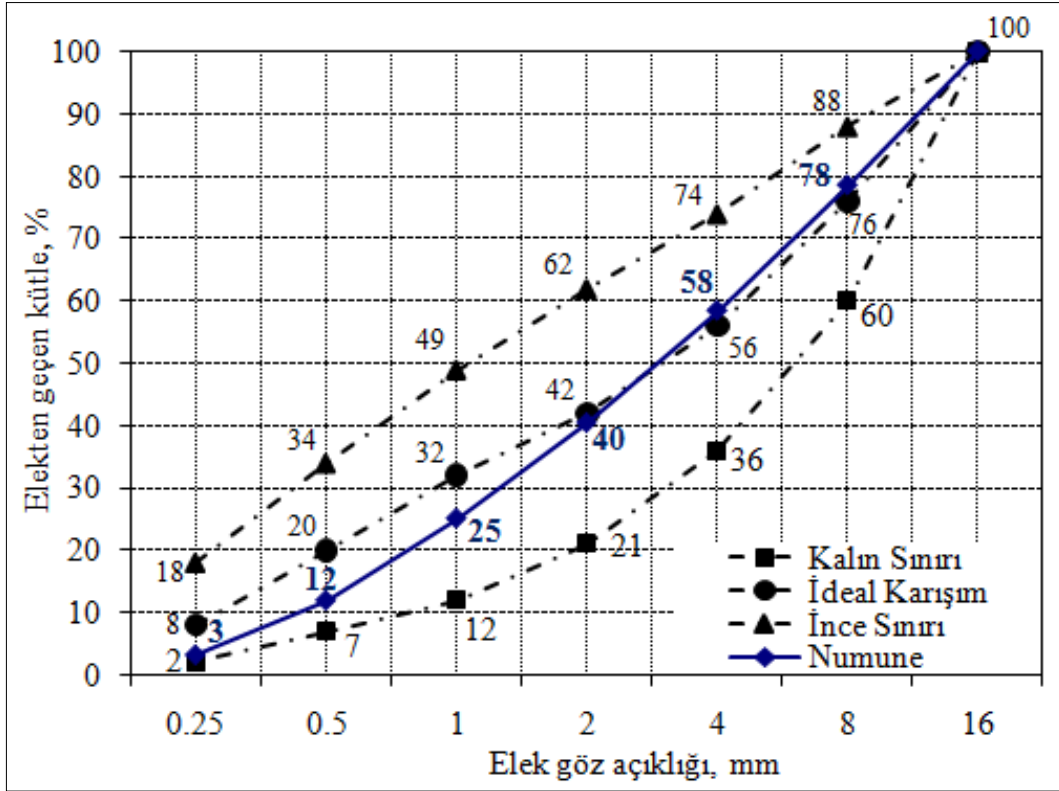
Diğer hesaplamalar benzer şekilde yapılarak sonuçlar toplu halde Çizelge 4.15'te verilmiştir. Bilgi vermesi bakımından, incelik modülleri de ayrıca hesaplanarak çizelgede gösterilmiştir.

Çizelge 4.15 Katkı katılmış agreganın kütle oranları

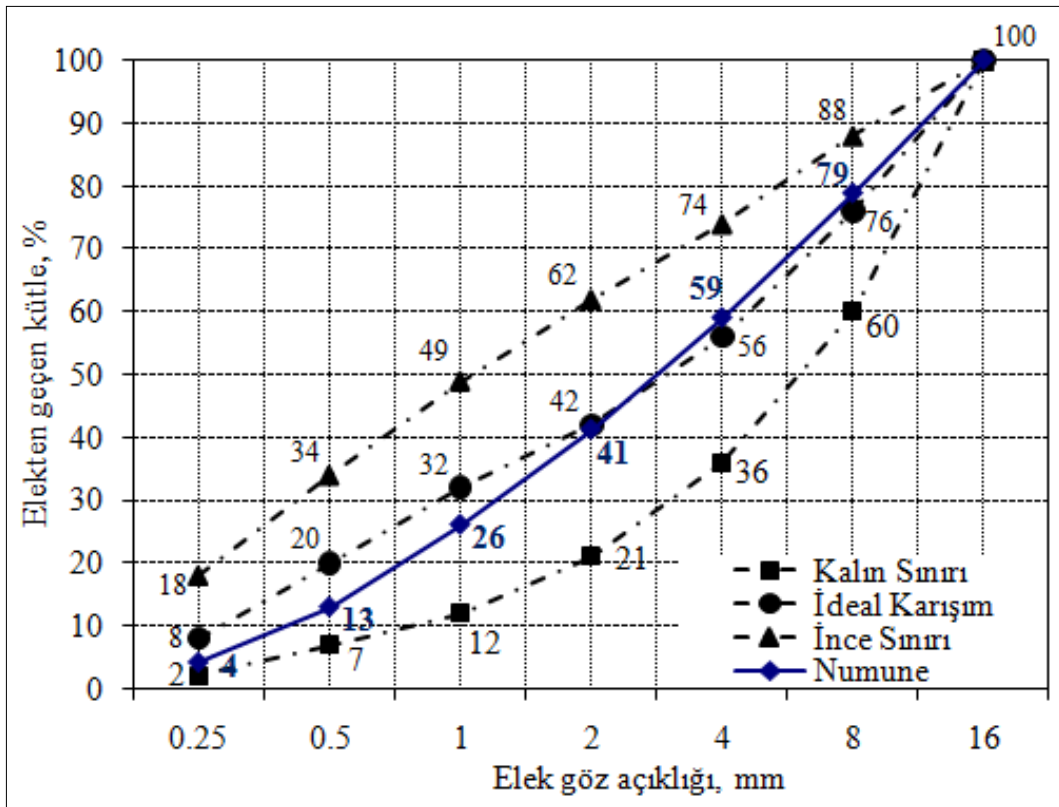
Elek göz açıklığı, mm	Elekten geçen kütle oranı, %							
	Elenmiş kalker malzemesi				Öğütülmüş kalker malzemesi			
	%5 katkı	%10 katkı	%15 katkı	%20 katkı	%5 katkı	%10 katkı	%15 katkı	%20 katkı
16	100	100	100	100	100	100	100	100
8	78	79	79	79	79	79	79	79
4	58	59	59	60	59	59	59	60
2	40	41	42	42	41	41	42	42
1	25	26	27	27	26	26	27	27
0.5	12	13	14	14	13	13	14	15
0.25	3	4	5	5	4	5	5	6
k =	3.83	3.79	3.75	3.72	3.79	3.77	3.74	3.71

Bu verilere göre her bir kategori için tane dağılım eğrileri Şekil 4.23...4.30'de verilmiştir.

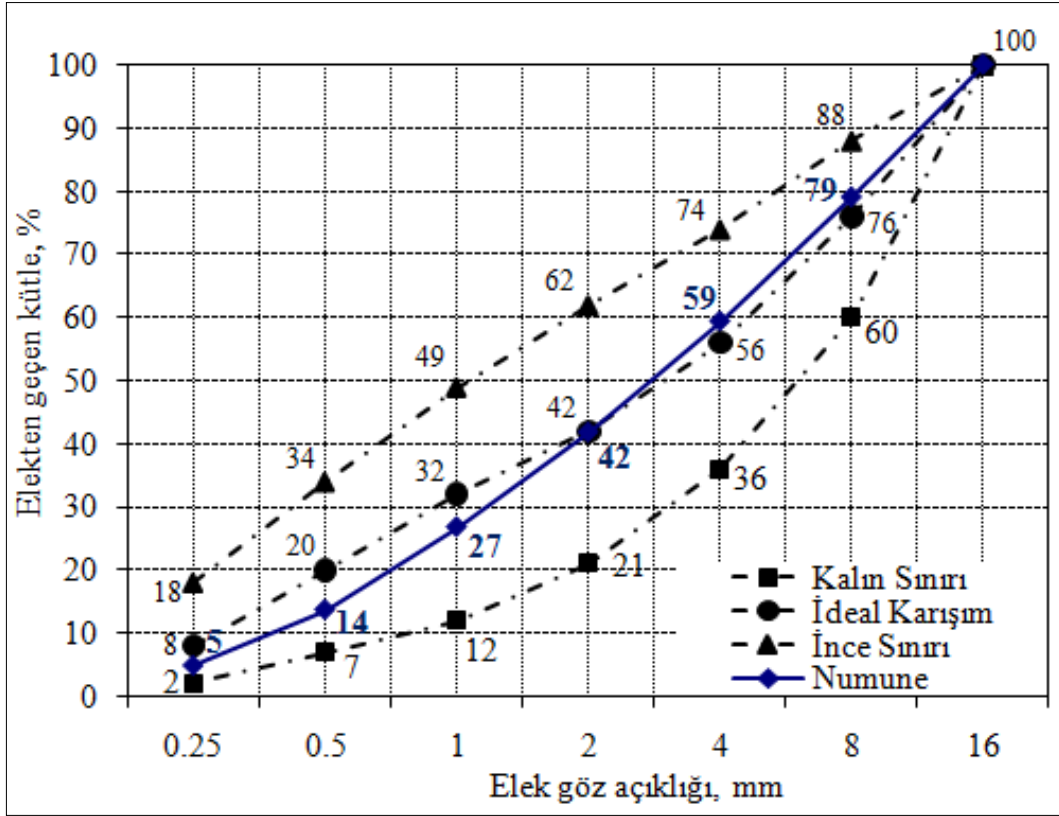




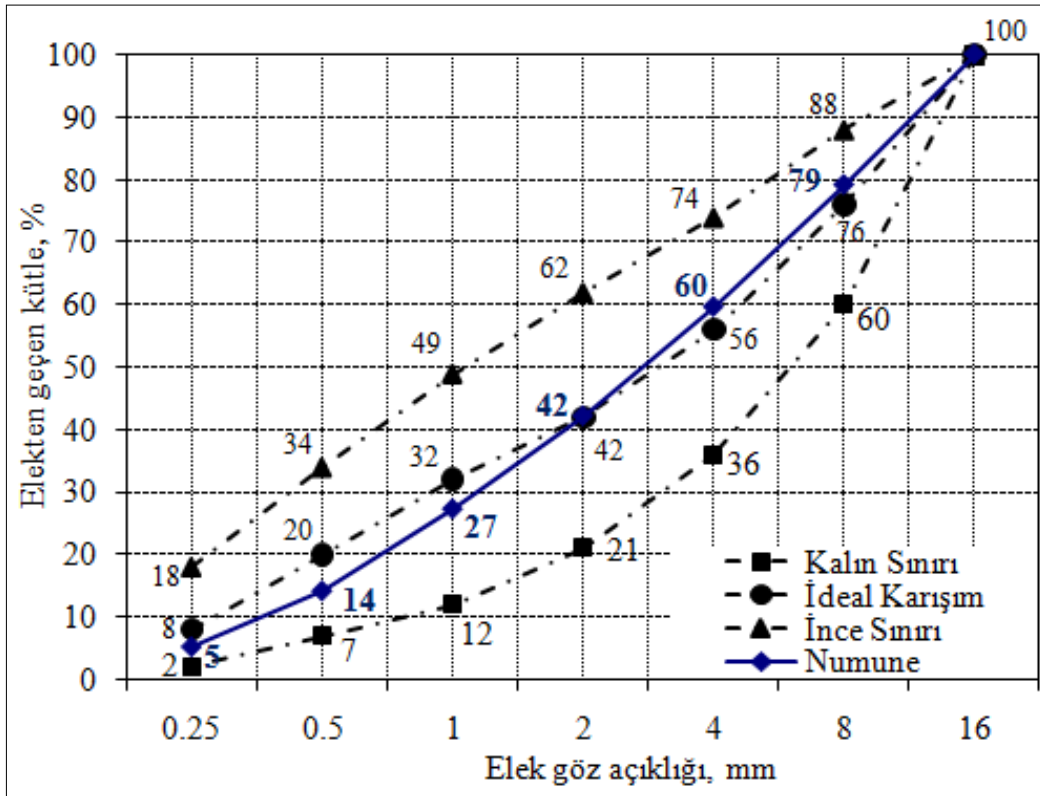
Şekil 4.23 %5 elenmiş kalker katkılı dere malzemesinin tane dağılımı



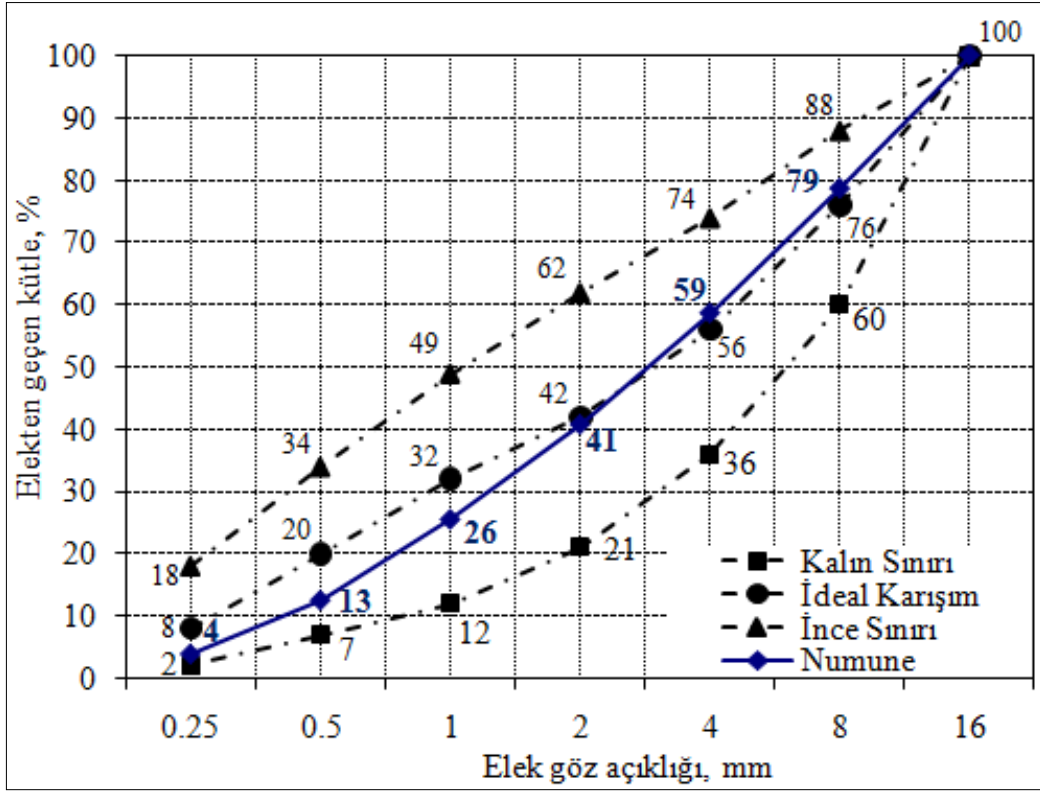
Şekil 4.24 %10 elenmiş kalker katkılı dere malzemesinin tane dağılımı



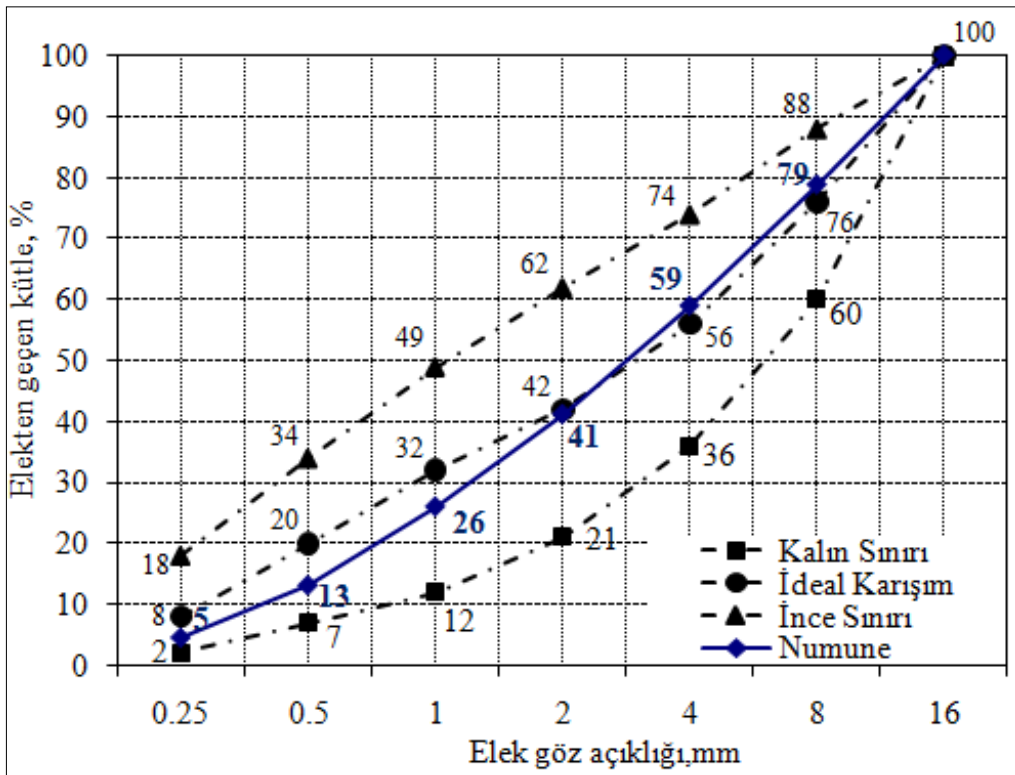
Şekil 4.25 %15 elenmiş kalker katkılı dere malzemesinin tane dağılımı



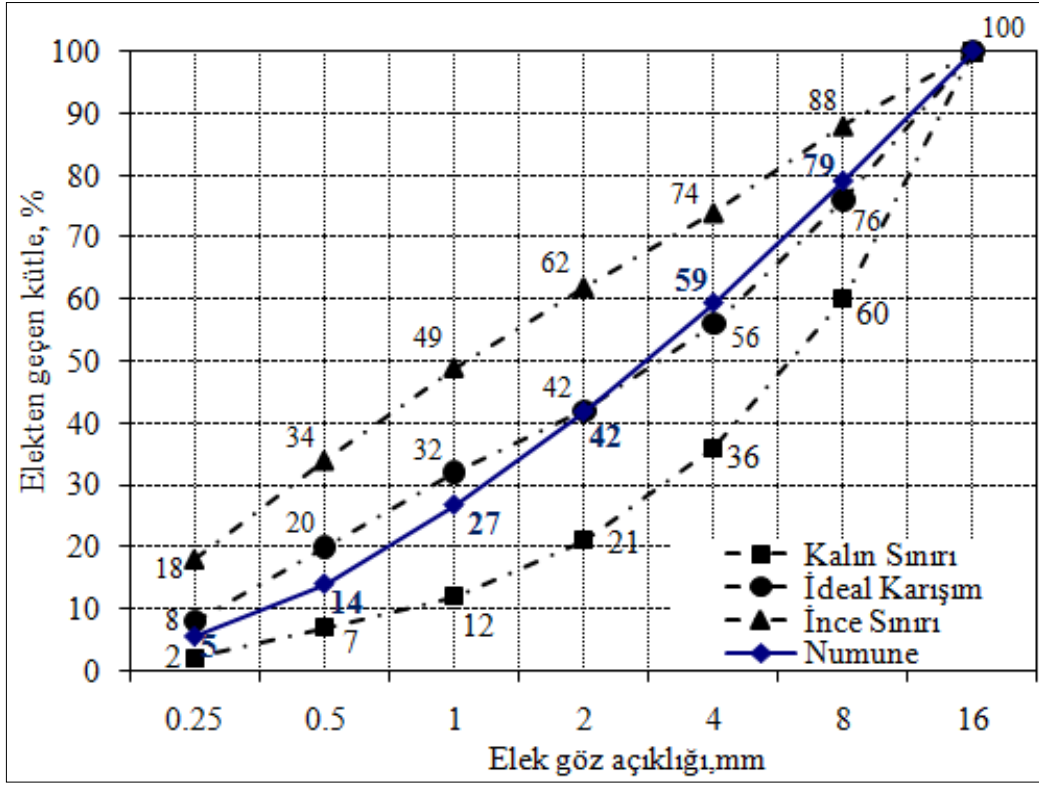
Şekil 4.26 %20 elenmiş kalker katkılı dere malzemesinin tane dağılımı



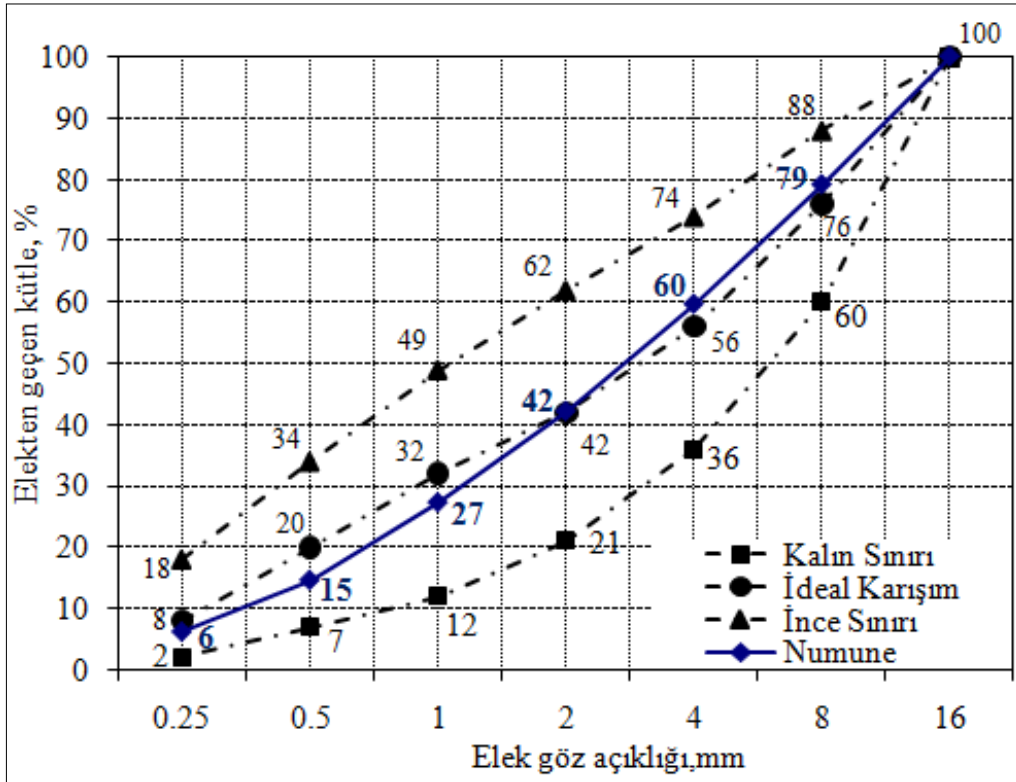
Şekil 4.27 %5 öğütülmüş kalker katkılı dere malzemesinin tane dağılımı



Şekil 4.28 %10 öğütülmüş kalker katkılı dere malzemesinin tane dağılımı



Şekil 4.29 %15 öğütülmüş kalker katkılı dere malzemesinin tane dağılımı



Şekil 4.30 %20 öğütülmüş kalker katkılı dere malzemesinin tane dağılımı

#### 4.8 Küp Numunelerin Üretimi ve Bakım Koşulları

Katkı maddesi olarak kullanılan öğütülmüş kalker malzemesi yeterli miktarda temin edilebilmiştir. Bununla birlikte, bütün deney dizilerinin aynı katkı maddesi kullanılarak tamamlanabilmesi için numune miktarında isabetli ve ölçülü davranmak gerekliliği doğmuştur. Bunun için deney numuneleri, 100x100x100(mm) boyutlarında küp kalıplarda üretilmiştir. Bu boyutlar beton basınç dayanımı belirlemeleri için kabul edilebilir değerlerdir (TS EN 12390-3, 2003, s.6).

Deney dizilerinde, sırası ile 14-28-42-56 gün kür koşullarında bekletilmiş beton numuneler kullanılmıştır. Katkı olarak kullanılan kalker iki farklı incelikte olduğundan aynı anda iki farklı kalıpta 16'şar adet küp numune üretilmiştir. Bu çoklukta numune üretiminin eş zamanlı olarak gerçekleştirilebilmesi için uygun bir malzeme ile çoklu numune kalıbı imal edilmesi zorunluluk olmuştur. Deney numune kalıpları, PVC kaplı MDF malzemeden üretilmiş olup, ek yerleri ve yüzeyleri yağlanarak geçirimsizliği temin edilmiştir (Şekil 4.31).



( a ) birinci kalıp



( b ) ikinci kalıp

Şekil 4.31 Boyutları 100x100x100(mm) olan beton numune kalıpları

Beton karışımına dâhil edilecek çimento ve katkı miktarları önceden tartılarak kapalı naylon torbalarda muhafaza edilmiştir. Her bir beton kategorisi için kum-çakıl ve ince kalker malzemesinden oluşan agrega miktarları beton üretiminden önce tartılmıştır. Kolaylık olması bakımından tartı ve karışım işlemleri için bir ölçek kabı (Şekil 4.32) kullanılması uygun görülmüştür.



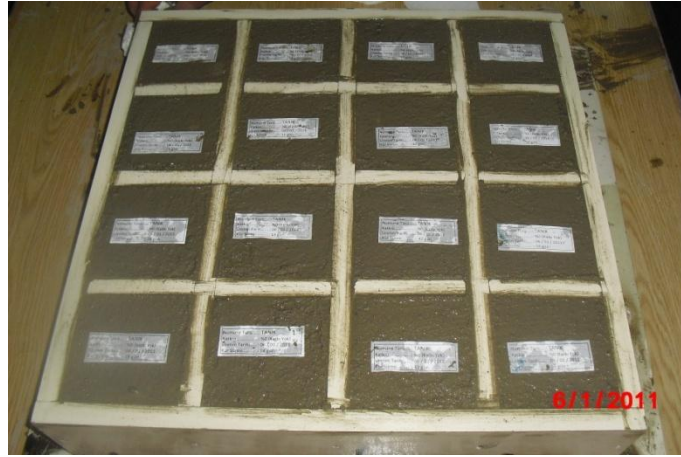
Şekil 4.32 Beton karışımı ve tartıları için kullanılan ölçek kabı

Beton karıştırma işlemi betoniyer (Şekil 4.33) aracılığı ile yapılmıştır. Her bir kategori betonun karıştırma süresi eşit tutulmuştur. Karıştırma işlemi ortalama 5 dakikalık sürelerde gerçekleştirilmiş bulunmaktadır.



Şekil 4.33 Beton üretiminde kullanılan betoniyer

Karıştırma işlemi tamamlandıktan sonra metal bir tekneye dökülen taze betonun bir miktarı çökme deneyinde kullanılarak atılmıştır. Geriye kalan ve küp numunelerin üretimi için ayrılan beton itina ile kalıplara doldurulmuştur. 16 gözlü numune kalıbının her bir gözü önce yarıya kadar beton doldurulmuştur. Betonun yerleşmesi için 16mm çapında demir çubukla 25'er defa şişlenmiştir. Bundan başka 5'er defa 20-25cm yüksekliğe kaldırılıp bırakılarak iyice yerleşmesi sağlanmıştır. Aynı işlem geri kalan yarısı için tekrar edilmiştir. Yerleştirilen betonun yüzey düzeltme işlemi tamamlandıktan sonra etiketleri yapıştırılmış (Şekil 4.34), beton döküm işleminde sonra kalıp naylon kaplanarak korumaya alınmıştır (Şekil 4.35).



Şekil 4.34 Kalıba dökülmüş beton numuneleri



Şekil 4.35 Kaplanarak korumaya alınmış taze beton numuneleri

Her bir kalıpta üretilen beton numuneleri, 24 saat boyunca naylon kaplanmış olarak bekletildikten sonra, her hangi bir hasar vermeden itina ile kalıplarından çıkarılmıştır (Şekil 4.36).



Şekil 4.36 Beton numunelerin kalıplardan çıkarılması

Deney planına göre kategorize edilen ve etiketlenen numuneler içme suyu ile doldurulmuş kaplara konularak küre bırakılmıştır (Şekil 4.37).

Beton numunelerinin bekletildiği ortamın periyodik aralıklarla sıcaklığı ölçülmüştür. Ortam sıcaklığı, ortalama 16-20 °C civarında seyretmiştir.





Şekil 4.37 Kür ortamında bekletilen beton numuneleri

#### 4.9 Taze Beton Özellikleri; Su/Çimento Oranı, Kıvamı

Bu çalışmaya konu olan beton numunelerin üretilmesinde su, çimento ve toplam agrega miktarı kütleli olarak sabit tutulmuştur.

Gerek tank beton, gerekse diğer kategorideki beton dizilerinin tamamında 4.75 litre su ve 7.5 kg çimento kullanılmıştır. Beton numunelerin tümünün üretiminde su/çimento oranı 0.63 olacak şekilde uygulanmıştır.

Beton kıvamının belirlenmesi için ise, serbest çökme deneyine başvurulmuştur.

##### 4.9.1 Çökme deneyinin yapılması

Deney numunesi oluşturmak için üretilen taze betonların kıvamı hakkında, serbest çökme deneyi yapılarak bilgi edinilmiştir. Bu deney, taze betonun ölçülen çökme değerine göre kıvamı hakkında fikir vermektedir.

Bütün dizilerde tekrarlanan deneyler, ilgili Türk Standardına (TS EN 12350-2, 2002) göre yapılmıştır.

Deneylerde, çimento hamurundan kısa sürede olumsuz etkilenmeyen, 1.5 mm kalınlığında metalden yapılmış, düzgün yüzeyli ve yüzeyinde herhangi bir pürüzlülük bulunmayan kesik koni şeklindeki kalıp kullanılmış, sıkıştırma (şişleme) işlemi metal bir çubukla yapılmıştır (Şekil 4.38). Deney kalıbının taban çapı 200 mm, üst yüz çapı 100 mm ve yüksekliği 300 mm dir. Şişleme çubuğu 600 mm uzunluğunda, 16 mm çapında, ucu yuvarlatılmış çelikten bir çubuktur.

Deney kalıbının alt ve üst yüzünün birbirine paralel ve kalıp yüksekliği eksenine dik olması için düz sacdan yapılmış taban plakası kullanılmıştır.



Şekil 4.38 Çökme deneyinde kullanılan kesik koni ve şişleme çubuğu

Deney uygulanmadan önce, beton deney numunesi, karıştırma kabı (Şekil 4.39) içerisinde, kare ağızlı kürek kullanılarak yeniden karıştırılmıştır. Karıştırma kabı, düz sacdan yapılmış, rijit yapılı, tabanı düz bir düz tepsi şeklinde olup deney numunesi taze betonun tamamıyla tekrar karıştırılmasına uygun bir yapıdadır



Şekil 4.39 Karıştırma kabı

Deneye başlanmadan önce, kesik koni şeklindeki kalıbın iç yüzeyi ile taban plakası, yüzeyde serbest su kalmayacak şekilde nemlendirilmiş ve kalıp, yatay konumdaki taban plakası üzerine yerleştirilmiştir. Betonun doldurulması esnasında, deney kalıbının tabana tespiti ayak basma parçalarına basılarak yapılmıştır. Taze beton, eşit yükseklikli tabakalar halinde üç aşamada kalıba doldurulmuştur. Her tabaka, sıkıştırma çubuğu ile 25 defa şişlenerek sıkıştırılmıştır. Sıkıştırma çubuğu darbelerinin, her tabakanın yüzey alanına düzgün dağılmasına dikkat edilmiştir. Bunun için alt tabakanın sıkıştırılması esnasında, sıkıştırma çubuğu, düşey doğrultuya göre hafifçe yatırılarak kenardan merkeze doğru spiral oluşturacak şekilde noktalara vurulmuştur. İkinci ve son tabaka, şişleme boyu tabaka derinliğini geçecek şekilde sıkıştırılmıştır.

Beton, kalıp üst yüzeyini tamamen dolduracak şekilde sıkıştırılmış ve bu yüzey masterlanarak düzleştirilmiştir.

Deney kalıbı sabit bir hızla, yanal hareket ve burulma hareketi yaptırılmadan en çok 10 saniye içerisinde çıkarılmıştır.

Tüm deney işlemi, betonun kalıba doldurulmaya başlanılmasından, kalıbın çekilerek alınmasına kadar herhangi bir kesinti olmaksızın, bütün deney dizilerinde yaklaşık 120-140 saniye içerisinde tamamlanmıştır.

Kalıbın alınmasından hemen sonra, kalıp üst yüzey seviyesi ile çöken beton kütlelerinin en yüksek noktası arasındaki “h” mesafeleri (Şekil 4.40), her bir deney

dizisinde cetvelin “sıfır noktası” beton yüzeyine değecek şekilde ölçülerek kaydedilmiştir (Şekil 4.41).



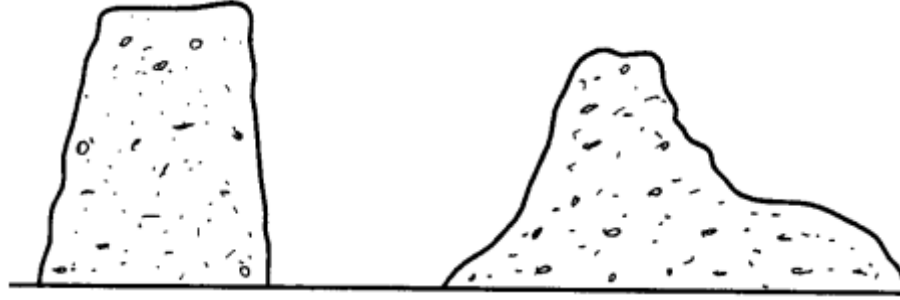
Şekil 4.40 Taze betonda çökme mesafesi, h



Şekil 4.41 Taze beton çökme değerinin ölçülmesi

#### 4.9.2 Çökme deneyinin sonuçları

Çökme deneyi sonrası olası çökme biçimleri (TS EN 12350-2, 2002, s.3), Şekil 4.42’de verilmiştir. Yapılan deneylerde su/çimento oranı 0.63 olan bütün dizilerde düzgün bir çökme şekli oluşumu gözlemlenmiştir. Su/çimento oranı sehvem 0.77 olarak alınan sadece bir deney dizisinde kayma meydana gelmiş, bu deney yinelenmiştir.



( a ) düzgün çökme

( b ) kayma meydana gelmiş çökme

Şekil 4.42 Taze beton çökme biçimleri

Deneyler esnasında, çökme hunisinin çekilmesinden sonra taze betondaki çökmenin devam ettiğine rastlanmamıştır. Bu durumda, yapılan deneyler ile elde edilen çökme değerleri, ilgili betonun kıvamını tayin etmek için kullanılabilir veriler olarak kabul edilmiştir.

Beton kıvamının belirlenmesinde kullanılan çökme sınıfları için sınır değerler Çizelge 4.16’da verilmiştir.

Çizelge 4.16 Taze beton için çökme sınıfları (TS EN 206-1, 2002, s.12)

Sınıf	Çökme (h), mm
S1	10 – 40
S2	50 – 90
S3	100 – 150
S4	160 – 210
S5	≥ 220

Betonun kullanılacağı ortam göz önünde tutularak taze betonun ne miktarda kıvama sahip olması gerektiğine dair tavsiye edilen uygun çökme değerleri (Erdoğan, 2003, s.215) ise Çizelge 4.17’de verilmiştir.

Çizelge 4.17 Değişik kıvamdaki betonların çökme değerleri

Beton Kıvamı	Çökme (h), mm
Aşırı kuru	...
Çok kuru	...
Kuru	0 - 25
Kuru-Plastik	25 - 50
Plastik	75 - 100
Akıcı	150 - 175

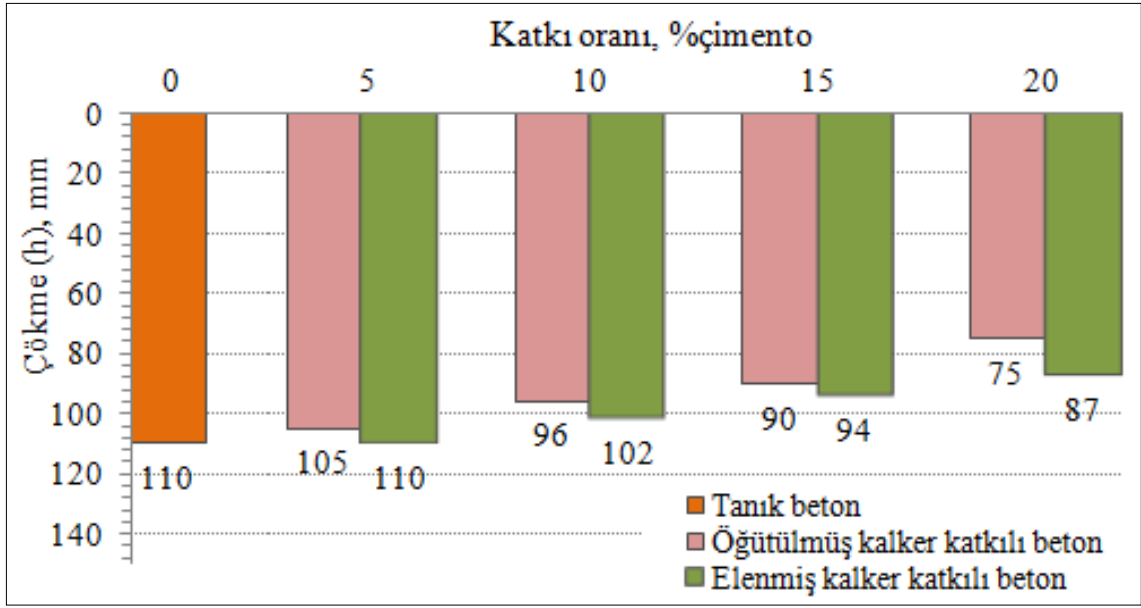
Tanık ve farklı katkı çeşidi ve miktarı ile kategorize edilen deney numunesi taze betonların ölçülen çökme değerleri ve sınıfları Çizelge 4.18’de özetlenmiştir.

Çizelge 4.18 Deney kategorilerinin kıvam değerleri

Deney kategorisi	Su/çimento	Çökme (h), mm	Çökme sınıfı	Beton kıvamı
DB	0.53	35	S1	Kuru-Plastik
TB	0.63	110	S3	Plastik-Akıcı
%5 EKB	0.63	110	S3	Plastik-Akıcı
%5 ÖKB	0.63	105	S3	Plastik-Akıcı
%10 EKB	0.63	102	S3	Plastik
%10 ÖKB	0.63	96	S3	Plastik
%15 EKB	0.63	94	S2	Plastik
%15 EKB	0.77	250	S5	Çok akıcı
%15 ÖKB	0.63	90	S2	Plastik
%20 EKB	0.63	87	S2	Plastik
%20 ÖKB	0.63	75	S2	Plastik

#### 4.9.3 Çökme deneyinin değerlendirilmesi

Çökme deneyi sonucu elde edilen verilere dayanılarak her bir deney kategorisi için çökme değerlerini ifade eden sonuç grafiği Şekil 4.43’de verilmiştir. Bu grafikte, çökme değeri verilen tüm betonlarda, su/çimento oranı 0.63’tür.



Şekil 4.43 Deney kategorileri için ölçülen taze beton çökme değerleri

Taze beton kıvamının belirlenmesinde kullanılan çökme (slamp) deneyi sonucu elde edilen veriler, bu deneyin yapılmasını öngören TS EN 12350-2 standardına göre değerlendirilmiştir.

Çökme deneyi, 10 mm ile 200 mm arasında çökme yüksekliğine sahip taze betonların kıvamındaki değişimlere duyarlı bir deney yöntemi olarak bilinmektedir. Deneye tabi tutulan tüm numunelerde ölçülen çökme yükseklikleri ise 35 mm ile 110 mm arasında değişmektedir. Dolayısı ile bu aralıktaki çökme değerleri, deneye tabi tutulan taze betonların kıvamının doğru birer göstergesi olarak değerlendirilmelidir.

Bununla birlikte, yapılan deneylerde ince öğütülmüş malzeme oranının artırılmasıyla çökme değerinde görülen düşüş toplam işlenebilirlik hakkında yanılgıya neden olmamalıdır. Çünkü burada etkin olan enerji yerçekimine bağlıdır. Hâlbuki sıkıştırma işleminde, nispeten yüksek bir enerji ile birim kütlede artış sağlandığı açık bir şekilde görülmektedir (Bkz. Çizelge 4.19...4.21). Bunun da nedeni, ince taneli bileşenin su tutma özelliğinden dolayı kayganlığın ancak daha yüksek enerjide ortaya çıkmasıdır.

Bunların dışında agrega en büyük tane büyüklüğü 40 mm den daha fazla olan betonlarda çökme deneyinin uygun bir yöntem olmadığı da bilinmektedir. Burada kullanılan deney numunelerinde ise agrega en büyük tane büyüklüğü 16 mm dir.

Taze beton uygulamalarında uygun işlenebilme koşullarını elde edebilmek için s/ç oranını yükseltmek yerine kum çakıl tane üst boyutunu küçültmek yoluna başvurmak, koyu kıvamda hazırlanan taze betona katkı ekleme ile birlikte izlenmesi gereken en doğru yol olmaktadır(Yetgin ve Çavdar, 2003). Bu durumda, agrega büyüklüğü bakımından, kıvam belirleme yöntemi olarak çökme deneyinin kullanılması bir sakınca teşkil etmemektedir.

#### 4.10 Basınç Deneyleri ve Sonuçları

Üretimi yapılan küp numuneler, öngörülen deney planına göre, bekletildikleri kür ortamından alınarak laboratuvarında basınç deneyine tabi tutulmuşlardır. Basınç deneyinin uygulanması, ilgili Türk Standardına (TS EN 12390-3, 2003) göre yapılmıştır.

##### 4.10.1 Kullanılan cihaz ve özellikleri

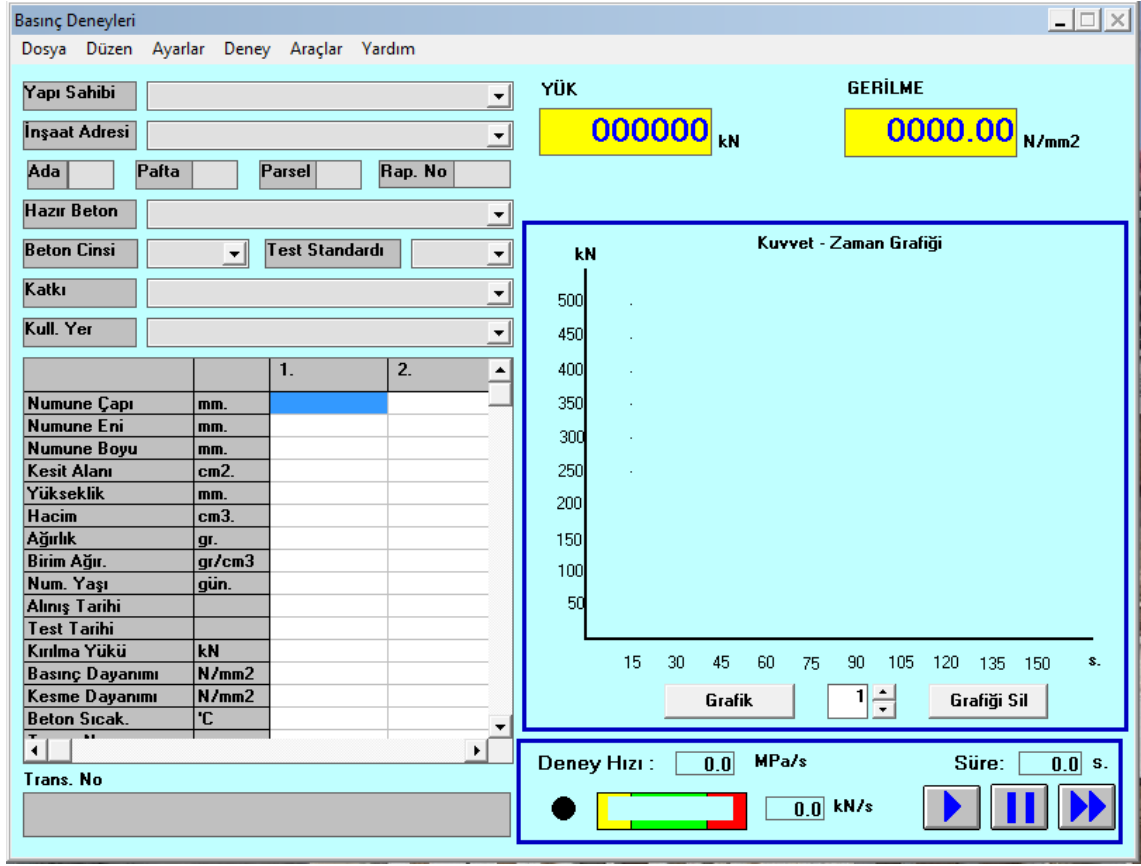
Kullanılan beton basınç deney cihazı, hidrolik sistemli olup numune üzerine 200 ton (2000 kN)'a kadar basınç kuvveti uygulayabilmektedir (Şekil 4.44).

Cihaz, Rs232 bilgisayar haberleşmesi sayesinde “Basınç Dayanım-Kesme Mukavemeti Test Programı” (Şekil 4.45) ile bütünleşik olarak çalışmaktadır. Beton basınç dayanımı için kullanılan deney programı, “Windows” ortamında çalışabilen “Visual Basic” tabanlı bir yazılım olup numune ve müşteri bilgilerinin girilebilmesi, deney hızlarının ayarlanabilmesi, deney sonuçlarının arşivlenebilmesi işlevlerini de yerine getirebilmektedir (<http://www.bazmakina.com.tr/beton.html>, 10 Mart 2010).



Şekil 4.44 Beton basınç deneyi cihazı ve sistemi





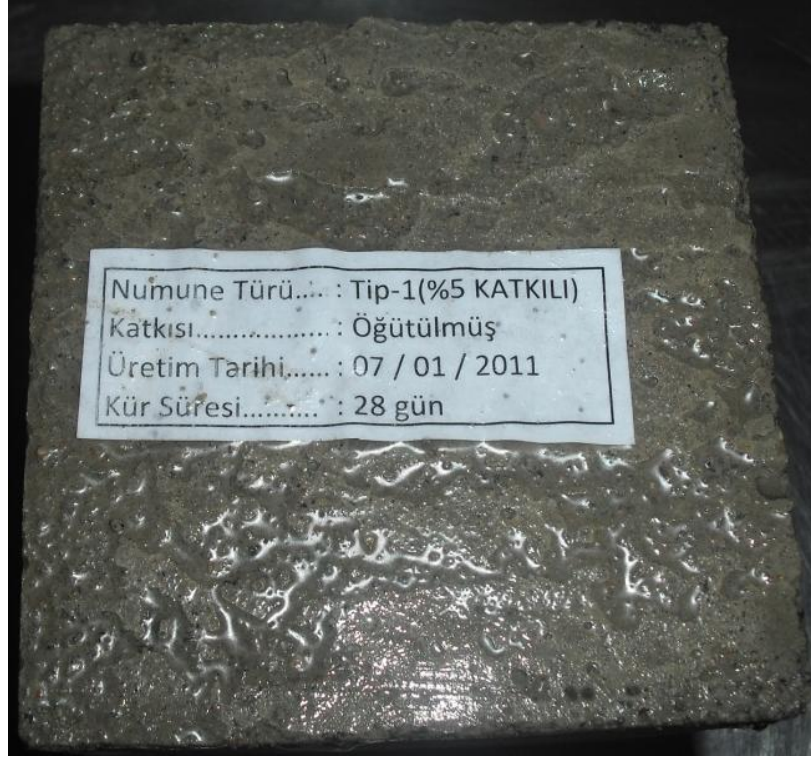
Şekil 4.45 Basınç Dayanım-Kesme Mukavemeti Test Programı kullanıcı ara yüzü

#### 4.10.2 Deney için numunelerin hazırlanması, deney cihazına yerleştirilmesi, yük uygulanması

Deney numuneleri, 10x10x10(cm) boyutlarında ve küp şeklindedir. Hiçbir deney numunesi yüzeyinde, hasar veya “şerbet” sızmasından dolayı belirgin boşluklar bulunmamaktadır (Şekil 4.46). Bu numuneler, boyut ve yüzey şekli bakımından uygunluk arz etmektedir.

Numuneler, deney makinesine yerleştirilmeden önce yüzeyindeki fazla su kurulanmış ve her biri ayrı ayrı tartılarak (Şekil 4.47) kayıt altına alınmıştır.

Deney makinesi basma tablaları arasındaki açıklık 320 mm dir. Bu açıklık, plaka ilavesi yapılarak 100 mm’lik numune boyutu için ayarlanmıştır (Şekil 4.48).



Şekil 4.46 Beton numune örneği(10x10x10 cm küp numune)

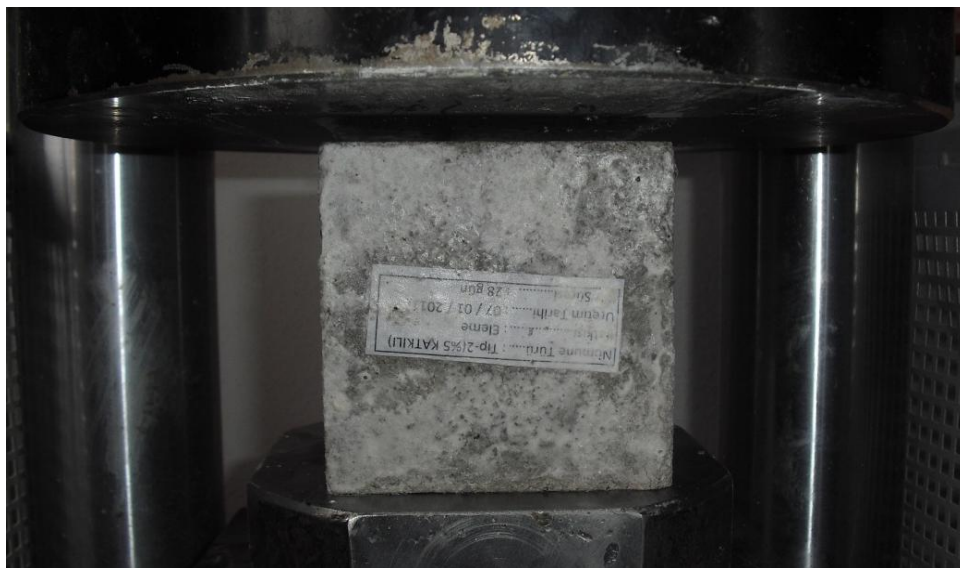


Şekil 4.47 Beton numunelerin tartılması



Şekil 4.48 Beton numunesine göre tabla aralığının ayarlanması

Her defasında yükleme başlıklarının yüzeyi temizlenmiş, numunenin başlıklara temas edecek yüzeylerinde varsa gevşek çıkıntı veya taneler alınmıştır. Numuneler, alt yükleme başlığı üzerine merkezlenerek, yük uygulama yönü beton döküm doğrultusuna dik olacak konumda yerleştirilmiştir (Şekil 4.49).

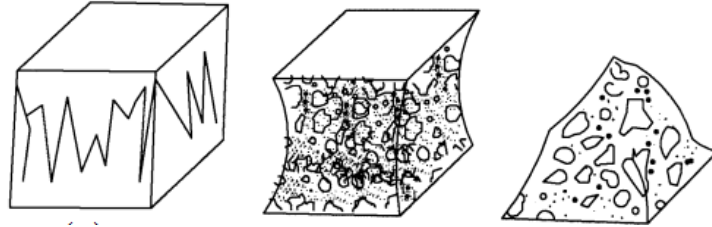


Şekil 4.49 Yük uygulama yönünün beton döküm doğrultusuna dik olması

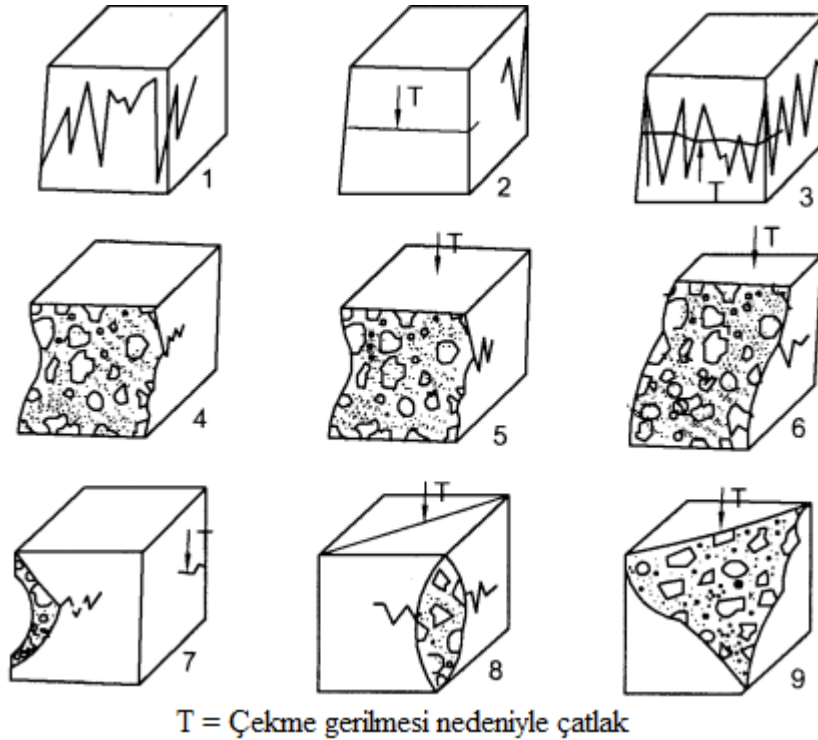
Beton numunesine, en büyük yük sınırına (kırılma yükü) ulaşıncaya kadar 1.0 MPa/s (N/mm<sup>2</sup>/s)'lik sabit bir hız ile yük uygulanmıştır. Deney cihazının özelliği gereği, yüklemeler darbe tesiri olmaksızın gerçekleşmiştir.

#### 4.10.3 Numunelerin kırılma tipleri

Deney sonrası küp numunelerde görülebilecek olası kırılma biçimleri (Şekil 4.50 ve Şekil 4.51) burada karşılaştırma ve bilgi amaçlı olarak ilgili standarda (TS EN 12390-3, 2003, s.4) verildiği gibi gösterilmesi uygun görülmüştür.



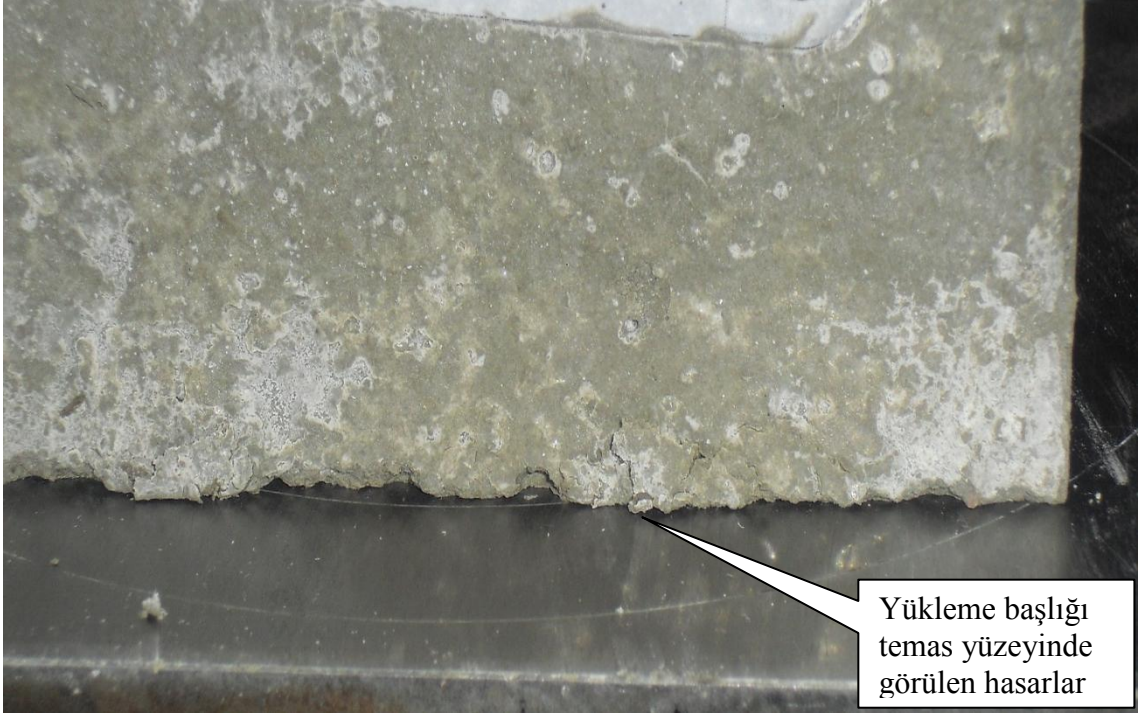
Şekil 4.50 Küp numunelerin tatmin edici kırılma şekilleri



Şekil 4.51 Küp numunelerin tatmin edici olmayan kırılma şekilleri

Deney numunelerinin tamamında, tatmin edici olarak kabul edilebilen kırılma biçimleri gözlenmiştir.

Basınç deneyine tabi tutulan küp numunelerin, yükleme başlıklarına temas eden yüzeylerine doğru (Şekil 4.52) çok küçük hasarlar oluşmuş ancak, hiçbir numunede tatmin edici olmayan bir kırılma şekli görülmemiştir.



Şekil 4.52 Basınç deneyinde beton numunelerde görülen küçük hasarlar

Beton numunelerin kırılma biçimlerinin tatmin edici olacak şekilde çıkabilmesi için, deneylerin oldukça yeni (2010 model) bir deney cihazında yapılması tercih edilmiş ve numuneler yükleme başlıkları arasında merkezi bir şekilde yerleştirilerek özenle yükleme işlemine geçilmiştir.

#### **4.10.4 Deney sonuçları**

Basınç deneyine tabi tutulan her bir numunenin, tartı aletinde kütlesi, deney cihazında ise dayanım değerleri belirlenmiştir.

Yoğunluk, aşağıda verilen eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Burada;

$\rho$  Yoğunluk, kg/m<sup>3</sup>

$m$  Numunenin deney anındaki kütlesi, kg

$V$  Numunenin hacmi, 0.1x0.1x0.1= 0.001 m<sup>3</sup>

Basınç dayanımı, aşağıda verilen eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır.

$$f_c = \frac{F}{A_c}$$

Burada;

$f_c$  Basınç dayanımı, N/mm<sup>2</sup>

$F$  Kırılma anında ulaşılan en büyük yük değeri, N

$A_c$  Numunenin, üzerine basınç yükünün uygulandığı en kesit alanı, mm<sup>2</sup>

Numunelerin deney anındaki yaşı “gün”, kütlesi ”gram” ve görünür yoğunluğu “kg/dm<sup>3</sup>” olarak verilmiştir. Yoğunluk değerleri en yakın 0.01 kg/dm<sup>3</sup>e yuvarlatılmıştır. Numunelerin en büyük kırılma yükleri “kN”, basınç değerleri ise en yakın 0.5 değerine yuvarlatılarak “N/mm<sup>2</sup>” cinsinden verilmiştir. Ortalama değerler, dört numunenin aritmetik ortalaması alınarak hesaplanmıştır.

Bütün numunelerin deney anındaki yoğunluk ve basınç dayanımları ile doğal ortamda ve etüvde 105 °C’de 24 saat kurutulduktan sonraki kütleli dökümleri birer çizelge (Çizelge 4.19...4.22) halinde çıkarılmıştır.

Çizelge 4.19 Islak haldeki beton numunelerin kütle ve ortalama yoğunlukları

Kür süresi	Katkı oranı	İnce malzeme türü	Kütle, g				Yoğunluk (ortalama) kg/dm <sup>3</sup>
			1.numune	2.numune	3.numune	4.numune	
14 gün	% 0	Tanık	2279	2250	2272	2274	2.27
	% 5	Elemе	2341	2367	2310	2361	2.34
		Öğütme	2299	2288	2309	2313	2.30
	% 10	Elemе	2409	2366	2378	2359	2.38
		Öğütme	2319	2376	2339	2340	2.34
	% 15	Elemе	2413	2395	2396	2350	2.39
		Öğütme	2402	2384	2433	2382	2.40
	% 20	Elemе	2407	2426	2418	2434	2.42
Öğütme		2399	2421	2412	2447	2.42	
28 gün	% 0	Tanık	2259	2218	2276	2277	2.26
	% 5	Elemе	2337	2346	2325	2335	2.34
		Öğütme	2303	2327	2324	2307	2.32
	% 10	Elemе	2392	2410	2408	2371	2.40
		Öğütme	2322	2363	2322	2370	2.34
	% 15	Elemе	2446	2471	2380	2346	2.41
		Öğütme	2433	2457	2425	2407	2.43
	% 20	Elemе	2443	2450	2387	2460	2.44
Öğütme		2404	2391	2451	2425	2.42	
42 gün	% 0	Tanık	2268	2243	2304	2295	2.28
	% 5	Elemе	2354	2378	2357	2374	2.37
		Öğütme	2297	2307	2329	2331	2.32
	% 10	Elemе	2398	2419	2408	2407	2.41
		Öğütme	2353	2384	2344	2376	2.36
	% 15	Elemе	2437	2425	2410	2395	2.42
		Öğütme	2431	2433	2421	2423	2.43
	% 20	Elemе	2461	2454	2442	2432	2.45
Öğütme		2425	2400	2431	2429	2.42	
56 gün	% 0	Tanık	2291	2287	2288	2289	2.29
	% 5	Elemе	2275	2330	2326	2336	2.32
		Öğütme	2278	2316	2322	2330	2.31
	% 10	Elemе	2399	2363	2412	2413	2.40
		Öğütme	2350	2356	2364	2377	2.36
	% 15	Elemе	2373	2424	2423	2415	2.41
		Öğütme	2431	2380	2425	2388	2.41
	% 20	Elemе	2397	2408	2461	2460	2.43
Öğütme		2440	2445	2408	2457	2.44	

Çizelge 4.20 Kuru haldeki beton numunelerin kütle ve ortalama yoğunlukları

Kür süresi	Katkı oranı	İnce malzeme türü	Doğal ortamda kurutulmuş kütle, g				Yoğunluk (ortalama) kg/dm <sup>3</sup>
			1.numune	2.numune	3.numune	4.numune	
14 gün	% 0	Tanık	2200	2100	2154	2085	2.13
	% 5	Eleme	2275	2297	2281	2241	2.27
		Öğütme	2197	2237	2232	2256	2.23
	% 10	Eleme	2316	2311	2350	2274	2.31
		Öğütme	2274	2283	2262	2280	2.27
	% 15	Eleme	2354	2378	2292	2294	2.33
		Öğütme	2314	2314	2381	2333	2.34
	% 20	Eleme	2353	2326	2344	2361	2.35
Öğütme		2326	2333	2355	2387	2.35	
28 gün	% 0	Tanık	2159	2218	2175	2202	2.19
	% 5	Eleme	2250	2236	2303	2304	2.27
		Öğütme	2241	2249	2271	2236	2.25
	% 10	Eleme	2331	2327	2371	2351	2.35
		Öğütme	2311	2283	2327	2241	2.29
	% 15	Eleme	2361	2397	2341	2378	2.37
		Öğütme	2351	2369	2415	2376	2.38
	% 20	Eleme	2353	2317	2380	2392	2.36
Öğütme		2367	2394	2333	2318	2.35	
42 gün	% 0	Tanık	2246	2182	2209	2193	2.21
	% 5	Eleme	2266	2317	2321	2277	2.30
		Öğütme	2236	2241	2244	2271	2.25
	% 10	Eleme	2336	2347	2321	2363	2.34
		Öğütme	2301	2296	2311	2316	2.31
	% 15	Eleme	2323	2379	2365	2362	2.36
		Öğütme	2358	2384	2391	2376	2.38
	% 20	Eleme	2381	2368	2393	2369	2.38
Öğütme		2337	2330	2364	2369	2.35	
56 gün	% 0	Tanık	2220	2218	2192	2209	2.21
	% 5	Eleme	2256	2269	2259		2.26
		Öğütme	2230	2212	2256		2.23
	% 10	Eleme	2309	2351	2352	2305	2.33
		Öğütme	2271	2289	2302	2307	2.29
	% 15	Eleme	2363	2311	2336		2.34
		Öğütme	2375	2371	2330		2.36
	% 20	Eleme	2395	2333	2393	2329	2.36
Öğütme		2334	2380	2371	2348	2.36	



Çizelge 4.21 Islak ve kuru beton numunelerin kütleli değişimi

Kür süresi	Katkı oranı	İnce malzeme türü	Ortalama ıslak numune kütlesi, g (m <sub>1</sub> )	Doğal ortamda kurutulmuş numune kütlesi, g (m <sub>2</sub> )	Etüvde kurutulmuş numune kütlesi, g (m <sub>3</sub> )	Doğalda kuru kütle değişimi, % (m <sub>1</sub> -m <sub>2</sub> )/m <sub>1</sub>	Etüvde kuru kütle değişimi, % (m <sub>1</sub> -m <sub>3</sub> )/m <sub>1</sub>	
14 gün	% 0	Tanık	2270	2130	2036	6.17	10.31	
	% 5	Eleme	2340	2270	2170	2.99	7.27	
		Öğütme	2300	2230	2132	3.04	7.32	
	% 10	Eleme	2380	2310	2208	2.94	7.22	
		Öğütme	2340	2270	2170	2.99	7.27	
	% 15	Eleme	2390	2330	2227	2.51	6.81	
		Öğütme	2400	2340	2237	2.50	6.80	
	% 20	Eleme	2420	2350	2246	2.89	7.18	
		Öğütme	2420	2350	2246	2.89	7.18	
	28 gün	% 0	Tanık	2260	2190	2093	3.10	7.37
		% 5	Eleme	2340	2270	2170	2.99	7.27
			Öğütme	2320	2250	2151	3.02	7.30
% 10		Eleme	2400	2350	2246	2.08	6.40	
		Öğütme	2340	2290	2189	2.14	6.45	
% 15		Eleme	2410	2370	2265	1.66	6.00	
		Öğütme	2430	2380	2275	2.06	6.38	
% 20		Eleme	2440	2360	2256	3.28	7.55	
		Öğütme	2420	2350	2246	2.89	7.18	
42 gün		% 0	Tanık	2280	2210	2113	3.07	7.35
		% 5	Eleme	2370	2300	2199	2.95	7.24
			Öğütme	2320	2250	2151	3.02	7.30
	% 10	Eleme	2410	2340	2237	2.90	7.19	
		Öğütme	2360	2310	2208	2.12	6.44	
	% 15	Eleme	2420	2360	2256	2.48	6.78	
		Öğütme	2430	2380	2275	2.06	6.38	
	% 20	Eleme	2450	2380	2275	2.86	7.14	
		Öğütme	2420	2350	2246	2.89	7.18	
	56 gün	% 0	Tanık	2290	2210	2113	3.49	7.75
		% 5	Eleme	2320	2260	2160	2.59	6.88
			Öğütme	2310	2230	2132	3.46	7.72
% 10		Eleme	2400	2330	2227	2.92	7.20	
		Öğütme	2360	2290	2189	2.97	7.25	
% 15		Eleme	2410	2340	2237	2.90	7.19	
		Öğütme	2410	2360	2256	2.07	6.39	
% 20		Eleme	2430	2360	2256	2.88	7.17	
		Öğütme	2440	2360	2256	3.28	7.55	

Çizelge 4.22 Beton deney numuneleri kırılma yükü ve ortalama basınç dayanımları

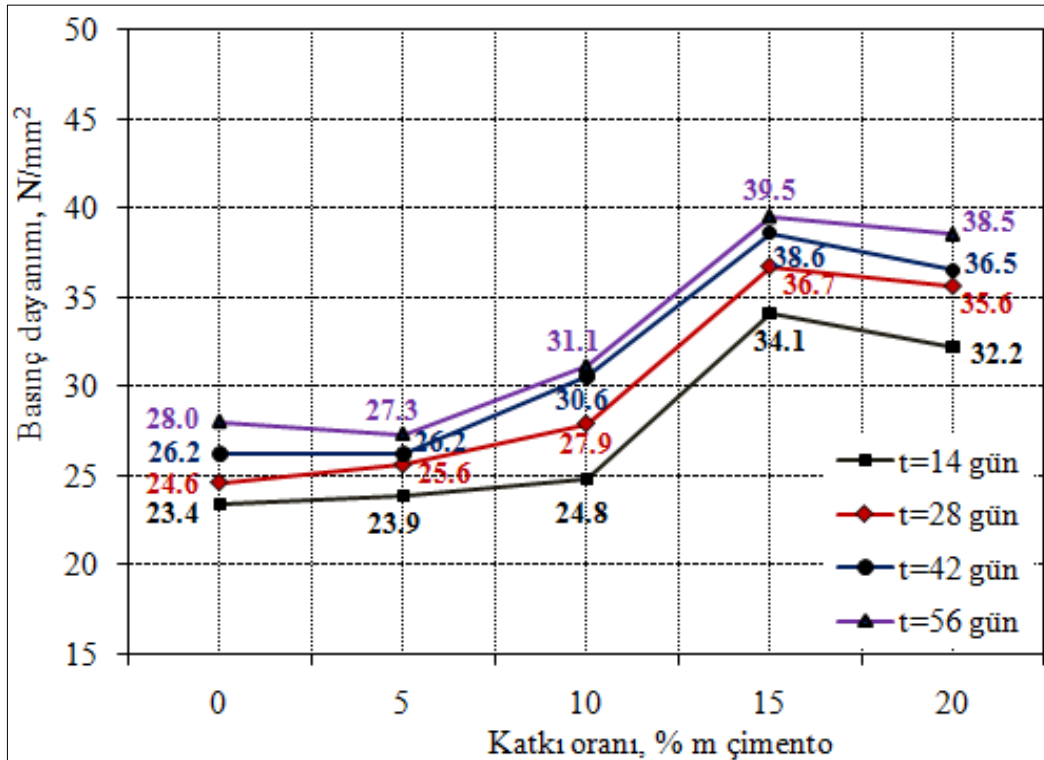
Kür süresi	Katkı oranı	İnce malzeme türü	Kırılma yükü, kN				Basınç dayanımı (ortalama) N/mm <sup>2</sup>
			1.numune	2.numune	3.numune	4.numune	
14 gün	% 0	Tanık	227.7	245.6	236.0	226.3	23.4
	% 5	Elemе	245.9	247.1	233.3	231.6	23.9
		Öğütme	248.5	254.2	233.0	259.1	24.9
	% 10	Elemе	244.9	225.5	259.9	262.3	24.8
		Öğütme	276.0	288.4	291.6	262.5	28.0
	% 15	Elemе	341.9	342.5	340.4	339.1	34.1
		Öğütme	382.1	395.1	368.0	399.2	38.6
	% 20	Elemе	331.2	322.9	316.4	318.5	32.2
Öğütme		339.3	330.2	311.6	319.6	32.5	
28 gün	% 0	Tanık	258.7	243.9	242.1	238.9	24.6
	% 5	Elemе	253.9	264.3	249.6	255.2	25.6
		Öğütme	284.1	285.9	309.0	283.8	29.1
	% 10	Elemе	272.1	278.8	262.2	301.1	27.9
		Öğütme	305.5	313.4	320.3	283.5	30.6
	% 15	Elemе	360.4	362.4	380.1	366.3	36.7
		Öğütme	426.2	451.6	416.3	444.8	43.5
	% 20	Elemе	342.2	360.1	371.7	350.5	35.6
Öğütme		362.7	386.3	352.7	321.4	35.6	
42 gün	% 0	Tanık	255.3	248.0	274.2	270.8	26.2
	% 5	Elemе	259.6	255.8	265.9	267.0	26.2
		Öğütme	283.8	288.2	304.0	275.8	28.8
	% 10	Elemе	302.4	316.2	309.5	295.5	30.6
		Öğütme	312.3	339.0	326.0	336.2	32.8
	% 15	Elemе	385.3	393.3	387.5	376.9	38.6
		Öğütme	420.1	451.3	430.3	453.4	43.9
	% 20	Elemе	369.4	368.8	347.8	375.3	36.5
Öğütme		376.9	376.1	346.3	370.9	36.8	
56 gün	% 0	Tanık	280.5	296.8	279.4	263.2	28.0
	% 5	Elemе	266.4	263.8	290.5	272.4	27.3
		Öğütme	291.6	287.7	299.1	318.6	29.9
	% 10	Elemе	329.2	317.8	298.5	298.6	31.1
		Öğütme	338.7	331.2	327.4	329.2	33.2
	% 15	Elemе	400.5	392.7	401.8	380.9	39.4
		Öğütme	452.9	456.8	471.0	453.1	45.8
	% 20	Elemе	389.4	391.4	388.9	368.4	38.5
Öğütme		388.3	399.4	370.6	372.5	38.3	

## 5 DENEY SONUÇLARININ İRDELENMESİ

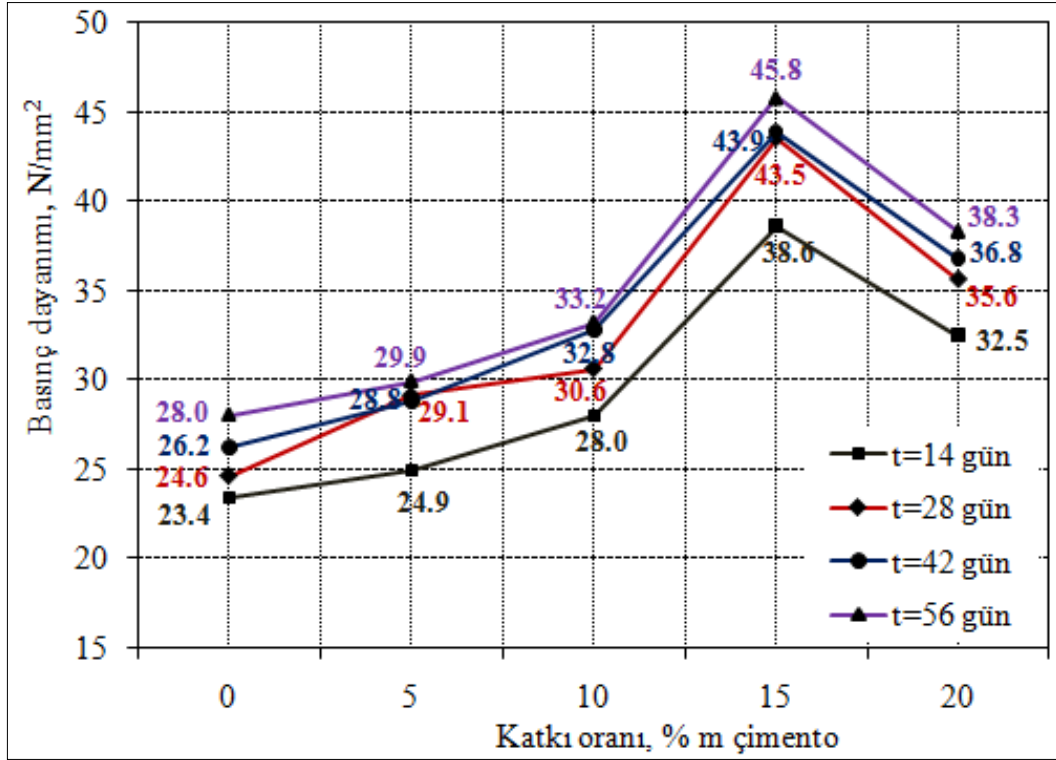
### 5.1 İnce Taneli Katkı Türü İle Basınç Dayanımı Arasındaki İlişki

Çimento kütlelerinin %5, %10, %15 ve %20 oranında agrega ile ikame edilen ince kalker malzeme katkısı ile üretilen beton numunelerin farklı yaş kategorilerindeki basınç dayanım sonuçlarının çizgisel grafik olarak gösteriminden (Şekil 5.1...5.2) anlaşılacağı üzere, ince taneli kalker malzemesinin betona katkı olarak katılması, beton dayanımını etkilemiştir. Deney sonuçlarına göre, katkı türü ve miktarı değiştikçe beton basınç dayanımında önemli değişimler ortaya çıkmıştır.

Numune yaşı ve katkı oranları dikkate alınarak, çizgisel grafikler üzerinde yapılan bu değerlendirmeye tanık beton sonuçları da eklenmiştir.



Şekil 5.1 Elenmiş ince kalker katkılı betonların değişik yaşlardaki basınç dayanımları



Şekil 5.2 Öğütülmüş ince kalker katkılı betonların değişik yaşlardaki basınç dayanımları

İnce taneli kalker katkı türünün beton basınç dayanımı ile ilişkisi, grafikler üzerinde incelendiğinde, değişim açık olarak görülmektedir.

Çimento kütlelerinin %15 oranında elenmiş kalkerin agregaya ikamesi ile üretilen beton numunelerinin 28 günlük ortalama basınç dayanımı  $36.7 \text{ N/mm}^2$  iken bu değer, aynı kategorideki öğütülmüş kalker katkılı beton numunelerinde artış göstererek  $43.5 \text{ N/mm}^2$  olmuştur. Bunun yanında, çimento kütlelerinin %5 oranında elenmiş kalkerin agregaya ikamesi ile üretilen beton numunelerinin 14 günlük ortalama basınç dayanımı  $23.9 \text{ N/mm}^2$  iken aynı kategorideki öğütülmüş kalker katkılı beton numunelerinde bu değer yakınsak bir şekilde  $24.9 \text{ N/mm}^2$  olmuştur.

Diğer yaşlarda ve katkı oranlarında da benzer sonuçlar elde edilmiştir. Bu durumda, erken yaşlarda ve düşük katkı oranlarında basınç dayanımları her iki tür katkıda da birbirine yakın çıkmakta iken, beton yaşı ilerledikçe öğütülmüş kalker katkısı kullanılan beton numunelerin basınç dayanımı, elenmiş ve nispeten daha iri tanelerden oluşan kalker katkısı kullanılan beton numunelerin basınç dayanımından daha yüksek çıkmıştır.

Her iki katkı türünde, %5 oran ile üretilen beton numunelerin basınç dayanımları birbirlerine oldukça yakın değerler gösterirken, katkı oranı %20'lere çıktığında bu farkın benzer aralıklarda olduğu gözlemlenmiştir. En yüksek dayanım, çimento kütlelerinin %15 oranı kadar öğütülmüş kalker malzemesi katkısı ile üretilen 56 günlük beton numunelerde  $45.8 \text{ N/mm}^2$  olarak ölçülmüştür.

Tüm beton numunelerin, tanık betona ve birbirine göre dayanım değişim yüzdeleri benzer olmakla birlikte, fikir vermesi bakımından 28 günlük beton numunelerin basınç dayanımı değişim oranları hesaplanarak çizelgeleştirilmiştir (Çizelge 5.1 ve Çizelge 5.2).

Çizelge 5.1 Elenmiş kalker katkılı beton( $t_{28}$ ) basınç dayanımı değişim oranları, %

Katkı Oranı, % m	Katkı Oranı, % m				
	%0	%5	%10	%15	%20
%0	0	4.1	13.4	49.2	35.4
%5		0	9.0	43.4	31.3
%10			0	31.5	20.4
%15				0	-8.4
%20					0

Çizelge 5.2 Öğütülmüş kalker katkılı beton( $t_{28}$ ) basınç dayanımı değişim oranları, %

Katkı Oranı, % m	Katkı Oranı, % m				
	%0	%5	%10	%15	%20
%0	0	18.3	24.4	76.8	44.7
%5		0	5.2	49.5	22.3
%10			0	42.2	16.3
%15				0	-18.2
%20					0

Beton basınç dayanımlarının, katkı türü ve oranlarına göre değişimi bu çizelgelerde açık olarak görülmektedir.

Elenmiş kalkerin agregaya ikamesi ile üretilen beton numunelerinin 28 günlük ortalama basınç dayanımları tanık betona göre; %5 katkı için %4.1, %10 katkı için %13.4, %15 katkı için %49.2 ve %20 katkı için %35.4 oranında artış göstermiştir. Öğütülmüş kalker katkılı beton numuneleri için bu değerler sırasıyla; %5 katkı için %18.3, %10 katkı için %24.4, %15 katkı için %76.8 ve %20 katkı için %44.7 dir. Bunun yanında, %20 oranında katkı ile üretilen beton numunelerinde %15 katkıya göre dayanım, elenmiş kalker için %8.4, öğütülmüş kalker için %18.2 oranında azalmıştır. Basınç dayanımında görülen bu azalma, ince öğütülmüş agrega oranının yükseltilmesi ile çimento taneciklerinin (jel) aralıklarının büyümesi ve bağlayıcılık etkisinin azaltılmış olmasından kaynaklanmaktadır.

Bu durumda, her iki katkı türünde de, katkı oranı arttıkça beton basınç dayanımı değişiminde de genel bir artış görülmüştür. Ancak, %15 katkı oranına kadar dayanım artışı gözlenirken, bu orandan sonra dayanım tekrar azalmaya başlamıştır. %20 katkı oranlı beton numunelerde elde edilen basınç dayanımları, azalmakla beraber %10 katkılı beton numuneye göre daha yüksek çıkmıştır.

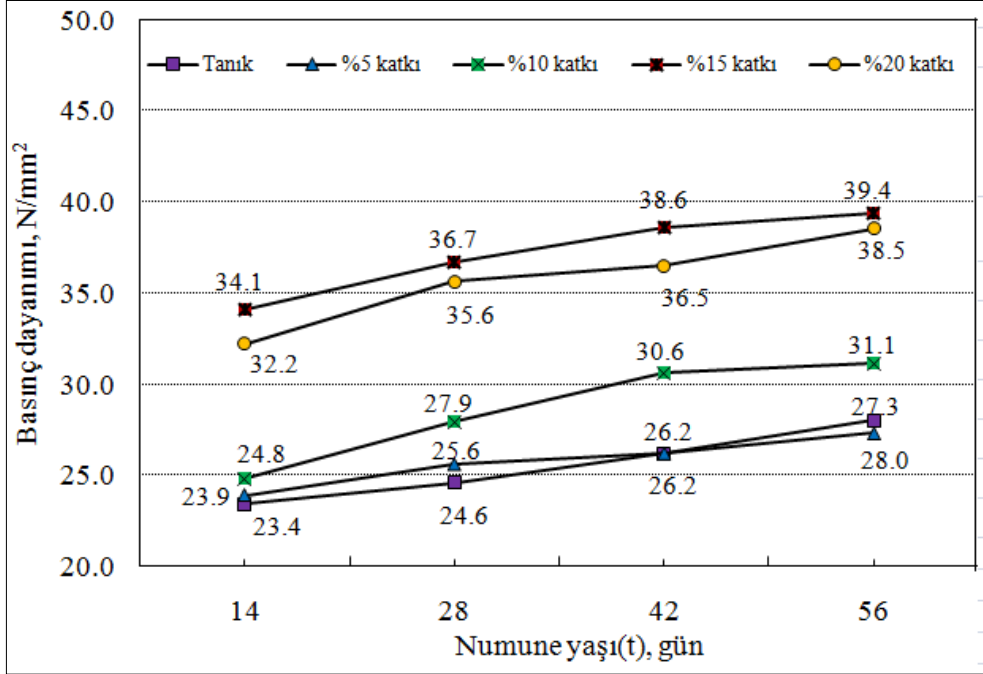
## **5.2 Numune Yaşına Göre Basınç Dayanımının Değişimi**

Tanık beton ile katkı türü ve oranları değişen diğer betonların numune yaşına göre dayanımlarında önemli farklılıklar gözlemlenmiştir. Elenmiş ve öğütülmüş kalker katkılı betonların farklı yaş ve katkı oranlarına göre basınç dayanımları (Şekil 5.3, Şekil 5.4) izlenimi bu bulguyu açık bir biçimde göstermektedir.

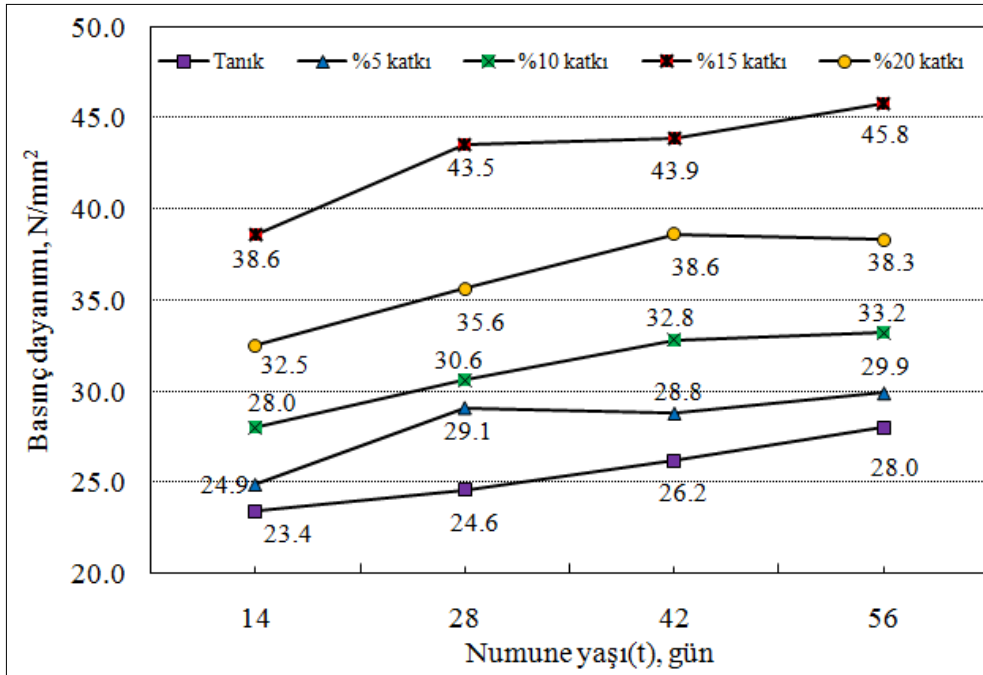
Çimento kütlelerinin %15 oranında elenmiş kalkerin agregaya ikamesi ile üretilen beton numunelerinin 14 günlük ortalama basınç dayanımı  $34.1 \text{ N/mm}^2$  iken bu değer, 56 günlük numunelerde  $39.4 \text{ N/mm}^2$ 'ye kadar yükselmiştir. Benzer şekilde, aynı kategorideki öğütülmüş kalker katkılı beton numunelerinin 14 günlük ortalama basınç dayanımı  $38.6 \text{ N/mm}^2$  iken bu değer, 56 günlük numunelerde  $45.8 \text{ N/mm}^2$ 'ye kadar yükselmiştir

Tüm deney dizilerindeki beton basınç dayanımlarında, benzer şekilde yaşa bağlı olarak genel bir artış görülmüştür. Genellikle az ya da çok oranda “puzolanik” özellik gösteren ince öğütülmüş bu malzemelerin geç de olsa kısmen tepkimeye girmesi, ilerleyen yaşlarda beton basınç dayanımı artışına az da olsa katkı sağlamıştır. Ancak, 28 güne kadar elde edilen basınç dayanımı artış hızı, daha sonraki günlerde yavaşlamıştır.

Katkı oranı %15 olan beton numunelerinde, 42.günden sonraki dayanım artışı diğer katkı oranlarına göre daha belirgin bir biçimde kendisini göstermiştir.



Şekil 5.3 Elenmiş kalker katkılı betonun yaş ve katkı oranlarına göre basınç dayanımları



Şekil 5.4 Ögütülmüş kalker katkılı betonun yaş ve katkı oranlarına göre basınç dayanımları

### 5.3 Kütle Özelliklerine Göre Basınç Dayanımlarında Görülen Değişim

Kütle özelliklerine göre beton numunelerin basınç dayanımlarında görülen değişim, beton numunelerinin doğal ortamda kurutulmuş haldeki ortalama yoğunlukları ve ortalama basınç dayanımları (Çizelge 5.3) temel alınarak analiz edilmiştir.

Çizelge 5.3 Kuru haldeki beton numunelerinin ortalama yoğunluk ve basınç dayanımları

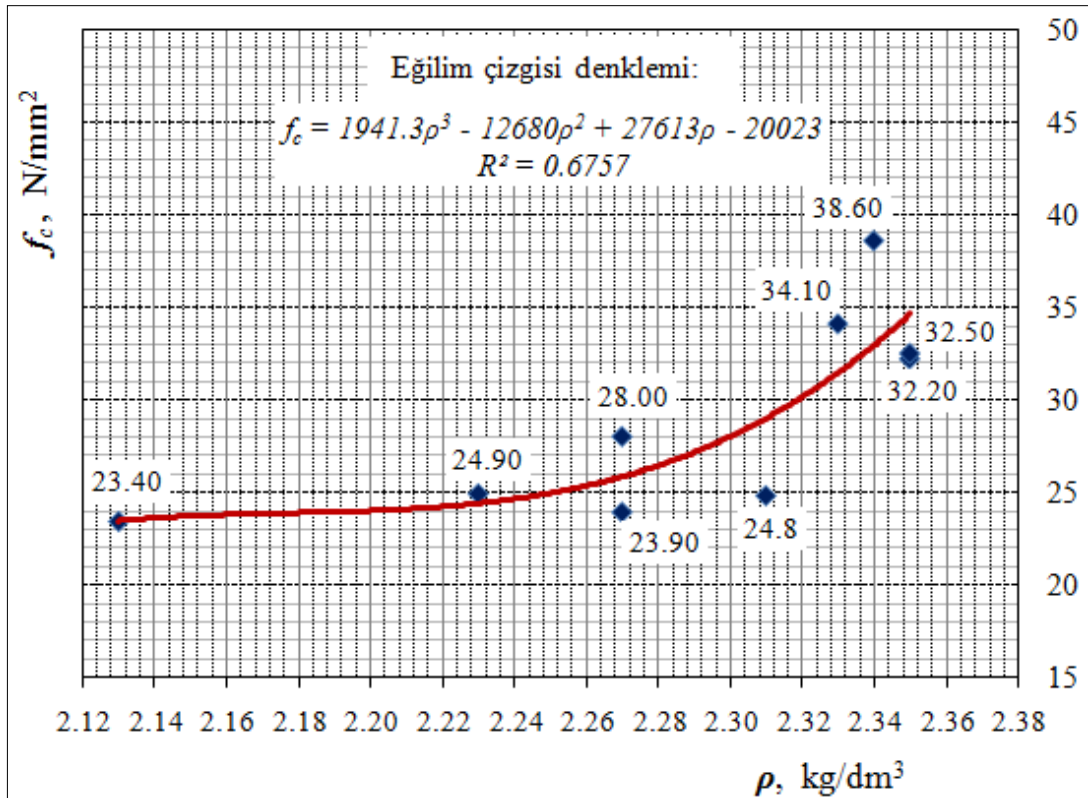
Kür süresi	Katkı oranı	İnce malzeme	Yoğunluk, $\rho$ kg/dm <sup>3</sup>	Basınç dayanımı, $f_c$ N/mm <sup>2</sup>
14 gün	% 0	Tanık	2.13	23.4
	% 5	Eleme	2.27	23.9
		Öğütme	2.23	24.9
	% 10	Eleme	2.31	24.8
		Öğütme	2.27	28.0
	% 15	Eleme	2.33	34.1
		Öğütme	2.34	38.6
	% 20	Eleme	2.35	32.2
Öğütme		2.35	32.5	
28 gün	% 0	Tanık	2.19	24.6
	% 5	Eleme	2.27	25.6
		Öğütme	2.25	29.1
	% 10	Eleme	2.35	27.9
		Öğütme	2.29	30.6
	% 15	Eleme	2.37	36.7
		Öğütme	2.38	43.5
	% 20	Eleme	2.36	35.6
Öğütme		2.35	35.6	
42 gün	% 0	Tanık	2.21	26.2
	% 5	Eleme	2.30	26.2
		Öğütme	2.25	28.8
	% 10	Eleme	2.34	30.6
		Öğütme	2.31	32.8
	% 15	Eleme	2.36	38.6
		Öğütme	2.38	43.9
	% 20	Eleme	2.38	36.5
Öğütme		2.35	36.8	
56 gün	% 0	Tanık	2.21	28.0
	% 5	Eleme	2.26	27.3
		Öğütme	2.23	29.9
	% 10	Eleme	2.33	31.1
		Öğütme	2.29	33.2
	% 15	Eleme	2.34	39.4
		Öğütme	2.36	45.8
	% 20	Eleme	2.36	38.5
Öğütme		2.36	38.3	



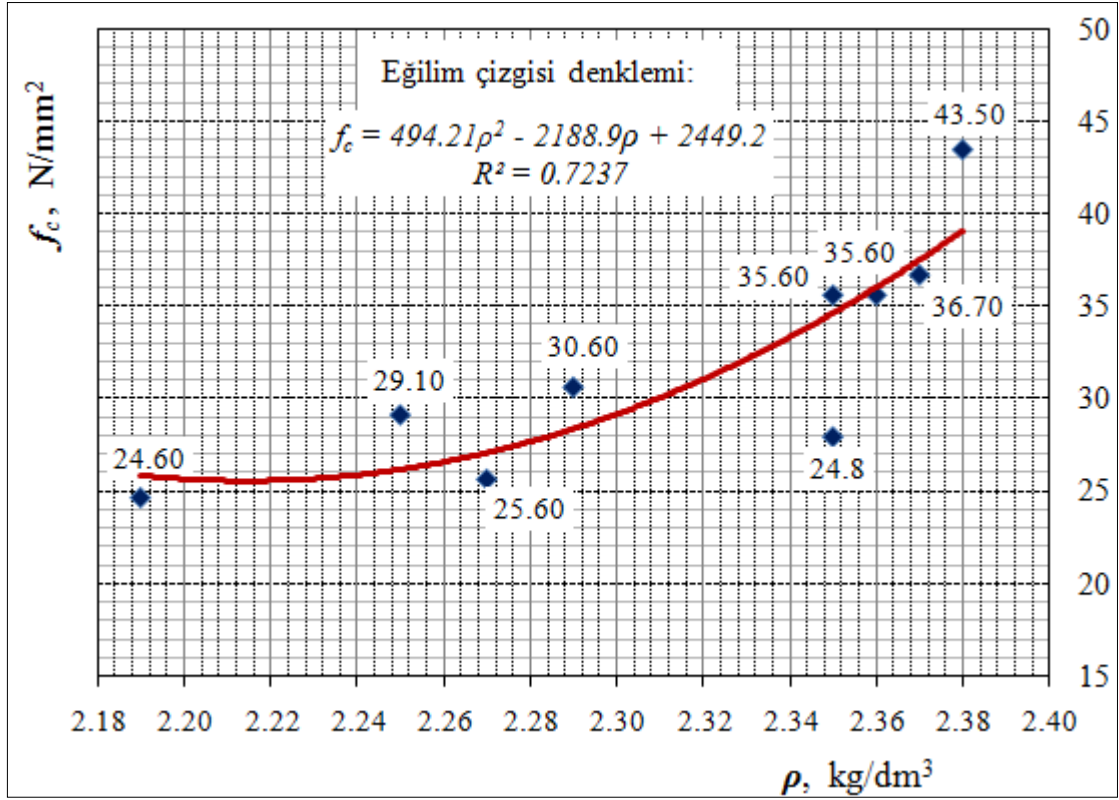
Gerek elenmiş katkılı, gerekse öğütülmüş kalker katkılı beton numunelerinin kütle ve basınç dayanımları arasındaki ilişkiler grafiksel olarak (Şekil 5.5...5.8) verilmiştir. Grafiklerde kütleli ölçü olarak normal havada kurutulmuş doğal haldeki betonun yoğunluğu ( $\text{kg/dm}^3$ ) esas alınmıştır.

Beton numunelerinin yoğunluklarına göre basınç dayanımının değişimi, grafikler üzerinde eğilim çizgisi eklenerek de gösterilmiştir. Beton yoğunluklarının ara değerleri için basınç dayanımını veren parabolün denklemi Microsoft Office Excel 2007'de elde edilerek grafiklere eklenmiştir. Eğilim çizgileri belirlenirken, dayanımları ortalama olarak en iyi ifade eden parabol tercih edilmiş ve korelasyonları ( $R^2$ ) grafikler üzerinde ayrıca gösterilmiştir.

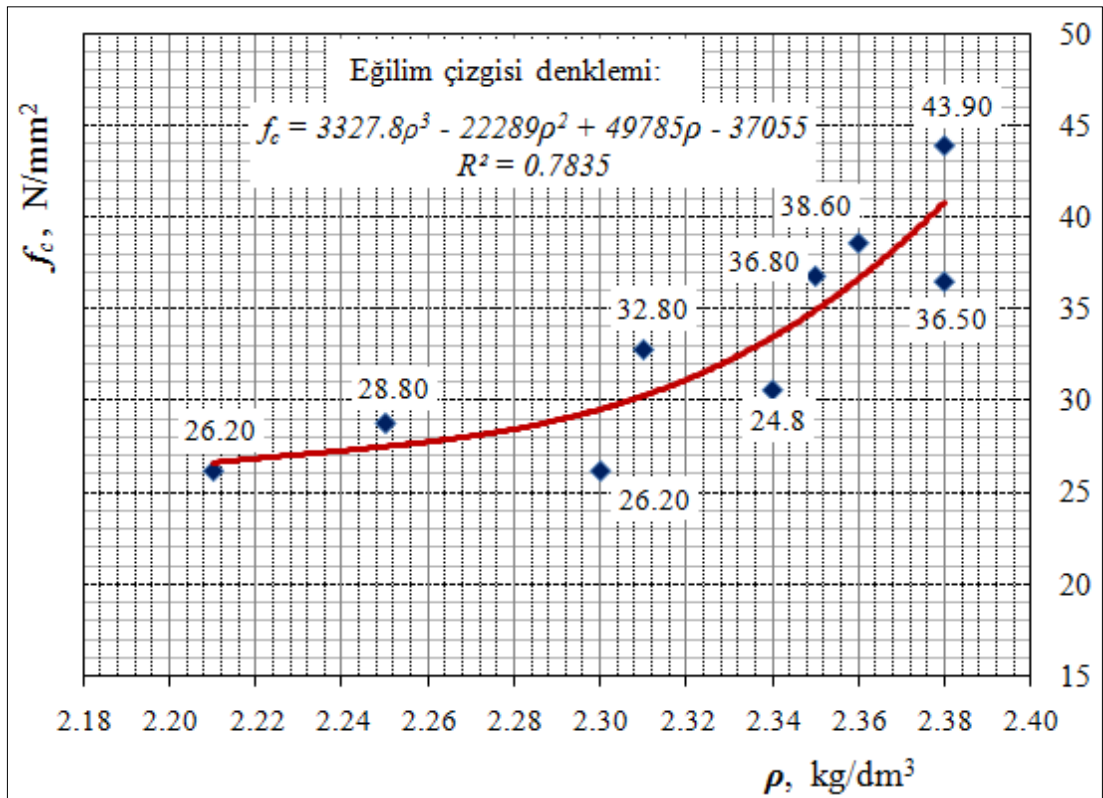
Grafikler üzerinde yapılan gözlemden de anlaşılacağı üzere, beton numunelerin kütle özellikleri ile basınç dayanımları arasında da belirgin bir ilişki vardır. Beton numunelerin tümü üzerinde yapılan değerlendirmede, kür sürelerine göre öbeklendirilen betonların ortalama kütle ve basınç değerleri ele alındığında, genel olarak beton kütlesi arttıkça beton basınç dayanımının da arttığı gözlemlenmiştir.



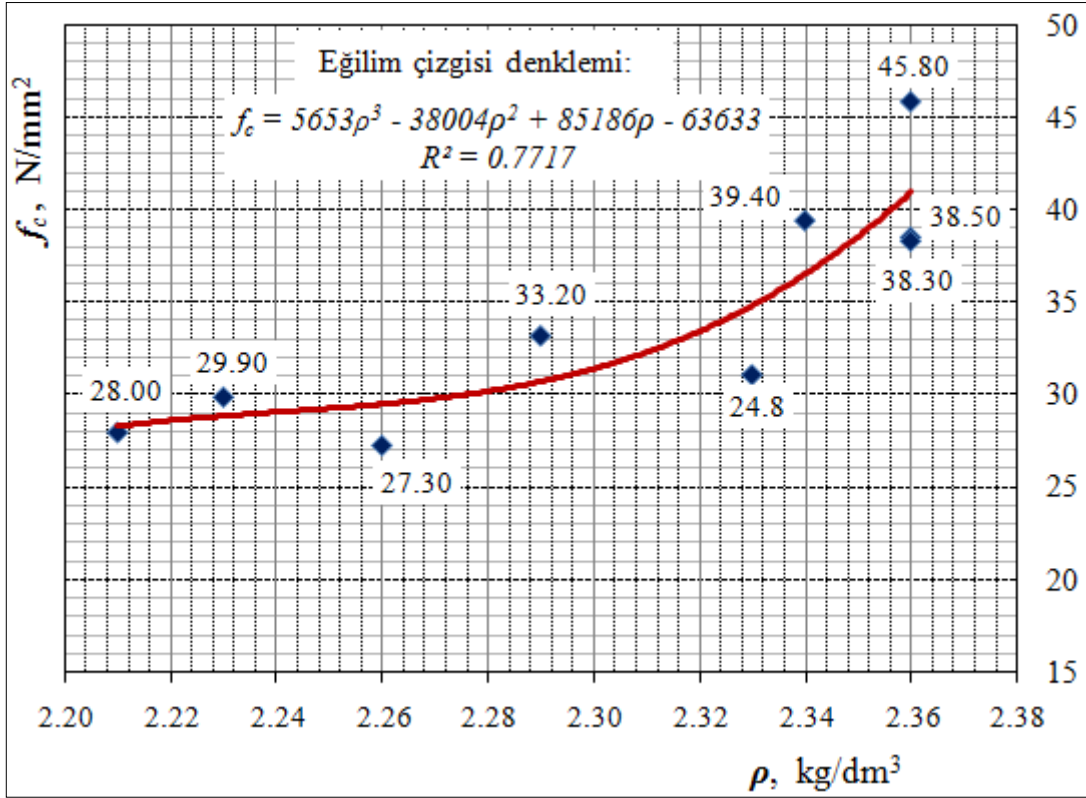
Şekil 5.5 t=14 günlük beton numunelerinin kuru yoğunluk - basınç dayanımı değişimi



Şekil 5.6 t=28 günlük beton numunelerinin kuru yoğunluk - basınç dayanımı değişimi



Şekil 5.7 t=42 günlük beton numunelerinin kuru yoğunluk - basınç dayanımı değişimi



Şekil 5.8 t=56 günlük beton numunelerinin kuru yoğunluk - basınç dayanımı değişimi

#### 5.4 Dayanım sonuçlarının kıvam ve su/çimento oranları ile ilişkisi

Bütün deney dizilerinde genel olarak su/çimento oranı sabit tutularak, kıvam ve basınç dayanımındaki değişimler değerlendirilmiştir.

Bunun yanında, deneme amaçlı yapılan beton dizisi ile diğer bir dizide, su/çimento oranı değiştirilerek üretilen beton numunelerin elde edilen deney sonuçları kayıt altına alınmıştır. Dizilerden birinde su/çimento oranı 0.53, diğerinde 0.77 olmuştur. Değerlendirmeye esas alınan tüm numuneler için sabit tutulan su/çimento oranı ise 0.63 tür.

Kıvam ve su/çimento oranının, beton basınç dayanımını ne şekilde etkilediğini değerlendirmek amacıyla deney dizilerinden ayrı olarak değerlendirilen betonların s/ç, çökme yüksekliği ve 28 günlük basınç dayanım değerleri Çizelge 5.4'de verilmiştir.

Çizelge 5.4 Kıvam, s/ç ve basınç dayanımı karşılaştırması yapılacak 28 günlük beton numuneleri

Katkı oranı	İnce malzeme türü	s/ç	Çökme, mm	Çökme sınıfı	Beton kıvamı	Ortalama ıslak kütle, g	Ortalama basınç dayanımı, N/mm <sup>2</sup>
% 0	Yok	0.63	110	S3	Plastik-Akıcı	2260	24.6
% 0	Yok	0.53	35	S1	Kuru-Plastik	2174	17.8
% 15	Eleme	0.63	94	S2	Plastik	2410	36.7
% 15	Eleme	0.77	250	S5	Çok akıcı	2280	17.6

Deneyler sonucu elde edilen dayanım, kıvam ve su/çimento oranları değerlendirilerek ilişkilendirilmiştir. Deney dizileri için sabit tutulan s/ç oranının dışındaki değerlerde beton kıvamı ve basınç dayanımlarında önemli değişiklikler görülmüştür.

Katkısız taze betonun su/çimento oranı 0.63 iken çökme yüksekliği 110 mm, su/çimento oranı 0.53 iken çökme yüksekliği 35 mm ölçülmüştür. Beton, “plastik-akıcı” kıvamdan “kuru-plastik” kıvama dönüşmüş, ortalama basınç dayanımı ise 24.6 N/mm<sup>2</sup> ye göre düşüş göstererek 17.8 N/mm<sup>2</sup> olmuştur.

%15 elenmiş kalker katkılı taze betonun su/çimento oranı 0.63 iken çökme yüksekliği 94 mm, su/çimento oranı 0.77 iken çökme yüksekliği 250 mm ölçülmüştür. Beton, “plastik” kıvamdan “çok akıcı” kıvama dönüşmüş, ortalama basınç dayanımı ise 36.7 N/mm<sup>2</sup> ‘ye göre düşüş göstererek 17.6 N/mm<sup>2</sup> olmuştur.

Bunların dışında, kıvam farkından dolayı katkısız beton numunelerde ortalama olarak: 2260-2174=86 g, %15 katkılı numunelerde ise: 2410-2280=130 g kütle kaybı olmuştur. Buna göre, her iki halde de basınç dayanımında azalma görülen beton numunelerinin boşluk hacimleri artmıştır.

Genel olarak kıvam belirlenmesinde esas alınan serbest çökme deney yöntemine göre elde edilen çökme yüksekliği taze betonun akıcılığı hakkında ipucu verirken, betonun sıkıştırılabilirliği ile ilgili olarak bunun tersi söz konusu olmaktadır. Nitekim deneylerde elde edilen kıvam sonuçlarına bakıldığında (Bkz. Çizelge 4.18) ince

malzeme oranı artarken çökme yüksekliğinin düştüğü, ancak buna karşın birim kütlenin (Bkz. Çizelge 5.3) ve basınç dayanımının (Bkz. Şekil 5.5...5.8) yükseldiği görülmektedir. Bu tanı, deney koşullarında en yüksek birim kütlenin h=90 mm ile “plastik” kıvamın, “plastik-akıcı” kıvama geçtiği sınırdan elde edildiğini ve bunun da öğütülmüş ince malzemenin %15 oranında temsil edilmesiyle olanaklı kılındığını açık olarak göstermektedir.

Böylece ince öğütülmüş malzemenin, düşük enerjili sıkıştırma yardımı ile daha sıkı yapıya bir beton dokusu (Şekil 5.9.d) elde etmede önemli derece etkin olduğu görülmektedir.

### **5.5 Deney Numuneleri Üzerinde Elde Edilen Özel Nitelikli Veriler**

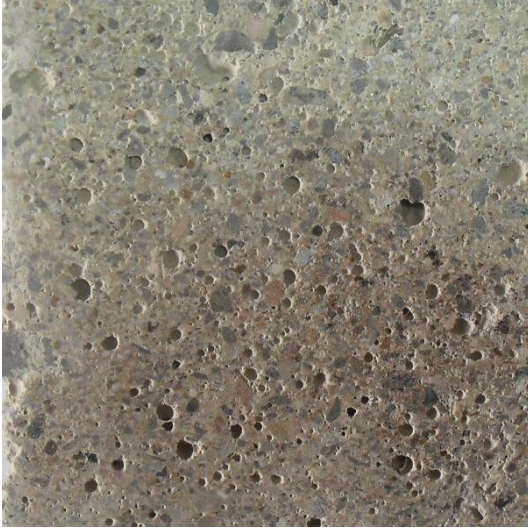
Deney numunelerinin üretildiği dere malzemesinin doğal tane dağılımına müdahale edilmemiştir. Ancak, malzemenin yıkanması sonucu ince tanelerin bir kısmı yıkama suyu ile dışarı atılmıştır. İnce taneli kalker malzemenin karışıma dâhil edilmesi ile, başlangıç tane dağılımına göre, özellikle 0.50 mm’lik elekten itibaren tane dağılım eğrisi ideal kabul edilen eğri sınırına (B eğrisi) yaklaşmıştır. Bu fark, öğütülmüş kalker katkılı agregada, elenmiş kalker katkılı agregaya nazaran biraz daha belirgin olarak ortaya çıkmıştır.

Katkısız beton numunelerinde ölçülen çökme yükseklikleri, katkı miktarı arttıkça azalmıştır. Katkı oranı ile beton kıvamının koyulaşması arasında doğrusal bir ilişki ortaya çıkmıştır. Taneler incelidikçe su tutma oranı arttığı için daha kaba taneli olan elenmiş katkı içerikli betonların kıvamı, aynı orandaki öğütülmüş katkı içerikli betonlara göre nispeten daha akıcı olmuştur.

Her bir deney dizisinde, beton yaşına bağlı olarak basınç dayanımlarında artışlar olmuştur.

Öğütülmüş kalker katkılı beton numunelerden elde edilen basınç dayanımları, elenmiş kalker katkılı beton numunelerine göre daha yüksek çıkmıştır.

Bunlardan başka, kesilmek suretiyle kesit dokusu gün yüzüne çıkarılan(Şekil 5.9) beton numunesi örneklerine göre, beton karışımında kullanılan ince taneli kalker malzeme oranı arttıkça boşluk miktarında da azalma gözlemlenmiştir.



(a) %5 eleme katkılı beton



(b) %5 öğütme katkılı beton



(c) %15 eleme katkılı beton



(d) %15 öğütme katkılı beton

Şekil 5.9 Deney numunesi beton kesit örnekleri

## 6 SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Gümüşhane Yöresinden elde edilen iki farklı incelikteki kalker malzemesinin çimentonun yanında beton karışımında yer almasının, beton kıvamına ve basınç dayanımına etkisinin incelenmesi amacıyla gerçekleştirilmiş olan deneylerin sonucunda, elde edilen verilere dayanılarak ortaya konulan bazı sonuç ve öneriler aşağıda özetlenmiştir.

- İnce taneli kalker malzemesinin betona katkı olarak katılması, beton dayanımını etkilemiştir.
  - Katkı türü ve miktarı değiştiğinde beton basınç dayanımında da önemli derecede değişim görülmüştür.
  - Öğütülmüş kalker katkısı kullanılan beton numunelerin basınç dayanımı, elenmiş ve nispeten daha iri tanelerden oluşan kalker katkısı kullanılan beton numunelerin basınç dayanımından daha büyük çıkmıştır.
- Katkı türü ve oranlarına göre farklı yaşlardaki beton numunelerin basınç dayanımlarının grafiksel gösteriminden(Bkz. Şekil 5.1 ve Şekil 5.2), bir takım bulgular elde edilmiştir.
  - Her iki katkı türünde de, katkı oranı arttıkça beton basınç dayanımı artmıştır.
  - %15 katkı oranına kadar dayanım artışı gözlenmiş, bu orandan sonra dayanım tekrar düşmeye başlamıştır.
  - %20 katkı oranlı beton numunelerden elde edilen basınç dayanımları, %15 katkı oranına göre daha düşük çıkmasıyla birlikte katkısız tanık numuneye ve %10 katkılı numuneye göre daha yüksek çıkmıştır.
  - İki katkı türünde de %5 oran ile üretilen beton numunelerin basınç dayanımları birbirine oldukça yakın iken, katkı oranı %20'lere çıktığında özdeş yakınlığın yinelendiği görülmüştür.
  - En yüksek dayanım değeri, öğütülmüş kalker malzemesinin %15 oran ile üretilmiş beton numunelerde görülmüştür.

- Tüm deney dizilerinde beton basınç dayanımları genellikle yaşa bağlı olarak artmıştır (Bkz. Şekil 5.3 ve Şekil 5.4)
  - Erken yaşlarda basınç dayanımları her iki tür katkıda birbirine yakın iken, beton yaşı ilerledikçe öğütülmüş malzeme kullanılan beton numunelerde basınç dayanımı elenmiş malzemeye göre daha da yükselmiştir.
  - Beton yaşı ilerledikçe basınç dayanımı artışı devam etmiştir. Ancak, 28 güne kadar elde edilen basınç dayanımı artış hızı, daha sonraki günlerde yavaşlamıştır.
  - Katkı oranı %15 olan beton numunelerinde, 42.günden sonraki dayanım artışı diğer katkı oranlarına göre daha belirgin olmuştur.
- Sabit bir su/çimento oranı ile üretilmiş betona, ince taneli kalker malzemesinin katkı olarak katılması, taze beton kıvamını etkilemiştir (Bkz. Çizelge 4.18 ve Şekil 4.43).
  - Her iki katkı türünde de, ince taneli kalker malzeme miktarı arttıkça taze betonun çökme değeri düşmüştür.
  - Tanık beton için ölçülen çökme yüksekliği 110 mm iken, %20 oranında öğütülmüş kalker katılan beton karışımında çökme yüksekliği 75 mm olarak ölçülmüş ve beton, “plastik-akıcı” kıvamdan “plastik” kıvama dönüşmüştür.
  - Elenmiş kalker katkılı betonların çökme değerleri, öğütülmüş kalker katkılı betonlara göre daha yüksek olarak ölçülmüştür.
- Su/çimento oranının değişmesi, taze beton kıvamı ve beton basınç dayanımını önemli ölçüde etkilemiş, beton birim kütlelerini değiştirmiştir (Bkz. Çizelge 5.4).
  - Katkisız taze betonun su/çimento oranı 0.63 iken çökme değeri 110 mm, su/çimento oranı 0.53 iken çökme yüksekliği 35 mm olarak ölçülmüştür. Beton, “plastik-akıcı” kıvamdan “kuru-plastik” kıvama dönüşmüştür.
  - Katkisız betonun 0.63 s/ç ile basınç dayanımı 24.6 N/mm<sup>2</sup> iken, 0.53 s/ç ile basınç dayanımı düşüş göstererek 17.8 N/mm<sup>2</sup> olmuştur.
  - %15 elenmiş kalker katkılı taze betonun su/çimento oranı 0.63 iken çökme yüksekliği 94 mm, su/çimento oranı 0.77 iken çökme yüksekliği 250 mm olarak ölçülmüştür. Beton, “plastik” kıvamdan “çok akıcı” kıvama dönüşmüştür.



- %15 elenmiş kalker katkılı taze betonun 0.63 s/ç ile basınç dayanımı  $36.7 \text{ N/mm}^2$  iken, 0.77 s/ç ile düşüş göstererek  $17.6 \text{ N/mm}^2$  çıkmıştır.
- Katkısız beton numunelerde kıvam değeri daha yüksek çıkarken birim kütle daha düşük çıkmıştır. Dolayısı ile bu numunelerde boşluk miktarı daha yüksek çıkmıştır.
- Birim kütle yükseldikçe beton basınç dayanımı da artmıştır (Bkz. Şekil 5.5...5.8).
  - Kür sürelerine göre öbeklendirilen betonların ortalama kütle ve basınç değerleri ele alındığında, genel olarak beton kütlesi arttıkça beton basınç dayanımının da arttığı gözlemlenmiştir.
- Beton karışımında kullanılan ince taneli kalker malzeme oranı arttıkça beton içerisindeki boşluk miktarı azalmıştır.
  - Katkı oranı %15 olan beton numunelerin kesit dokusu, katkı oranı %5 olan beton numunelere göre daha sıkı olup boşluk oranının nispeten düşük olduğu gözlemlenmiştir (Bkz Şekil 5.9).

Bu sonuçlar, gerçekleştirilen deney dizilerinden elde edilmiştir. Agregata tane dağılımı ve özellikleri, kullanılan çimento türü, değişik ocaklardan temin edilecek kalker malzemesinin özellikleri, deney yapım koşulları ve kür koşulları, farklı sonuçların çıkmasına neden olabilir.

Elde edilen verilere göre, ince kalker malzemenin beton karışımına dâhil edilmesi, basınç dayanımı yönünden beton niteliğini yükseltmiştir. Buna karşın, %20 oranında katılan ince kalker malzeme ile üretilen beton dayanımları, %15 oranına göre düşüş göstermiştir. Hangi oranda ince kalker malzemesi katıldığında, katkısız tanık betona göre basınç dayanımının düştüğü sorusunun cevaplanması için konunun ayrıca araştırılması gerekmektedir.

Katkı miktarının ve tane inceliğinin taze beton kıvamını serbest çökme yöntemine göre düşürse de bunun ayrıca sıkıştırma derecesine etkisinin ne olacağı araştırma konusudur.

Bu çalışmada, kalker malzemesi agregata ile ikame edilmiş ve %15 öğütülmüş kalker katkılı beton numunelerin 28 günlük test sonuçlarından elde edilen basınç dayanımı ortalama  $43.5 \text{ N/mm}^2$  olarak ölçülmüştür. Bu dayanım, normal mühendislik taleplerini karşılayan betonlar için yüksek sayılabilecek bir değerdir. Kalker malzemesi,

agrega yerine değil de imento katkısı olarak karıştırıldığında imento miktarında bir azalma olacağı için basınç dayanımında bir değişim, muhtemel bir dűşűş olup olmayacağı hususu da ayrıca aydınlatılması gereken bir konudur.

Bol miktarda kalker kaynaęına sahip Gűműřhane yűresinden elde edilen ince taneli kalker katkısı (tař unu) kullanılarak űretilen betonların dayanımlarında yűkseliř kaydedildięi açıktır. Ancak, evresel etkilere karřı dayanıklılık da yine ayrı bir konu olarak ele alınması gerekir.

## KAYNAKLAR

- Arslan, M., 2001, Beton, Atlas Yayın Dağıtım, İstanbul, 237s.
- Arıcı, E., 1997, Van Yöresindeki Volkanik Tüfün Beton Mukavemetine Etkisi ve Taşıyıcı Hafif Beton Agregası Olarak Kullanılabilirliğinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ, 59s.
- Binici, H., Durgun, M.Y., ve Kuşat Gürün, D., 2009, 12(2), Tüysüz Bazalt Tüfünün Hafif Beton Üretiminde Kullanımı, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, s.18-24. <http://muhendislikbilimleri.ksu.edu.tr/sayi/12/2/122-3.pdf> (12 Ekim 2010).
- Çavdar, A., 2004, Trabzon Yöresi Tüflerinin Çimentoda Tras Olarak Kullanılabilirliği, Çimento İnceliği ve Tras Oranının Traslı Çimentonun Özelliklerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 84s.
- Çavdar, A., and Yetgin, Ş., 2007, Availability of tuffs from northeast of Turkey as natural pozzolan on cement, some chemical and mechanical relationships, Construction and Building Materials, Volume 21, Issue 12, December 2007, pp.2066-2071.
- Çavdar, A., and Yetgin, Ş., 2010a, Investigation of abrasion resistance of cement mortar with different pozzolanic compositions and subjected to sulfated medium, Construction and Building Materials, Volume 24, Issue 4, April 2010, pp.461-470.
- Çavdar, A., and Yetgin, Ş., 2010b, Investigation of mechanical and mineralogical properties of mortars subjected to sulfate, Construction and Building Materials, Volume 24, Issue 11, November 2010, pp.2231-2242.
- Doğangün, A., 2009, Betonarme Yapıların Hesap ve Tasarımı, Birsen Yayınevi, İstanbul, 844s.
- Erdoğan, S.Y., ve Erdoğan, T.Y., 2006, Soru ve Yanıtlarıyla Beton, Türkiye Hazır Beton Birliği Yayını, İstanbul, 256s.
- Erdoğan, T.Y., 1995, Agregalar, Türkiye Hazır Beton Birliği Yayını, İstanbul, 162s.
- Erdoğan, T.Y., 2003, Beton, ODTÜ Geliştirme Vakfı Yayıncılık ve İletişim A.Ş. Yayını, 741s.
- Ersoy, U., ve Özcebe, G., 2001, Betonarme, Evrim Yayınevi, İstanbul, 817s.

- Folk, R.L., 1962, Spectral Subdivision of Limestone Types, In W.E. Ham(Ed.), Classification of Carbonate Rocks, Amer. Assoc. Petroleum Geologist Mem., 1, pp.62-64
- Genel Teknik Şartname, (1985), Bayındırlık ve İskân Bakanlığı Yüksek Fen Kurulu Başkanlığı, Ankara
- Kobu, B., 2003, Üretim Yönetimi, Avcıol Basım Yayın, İstanbul, 712s.
- Mehta, P.K., and Monteiro, P.J.M., 2005, Concrete : Microstructure, Properties and Materials, McGraw-Hill Professional Publishing, New York(USA), 684p.
- Onaran, K., 1993, Malzeme Bilimi, Bilim Teknik Yayınevi, İstanbul, 368s.
- Oruç, Ş., 1997, Torul Kalker Taşocağı Agregalarının Asfalt Betonu İçerisindeki Performansının Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 70s.
- Özgan, E., 2005, Kırmataş Agrega İçerisindeki Taş Unu Miktarının Betonun Basınç Dayanımına Etkisi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, sayı 21(1-2), s.198-205. <http://fbe.erciyes.edu.tr/mka-2005/Dergi/2005-vol21-no-1-2/21-04-in-01.pdf> (10 Aralık 2010).
- Özişik, G., 2000, Beton, Birsen Yayınevi, İstanbul, 360s.
- Özkul, H., Taşdemir, M.A., Tokyay, M., ve Uyan M., 2004, Her Yönüyle Beton, Türkiye Hazır Beton Birliği Yayını, İstanbul, 126s.
- Pul, S., 2000, Doğu Karadeniz Bölümü Agregalarıyla Yüksek Performanslı Beton Üretimi Ve Özelliklerinin Diğer Betonlarla Karşılaştırmalı Olarak İncelenmesi. Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 171s.
- Şimşek, O., 2009, Beton ve Beton Teknolojisi, Seçkin Yayıncılık, Ankara, 263s.
- Taşdemir C., ve Atahan, H.N., 1996, Filler Malzemelerinin Betonun Mekanik Özelliklerine ve Dürabilitesine Etkisi, I.Ulusal Kırmataş Sempozyumu'96, İstanbul, s.251-266. [http://www.maden.org.tr/resimler/ekler/c2a1b8eada4803a\\_ek.pdf](http://www.maden.org.tr/resimler/ekler/c2a1b8eada4803a_ek.pdf) (10 Kasım 2010).
- TS EN 12350-2, (2002, Nisan). Beton - Taze Beton Deneyleri - Bölüm 2: Çökme (Slamp) Deneyi, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 12390-3, (2003, Nisan). Beton - Sertleşmiş Beton Deneyleri - Bölüm 3: Deney Numunelerinde Basınç Dayanımının Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

- TS EN 197-1, (2002, Mart). Çimento-Bölüm 1: Genel Çimentolar Bileşim, Özellikler, Uygunluk Kriterleri, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 206-1, (2002, Nisan). Beton-Bölüm 1: Özellik, Performans, İmalat ve Uygunluk, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS 500, (2000, Şubat). Betonarme Yapıların Yapım ve Tasarım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS 706, (1980, Aralık). Beton Agregaları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS 802, (1985, Ocak). Beton Karışım Hesap Esasları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Uluöz, S., Yakıt, E., ve Düzbasan, S., 2004, Kırma Agregadaki Taş Unu ve Kil Miktarının Beton Kalitesine Etkisi, Beton 2004 Kongresi, 10-12 Haziran 2004, Bildiriler Kitabı, Türkiye Hazır Beton Birliği Yayını, İstanbul, s. 697-706.
- Yetgin, Ş., and Çavdar, A., 2006, Study of Effects of natural Pozzolan on Properties of Cement Mortars, Journal of Materials in Civil Engineering, Volume 18 / Number 6, November/December 2006, pp.813-816.
- Yetgin, Ş., and Çavdar, A., 2011, Abrasion Resistance of Cement Mortar with Different Pozzolanic Compositions and Matrices, Journal of Materials in Civil Engineering, Volume 23, February 2011, pp.138-145.
- Yetgin, Ş., ve Çavdar, A., 2003, Uygulamada Taze Beton Kıvam Sorunu, Türkiye Mühendislik Haberleri, Sayı 427, s.34-37.

## ÖZGEÇMİŞ

Adı : Mehmet Derviş

Soyadı : KÖSE

Doğum yeri, yılı : Gümüşhane, 1968

Baba adı : Ağabek

Ana adı : Emine

Gümüşhane’de, 1978 yılında Keçikaya Köyü İlkokulundan, 1981 yılında Kale Ortaokulundan ve 1984 yılında Gümüşhane Lisesinden mezun oldu. Anadolu Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümüne 1984 yılında kayıt yaptırdı. Bu bölümden 1989 yılında dönem birincisi olarak mezun oldu. 1990 yılında Gümüşhane Milli Eğitim Müdürlüğünde İnşaat Mühendisi olarak göreve başladı. 1994 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Gümüşhane Meslek Yüksekokulu’na Öğretim Görevlisi olarak atandı. 2003 yılında Anadolu Üniversitesi İktisat Fakültesinden lisans, 2007 yılında Sakarya Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsünden, İşletme Yüksek Lisans derecesi aldı. Halen Gümüşhane Üniversitesi Gümüşhane Meslek Yüksekokulunda Öğretim Görevlisi olarak çalışmaktadır.

Orta derecede Fransızca bilen Mehmet Derviş Köse, evli ve üç çocuk babasıdır.

İletişim Bilgileri:

Gümüşhane Üniversitesi

Gümüşhane Meslek Yüksekokulu,

İnşaat Bölümü

29100 Bağlarbaşı /GÜMÜŞHANE

İs Tel : 456.233 73 20 Dahili : 226

Ev Tel :456. 213 40 59

e-posta adresi : mdk@gumushane.edu.tr