

78576

SAMSUN İLİ BAFRA İLÇESİ KIZILIRMAK
HAVZASINDAKİ DOĞAL AGREGA
OCAKLARINDAN ALINAN AGREGALARIN VE BU
AGREGALARDAN ÜRETİLEN BETONUN BAZI
ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Kadir Ersin TEMİZEL

YÜKSEK LİSANS TEZİ
TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA
ANABİLİM DALI

**ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**SAMSUN İLİ BAFRA İLÇESİ KIZILIRMAK HAVZASINDAKİ DOĞAL AGREGA
OCAKLARINDAN ALINAN AGREGALARIN VE BU AGREGALARDAN
ÜRETİLEN BETONUN BAZI ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

Kadir Ersin TEMİZEL

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANA BİLİM DALI**

DANIŞMAN

Doç. Dr. Turgut ÖZTÜRK

78576

SAMSUN - 1998

1

ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

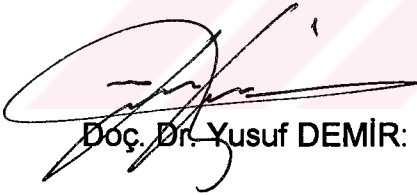
Bu çalışma, jürimiz tarafından 10.09.1998 tarihinde yapılan sınav ile **Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı'nda YÜKSEK LİSANS** tezi olarak kabul edilmiştir.



Başkan : Prof. Dr. Mehmet APAN



Üye : Doç. Dr. Turgut ÖZTÜRK
(Danışman)



Üye : Doç. Dr. Yusuf DEMİR:

Onay:

Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

15.10.1998



Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Prof. Dr. Ferhat ODABAŞ

**SAMSUN İLİ, BAFRA İLÇESİ KIZILIRMAK HAVZASINDAKİ DOĞAL AGREGA
OCAKLARINDAN ALINAN AGREGALARIN VE BU AGREGALARDAN ÜRETİLEN BETONUN BAZI
ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

ÖZET

Bafra ilçesi sınırları içerisindeki Kızılırmak havzasından sağlanan agrega Bafra ilçesi ile çevre il, ilçe ve diğer küçük yerleşim birimlerindeki inşaatlarda yaygın kullanım alanı bulmaktadır. Yörenin deprem kuşağı içerisinde bulunması nedeniyle depreme dayanıklı yapıların inşasında gerekli koşullardan birisi olan yüksek dayanımlı beton üretimi için yöredeki doğal agrega ocaklarından temin edilen agregaların özelliklerinin belirlenmesi ve bu agregaların beton üretiminde uygun bir şekilde kullanımının saptanması da yadsınamaz bir gerçektir. Bu araştırmada bu gerçeklerden yola çıkılarak yörede Kızılırmak havzasındaki doğal agrega ocaklarından elde edilen agregaların önemli özellikleri ile bu agregalardan üretilen betonun bazı özellikleri saptanmıştır.

Araştırmada yörede bulunan üç farklı agrega ocağından alınan örneklerin doğal nem miktarı, granülometrik bileşimi, kil-silt miktarı, organik madde miktarı, agrega birim ve özgül ağırlıkları ile aşınma mukavemeti ve hava etkilerine dayanıklılıkları test edilmiştir. Ayrıca bu ocakların agregalarından üretilen betonların işlenebilirlik, birim ağırlık, kompasite ve porozite değerleriyle beton basınç dayanımları ve beton kalite katsayıları belirlenmiştir.

Araştırma bulgularına göre ocaklardan elde edilen agregaların granülometrik bileşiminde ince malzemenin çok, kaba malzemenin ise daha az olduğu saptanmış, agreganın diğer özelliklerinin ise beton üretimi için uygun olduğu belirlenmiştir. Özellikle granülometrik bileşimde ince malzemenin fazla olmasının beton basınç dayanımlarını olumsuz yönde etkilediği gözlenmiştir. Dolayısıyla yörede bu agrega ocaklarından sağlanan malzemeler ile kaliteli ve dayanıklı beton üretebilmek için agregalar tuvenan karakterde değil, granülometrik bileşim ayarlandıktan sonra beton üretiminde kullanılmalı ve ayrıca agrega temizliğinin (yıkama uygulaması) beton basınç dayanımındaki pozitif etkisi göz ardı edilmemelidir.

**Anahtar Kelimeler : Agrega, Granülometri, Beton, Basınç Dayanımı,
Kalite Katsayısı.**

**DETERMINATION OF SOME PROPERTIES OF AGGREGATES AND CONCRETE
WHICH IS PRODUCED USING THOSE AGGREGATES FROM KIZILIRMAK
RIVER BASIN, IN BAFRA REGION, AT SAMSUN.**

ABSTRACT

Aggregates which are provided from Kızılırmak river basin have been using widespread are for installing buildings and the other farm structure around Bafra country. The country stands of earthquake zone that is made very important to determine the properties of aggregates deposits in same neighborhood, so that high-strength concrete should be produced. In this research, the important characteristics of aggregates were investigated that are taken from natural aggregate deposits in Kızılırmak river basin and aggregates were ascertained using for concrete.

Aggregates samples taken from location of Bafra plain, has been tested for natural humidity amounts, sieve or screen analysis, proportion of fine materials amounts, organic impurities, specific gravity and water absorption, unit weight, abrasion resistance, and frost resistance determination of aggregates.

In addition, slump, unit weight, composite and porosity, uniaxial compression, and quality coefficients have ascertained for concrete which were produced from these aggregates.

According to results, granülometrik distribution of the aggregates were mostly fine material and small amount course materials, but the other characteristics of aggregates were suitable for concrete. Especially existing the fine material in granülometrik distribution have been effected the concrete specimens pressure negatively. Therefore to produce strength concrete with using mixed aggregates is not possible adjusting the granülometrik distributions and cleanness aggregates.

Keywords: Aggregates, Granülometrik Distributions, Concrete, Compressive Strength, Quality Coefficient.

TEŞEKKÜR

Yaptığım yüksek lisans çalışmasında bana bu konuyu öneren ve çalışma imkanı sağlayan sayın Doç. Dr. Turgut ÖZTÜRK' e, araştırmanın yürütülmesi esnasında bana her türlü olanağı sağlayan ve değerli önerilerinden faydalandığım başta bölüm başkanım sayın Prof. Dr. Mehmet APAN' a, Doç. Dr. Yusuf DEMİR, Yrd. Doç. Dr. Yaşar Ayrancı, Dr. Tekin Kara ve Araş. Gör. Bilal CEMEK' e içtenlikle şükranlarımı sunarım.

Ayrıca tez içindeki deneylerin yapılması sırasında yardımlarını esirgemeyen Aydınlar İnşaat A.Ş. Fabrika Müdürü sayın Seydi Ahmet ŞENER' e, D.S.İ. Bafra Ovası Sulama İnşaatı laboratuvarı çalışanları sayın Hüsamettin ŞENOCAK, Fedai ÖZTÜRK, Recep BÜLBÜL, Rasim ÖZKAN ve beton santralinde görevli Recai Sümer'e, D.S.İ. VII. Bölge Müdürlüğü çalışanlarına, İbrahim İŞMAN, Ahmet ŞEKER, Orhan DENİZ, Halil KARAMAN, İbrahim ATAMAN' a ve bilgisayar tekniği konularında yardımlarını aldığım Taner ETİ, Araş. Gör. Abdükkadir SÜRÜCÜ ve Araş. Gör. Rıdvan KIZILKAYA' ya, Bafra Ticaret Odasına, Elif Matbaacılığa ve ayrıca aileme teşekkürlerimi bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER**Sayfa No**

1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ	6
2.1. Agregâ İle İlgili Genel Bilgiler	6
2.1.1. Doğal Nem Miktarı	7
2.1.2. Granülometrik Bileşim	8
2.1.3. Kil-Silt Miktarı	11
2.1.4. Organik Madde Miktarı	12
2.1.5. Agregâ Birim Ağırlığı	13
2.1.6. Agregâ Özgöl Ağırlığı	13
2.1.7. Hava Etkilerine Dayanıklılık	14
2.1.8. Aşınma Mukavemeti	14
2.2. Beton İle İlgili Genel Bilgiler	15
2.2.1. İşlenebilirlik (Kıvam)	16
2.2.2. Birim Ağırlık	17
2.2.3. Hacimsel Değişim (Rötre)	18
2.2.4. Komposite ve Porozite	19
2.2.5. Basınç Dayanımı	19
2.2.6. Hava Olaylarına Dayanıklılık	21
2.2.7. Kalite Katsayısı	22
3. MATERYAL VE METOT	23
3.1. Materyal	23
3.1.1. Agregâ Ocakları	23
3.1.2. Çimento	27
3.1.3. Su	27
3.1.4. Araştırmada Kullanılan Araç Gereçler	28
3.2. Metot	28
3.2.1. Arazi Çalışmaları	28
3.2.1.1. Agregâ Ocaklarının Seçimi	28
3.2.1.2. Agregâ Örneklerinin Alınması	29
3.2.2. Laboratuar Çalışmaları	29
3.2.2.1. Agregâ Örneklerinin Deneylere Hazırlanması	29
3.2.2.2. Doğal Nem Miktarının Belirlenmesi	30
3.2.2.3. Granülometri Analizi	31
3.2.2.4. Kil-Silt Miktarının Tayini	31
3.2.2.5. Organik Madde Tayini	32
3.2.2.6. Sıkışık ve Gevşek Birim Ağırlığı Tayini	33
3.2.2.7. Özgöl Ağırlık ve Su Emme Yüzdesi Tayini	34

3.2.2.8. Hava Etkilerine Dayanıklılık Tayini	37
3.2.2.9. Kaba Agrega Aşınma Mukavemeti Tayini	39
3.2.2.10. Beton Karışım Hesap Metodu	40
3.2.2.11. Taze Betonda Kıvam (İşlenebilirlik) Tayini	41
3.2.2.12. Taze Betonda Birim Ağırlık Tayini	42
3.2.2.13. Taze Betonda Porozite ve Kompasite Tayini	43
3.2.2.14. Beton Numunelerin Basınç Dayanım Deneyine Hazırlanması	43
3.2.2.15. Beton Numunelerde Basınç Dayanımı	44
3.2.2.16. Beton Numunelerin Kalite Katsayılarının Belirlenmesi	45
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	46
4.1. Agrega İle İlgili Bulgular	46
4.1.1. Doğal Nem Miktarı	46
4.1.2. Granülometrik Bileşim	47
4.1.3. Kil-Silt Miktarı	50
4.1.4. Organik Madde Miktarı	51
4.1.5. Sıkışık ve Gevşek Birim Ağırlık	52
4.1.6. Özgül Ağırlık ve Su Emme Yüzdesi	52
4.1.7. Hava Olaylarına Dayanıklılık	54
4.1.8. Aşınmaya Dayanıklılık	56
4.2. Beton İle İlgili Bulgular	56
4.2.1. Taze Betonda Kıvam (İşlenebilirlik Kabiliyeti)	56
4.2.2. Taze Beton Birim Ağırlıkları	58
4.2.3. Taze Betonda Porozite ve Kompasite	59
4.2.4. Beton Basınç Dayanımları	59
4.2.5. Beton Kalite Katsayıları	61
5. SONUÇ ve ÖNERİLER	64
6. KAYNAKLAR	66
7. ÖZGEÇMİŞ	69

SİMGE VE KISALTMALAR LİSTESİ

- A : Deney yükü uygulama yönüne dik deney örneğinin ortalama kesit alanı (cm^2).
- a_1 : 100 devir sonu aşınma oranı (%),
- a_2 : 500 devir sonu aşınma oranı (%),
- A_2 : Slump hunisinin yüksekliği (30 cm),
- B : Taze betonun birim ağırlığı (kg/dm^3),
- B_s : Sıkışık birim ağırlığı (kg/dm^3),
- B_2 : Çökmeden sonraki taze betonun yüksekliği (cm)
- C : 1 m^3 beton karışımındaki çimento ağırlığı (kg),
- C_2 : Çökme miktarı (cm),
- D : Don kaybı oranı (%),
- F : Kırılma yükü (kg),
- f_g : Beton deney örneğinin basınç dayanımı (kg/cm^2),
- G_1 : Örneğin deney başlangıcındaki etüv kuru ağırlığı (g),
- G_2 : Örneğin deney sonunda elek üstünde kalan kısmın etüv kuru ağırlığı (g),
- G_d : Agreganın doymun kuru yüzey durumundaki ağırlığı (g)
- G_k : Agreganın tam kuru durumdaki ağırlığı (g),
- G_n : Agreganın doğal neme sahip durumdaki ağırlığı (g),
- γ_{nd} : İnce agreganın doymun kuru yüzey özgül ağırlığı (kg/dm^3),
- γ_{rd} : İri agreganın doymun kuru yüzey özgül ağırlığı (kg/dm^3),
- γ_{rg} : İri agreganın görünen özgül ağırlığı (kg/dm^3),
- γ_{ng} : İnce agreganın görünen özgül ağırlığı (kg/dm^3),
- γ_{nk} : İnce agreganın kuru özgül ağırlığı (kg/dm^3),
- γ_{rk} : İri agreganın kuru özgül ağırlığı (kg/dm^3),
- K : Su-çimento oran
- k : Taze betonun kompasitesi,
- L : Karışım suyu (litre),
- m_e : İri agreganın su emme oranı (%),
- m_i : İnce agreganın su emme oranı (%),
- M_y : Yıkanabilen ince madde (Kil-Silt) oranı (%),
- p : Taze betonun porozitesi,

- U : 1 m³ beton karışımındaki iri agregâ ağırlığı (kg),
u : İri agregâ özgül ağırlığı (kg/dm³),
V : 1 m³ beton karışımındaki ince agregâ ağırlığı (kg),
v : İnce agregâ özgül ağırlığı (kg/dm³),
V_k : Ölçme kabının hacmi (dm³),
W_n : Agregâ doğal nemi (%),
W₁ : Örneğin etüv kurusu ağırlığı (kuru ağırlık) (g),
W₂ : Yıkanmış örneğin kuru ağırlığı (g),
W₃ : Birim ağırlık kovanının boş ağırlığı (kg),
W₄ : 500ml çizgisine kadar su ile dolu ölçü kabı ağırlığı (g),
W₁₂ : Çimento miktarı (kg),
W₁₀₀ : Örneğin 100 devir sonu aşınmayan kısmın ağırlığı (g),
W₅₀₀ : Örneğin 500 devir sonu aşınmayan kısmın ağırlığı (g),



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Maksimum tane büyüklüğü 32.0 mm olan karışık agreganın granülometri	Sayfa
(Anonymous1980a)	9
Şekil 3.1. Araştırmada kullanılan agregaların alındığı ocakların yeri	24
Şekil 3.2. 1 Nolu agreganın ocağından genel bir görünüm	25
Şekil 3.3. 2 Nolu agreganın ocağından genel bir görünüm	25
Şekil 3.4. 3 Nolu agreganın ocağından genel bir görünüm	26
Şekil 3.5. Çetinkaya köprüsü	26
Şekil 3.6. Seçilen agregalara uygulanan çeyrekleme yöntemi	30
Şekil 3.7. Granülometri analizinde kullanılan elek takımları	31
Şekil 3.8. Organik madde tayini deney düzeneği (Ölçü silindirleri, Pipet, Baget)	32
Şekil 3.9. Birim ağırlık kovaları	33
Şekil 3.10. Deneylerde kullanılan ± 1 g hassas terazinin genel görünümü	34
Şekil 3.11a. Özgül ağırlık tayininde kullanılan deney düzeneği(Hassas terazi)	35
Şekil 3.11b. Özgül ağırlık tayininde kullanılan deney düzeneği(Vakum pompası)	36
Şekil 3.11c. Özgül ağırlık tayininde kullanılan deney düzeneği(Arşimet terazi)	36
Şekil 3.12. Don deneyi düzeneği	38
Şekil 3.13. Aşınma deneyinde kullanılan bilyalı tambur aleti	39
Şekil 3.14. Standart silindir beton örnek kalıpları	41
Şekil 3.15. Çökme hunisi	42
Şekil 3.16. Kurumaya bırakılmış beton deney örnekleri	44
Şekil 3.17. Beton örneklerin başlıklanması	44
Şekil 3.18. Üniversal test cihazı	46
Şekil 4.1. Seçilen ocaklardan alınan agregaların granülometri eğrileri ve sınır değerleri	49
Şekil 4.2. Organik madde tayini	51
Şekil 4.3. Ocaklara göre tane sınıflarındaki don kayıpları	55
Şekil 4.4. Tek tane sınıflarına göre ocaklardaki aşınma miktarları	55
Şekil 4.5. Ocaklar ve uygulamalara göre 7 ve 28 günlük basınç dayanımları ve bu örneklerin slump değerleri ve kalite katsayıları	63

ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge 2.1. Çökme Miktarlarına Göre Beton Sınıflaması (Ekmekyapar ve Örüng, 1993).	17
Çizelge 2.2. Betonun Akıcılığı (Balaban ve Şen 1984)	17
Çizelge 2.3. Türk Standartlarına Göre Beton Sınıfları (Anonymous, 1984)	21
Çizelge 2.4. İngiliz Standartlarına Göre Beton Sınıfları (Anonymous, 1970)	21
Çizelge 3.1. Araştırmada Kullanılan ÜÇS Ürünü Çimentonun Kimyasal ve Fiziksel Özellikleri	24
Çizelge 3.2. Sodyum Sülfat Deneyinde Kullanılan Tane Sınıfına Göre Agrega Miktarları (Anonymous 1980e)	38
Çizelge 4.1. Agregalara İlişkin Doğal Nem Miktarları	46
Çizelge 4.2. 1 Nolu Ocaktan Alınan Agreganın Granülometrik Bileşimi	47
Çizelge 4.3. 2 Nolu Ocaktan Alınan Agreganın Granülometrik Bileşimi	47
Çizelge 4.4. 3 Nolu Ocaktan Alınan Agreganın Granülometrik Bileşimi	48
Çizelge 4.5. Ocaklardan Alınan Agregaların İncelik Modülleri	50
Çizelge 4.6. Ocaklardan Alınan Agregalara İlişkin Kil-Silt Miktarı	51
Çizelge 4.7. Agrega Gevşek ve Sıkışık Birim Ağırlıklar	52
Çizelge 4.8. İri Agregalara İlişkin Özgül Ağırlık ve Su Emme Yüzdeleri Deney Sonuçları	53
Çizelge 4.9. İnce Agregalara İlişkin Özgül Ağırlık ve Su Emme Yüzdeleri Deney Sonuçları	53
Çizelge 4.10. Sodyum Sülfat Don Deneyi Sonuçları (%)	54
Çizelge 4.11. Bilyalı Tambur Deneyi Sonuçları	56
Çizelge 4.12. Taze Beton Slump Deneyi Sonuçları	57
Çizelge 4.13. Taze Betonda Birim Ağırlık Deneyi Sonuçları	58
Çizelge 4.14. Taze Betonda Porozite ve Kompasite Değerleri	59
Çizelge 4.15. Beton Örneklerinin Basınç Dayanımları	61
Çizelge 4.16. Beton Örneklerinin Kalite Katsayıları	61

**EK-1 Beton Karışım Hesabında Yararlanılan Çizelgeler
(Anonymous, 1985)**

Çizelge 1. Çeşitli Yapı Tipleri ve Dış Etkilere Göre Müsaade Edilen En Büyük Su/Çimento Oranı

Yapı Tipi	Dış etkiler ¹⁾					
	Sıcaklık farklarının çok olduğu veya sık sık donma ve çözülme etkisinde kalan bölgelerde			Pek az donma etkisi altında kalan ılımlı sıcaklıkta, yağmurlu veya kurak bölgelerde		
	Havada	Su seviyesinde veya su etkisi altında kalan kısımlarda		Havada	Su seviyesinde veya su etkisi altında kalan kısımlarda	
		Tatlı suda	Deniz suyunda ²⁾		Tatlı suda	Deniz suyunda ²⁾
Korkuluk, bórdür, eşik, çıkıntı, süs, betonarme kazıklarda, borularda kullanılacak betonlarda	0,49	0,44	0,40 ³⁾	0,53	0,49	0,4 ³⁾
İstinat duvarı, köprü kenar ve orta ayakları ve kirişler de kullanılacak betonlar	0,53	0,49	0,44 ³⁾	4)	0,53	0,44
Su altında dökülecek betonlar	-	0,44	0,44	-	0,44	0,44
Zemin üzerindeki döşeme betonları, kanal kaplama betonları	0,53	0,50	0,50	4)	0,5	0,50
Hava etkilerine karşı korunacak, bina içi veya zemin altı betonlarda	4)	-	-	4)	-	-
Uzun yıllar korunmadan donma çözünme etkisi altında kalacak betonlarda	0,53	-	-	4)	-	-

1) Sert hava şartlarına açık bütün betonlarda hava sürükleyici katkı maddesi kullanılması uygundur. Beton karışımının işlenebilme özelliğini artırmak için ılımlı hava şartlarında da hava sürükleyici katkı katılabilir.

2) Toprak veya yeraltı suyunun % 0,2'den fazla sülfat konsantrasyonu bulunduğu hallerde

3) Sülfatlara dayanıklı çimento kullanıldığı hallerde, su / çimento oranı 0,05 kadar artırılabilir.

4) Su / çimento oranı istenilen dayanım ve işlenebilme özelliği esaslarına göre seçilmelidir.

Çizelge 2. Karışım Suyu Miktarı (2)

BELİRTİLEN HAVA DAĞILIMLARI İÇİN KARIŞIM SUYU MİKTARI (2)				
Tane dağılımı (mm)	Hava Katkısız Beton			
	8	16	32	63
Çökme değeri (cm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
2	177	158	151	139
4	180	160	155	140
6	186	166	159	146
7	190	167	160	147
10	195	175	165	155
12	207	188	177	165
13	210	190	181	168
15	215	195	185	175
17	224	203	194	180
Tavsiye edilen hapsolmuş hava %	3	2	1	0,5
Hava Katkılı Beton				
2	152	138	136	124
4	145	140	140	124
6	161	146	144	131
7	165	147	145	132
10	170	155	150	140
12	182	188	162	150
13	185	170	166	153
15	190	175	170	160
17	199	183	179	165
Tavsiye edilen hapsolmuş hava %	8	6	4.5	4
İncelik Modülü	2,27	2,75	3,30	3,72

Çizelge 3. Çeşitli Yapı Elemanları İçin Uygun Çökme Değerleri (cm)

Yapı Elemanları	Çökme Değeri (cm)	
	Maksimum	Minimum
Betonarme temeller	8	3
Donatısız beton temeller	7	2
Döşeme, kiriş, kolon betonları	10	5
Yol kaplama betonları	5	3
Tünel taban kaplama betonları	5	2

1. GİRİŞ

İnsanların barınmak için çeşitli yapılara gereksinimleri vardır. Yapıda en önemli yeri malzeme alır. Sağlam, ekonomik ve iyi bir yapı, malzeme temeli üzerine kurulur. Bir yapının ömrü malzemenin niteliği ve malzemenin uygun kullanılmasıyla artırılabilir. Aksi taktirde en üstün işçiliğin sağlanması ve gerekli özenin gösterilmesi bir şey sağlamaz (Ekmekyapar ve Örüng ,1993; Tekinel ve Çevik, 1993).

Doğada mevcut ham malzemenin, işlenerek yapıda kullanılabilecek hale getirilmesi, yapıların projelenip gerçekleştirilmesi, yapı ile ilgili teknik eleman görev ve sorumluluğu içerisine girer. Bu teknik elemanın yapıları başarı ile projeleyip, inşa edebilmesi için kullanılacak malzemenin özelliklerini tam anlamı ile bilmesi gerekir (Tekinel ve Çevik, 1993).

Beton, halen günümüzde kullanılan önemli yapı malzemelerinden birisidir. Üretiminin kolaylığı, ucuzluğu, servis ömrünün uzun oluşu ve üzerine gelen yüklere karşı mukavemeti onu en önemli yapı malzemesi durumuna getirmiştir (Kocataşkın, 1975).

İnşaat alanında yüzyılımızın en önemli yapı malzemesi olan beton agrega adını verdiğimiz kum ve çakıl gibi taneli mineral malzemenin, onları yapıştıran çimento ve su ile karıştırılması sonucu meydana gelir (Akman, 1990). Doğal taşlar birbirleriyle birleştirilerek yapı elemanını ve yapıyı meydana getirirken, beton sürekli bir biçimde birleştirilmeye gerek kalmadan üretilir ve yapıyı oluşturur (Akman, 1990).

Betonu oluşturan maddelerden olan su, beton karma işinde kullanılır. Kural olarak içilebilen sular beton üretiminde rahatlıkla kullanılabilir. Beton yapımında suyun fonksiyonları agregayı ıslatma, priz ve sertleşme esnasındaki kimyasal reaksiyonu (hidratasyonu) sağlamadır. Betona fazla su verilmesi onun işleme kabiliyetini artırır da mukavemetini büyük ölçüde azaltır. Beton yapımında kullanılacak ideal suyun miktarı hidratasyon için gerekli olanı kadar olup, betonda kullanılacak olan suyun temiz olması, fazla miktarda mineral ve yağlı madde içermemesi gerekir (Balaban ve Şen, 1984).

Beton çimento, su, hava ve agrega karışımı bir malzeme olup kalite üzerinde bu malzemelerin karışım oranları doğrudan etkilidir. Beton yangın, hayvan dışkılarının kimyasal etkileri ile slaj tesislerindeki asitik etkili suya karşı çok dayanımlı ve dirençli olduğundan tarımsal amaçlı yapılarda yaygın kullanım alanı vardır (Anonymous, 1983).

Beton yoğurma suyu, çimento hidratasyonunu ve dolayısıyla prizini ve sertleşmesini sağlayıp, taze betona belirli bir kıvam verirken, bakım veya kür suyu ise hidratasyon ve sertleşme olayının tam olarak gerçekleşmesi için kullanılır (Uluata, 1979).

Betonu oluşturan bir diğer bileşen de çimentodur. Çimentonun tarihi bir kaç bin yıl öncesine kadar dayanır. Eski Romalılar ve Mısırlılar zamanında yapılmış olan yapılarda kullanılan harcın, hidrolik özelliğe sahip olduğu tahmin edilmektedir.

Doğal çimentonun yapı malzemesi olarak kullanılışının tarihi oldukça eskidir. Roma imparatorluğundan yirminci yüzyıl başına kadar birçok yapı, doğal çimentonun bağlayıcı malzeme olarak kullanılmasıyla inşa edilmiştir. Yapay çimentonun beton imalinde kullanılmasıyla beton en önemli yapı malzemesi durumuna gelmiştir. Bugün en çok kullanılmakta olan ve betonun asıl bağlayıcı maddesi olan Portland çimentosu 1824'de İngiltere'de bir inşaat firması sahibi olan Josep Aspidin tarafından imal edilmiştir (Uluata, 1979).

Günümüzde en çok kullanılan çimento çeşidi olan Portland çimentosu kalker ve kilin yüksek sıcaklıklarda pişirildikten sonra elde edilen klinkerin öğütülerek ince toz haline getirilmesiyle elde edilir (Uluata, 1981).

Çimento üretiminde kullanılan; kil, kalker taşı, az miktarda demir oksit ve alçı taşıdır. Kilin bileşiminde silis (SiO_2), alümin (AlO_3) ve demir oksit, kalkerde ise kireç (CaO) ve manyezi (MgO) bulunur (Onaran, 1985).

Çimento, ülkemizde bulunan bir çok çimento fabrikasında standartlara uygun olarak üretilmektedir. Beton imalatında kullanılacak olan karışım suyu, genellikle şehir içme suyu şebekelerinden sağlanmaktadır. Bu durumda betonun kalitesine en çok etki eden bileşen agrega olmaktadır.

Agrega; doğal, yapay veya her iki cins yoğun mineral malzemenin, genellikle 100mm'ye kadar çeşitli büyüklüklerdeki kırılmamış veya kırılmış tanelerinin bir yığınıdır (Anonymous, 1980a; Öneş, 1988). Başka bir anlatımla agrega; kum, çakıl, kırma taş, cüruf, vb. mineral kökenli taneler olup bir bağlayıcı yardımıyla beton asfalt gibi sağlam bir kitle oluşturan çeşitli büyüklükteki kırılmamış veya kırılmış tanelerdir (Ekmekyapar ve Örüng, 1993).

Agrega; beton hacminin yaklaşık %60-80'ini oluşturur. Çimento ile genellikle kimyasal etkileşmeye girmez. Çimento ile agrega arasındaki bağlantı fiziksel ve mekanik nitelikte olup bu bağlantıya aderans denilmektedir (Ekmekyapar, 1997).

Doğal agregâ; teraslardan, nehirlerden, denizlerden; göllerden ve taş ocaklarından elde edilen kırılmış veya kırılmamış yoğun yapıllı agregâdır (Anonymous, 1980a).

Agregâ; suyun etkisi altında yumuşamamalı, dağılmamalı çimentonun bileşenleri ile zararlı bileşikler meydana getirmemeli ve donatıyı korozyona karşı tehlikeye düşürmemelidir. Agregâ, kullanma yeri ve amacına göre, granülometrik bileşim, tane şekli, tane dayanımı, aşınma direnci, dona dayanıklılığı ve zararlı maddeler bakımından ön görülen değerleri sağlamalıdır (Öneş, 1988).

Agregayı oluşturan taneler çeşitli boyuttadır. Fakat aynı agregâ örneğinde belirli büyüklükteki taneler daima belirli miktarda bulunur. İşte granülometrik bileşim, boyutları belirli sınırlar arasında bulunan tanelerin ne miktarda agregâ içinde bulunduğunu açıklar.

Granülometrik dağılımdan istenen kompasiteyi maksimum yapmaktır. Bunun için betonlarda agregâ oranlarını hesaplayan bilgisayar programları geliştirilmiştir (Haktanır ve Yurtal, 1991). Kompasitesi maksimum olan agregâ ile yapılan betonlarda daha az çimento ihtiyacı olur ve basınç dayanımına etkisi büyüktür (Kocataşkın, 1975).

Agregânın granülometrik bileşimi veya uygun olarak derecelenmesi beton karışımının üniformluğunu, kolay işlenmesini, istenilen kalite ve mukavemette beton elde etmek için daha az çimento kullanılmasını gerektirdiği için önemlidir (Uluata, 1981).

Agregânın geometrik şekil olarak küreye yakın, yani her yönde aynı boyutta olan geometrik bir şekle sahip olması istenir. Böylece agregâ yığını daha iyi bir biçimde yerleşir, taneler arası boşluk minimuma iner (Akman, 1990).

Tanenin en büyük boyutunun en küçük boyutuna oranı 3 den büyük olan taneler şekilce kusurlu tanelerdir. Bu oranın %15'i aşması istenmez (Ekmekyapar ve Örüng, 1993).

Agregâ taneleri, istenen özellikte bir betonun yapımına elverişli olacak kadar sağlam olmalıdır. Yani malzemenin dış çevre koşullarına dayanıklı olması gerekir. Bir agregânın dona dayanıklılığı ön görülen kullanma amacı için yeterli olmalıdır (Ekmekyapar ve Örüng, 1993).

Agregânın özgül ağırlığı yapı elemanlarının maksimum veya minimum ağırlıkta olması istendiği zaman önem kazanır. Genel olarak agregâ özgül ağırlığının

düşük olması, agreganın boşluklu ve sağlam olmayan bir bünyeye sahip olduğunu gösterir. Özgül ağırlığı yüksek olan agregaya ile üretilen betonun mukavemeti, özgül ağırlığı düşük olandan daha yüksektir (Uluata, 1979). Bir agregaya yığınının boşluksuz olarak, belirli bir hacme yerleştirmek imkansızdır. Taneler arasında mutlak suretle boşluklar kalacaktır. Beton karışımları hesaplanırken, hesaplar mutlak hacimlerle yapılır, ancak sonuçların pratikte ölçülebilen büyüklüklere dönüştürülmesi şarttır (Akman, 1990). Birim ağırlık değerine agreganın nem içeriği ve yerleştirme şekli etki eder. Özellikle kumlarda nem içeriğinin etkisi çok önemlidir. Beton uygulaması yönünden birim ağırlığın saptanmasında agreganın kuru yüzey durumu esas alınır. Agreganın yerleştirme şekli belli bir hacme giren agregaya miktarını değiştirdiğinden, gevşek birim ağırlık ve sıkışık birim ağırlık olarak farklı iki birim ağırlığı söz konusudur. Aynı şekilde nem içeriği özgül ağırlığı da etkilediğinden bir kaç tür özgül ağırlık tanımlanabilir. Ancak beton karışım hesaplarında doygun kuru yüzey özgül ağırlığı kullanılmaktadır (Ekmekyapar ve Örüng 1993).

Agrega yeryüzündeki kültelerden oluştuğuna göre petrografik yönden bu kültelerin özelliklerini taşırlar. Bazı külteler beton agregası olarak kullanılamazlar.

Magmatik ve metamorfik külteler (Kayaç), ayrışmamışlarsa, genellikle uygundur. Granit, siyonit, diyorit, gabro, bazalt, kuvarsit gibi magmatik, mermer, gnays, amfibolit gibi metamorfik külteler sağlam ve kaliteli agregaya verirler. Yapraklı dokuya sahip olan mikaşist ise agregaya olarak kullanılmaz.

Kalker ve dolomitler çimentoya aderansı yönünden en uygun agregadır. Sert greler agregaya olarak kullanılabilir ancak yumuşak greler, morn, şist, anhidrit ve jips kesinlikle kullanılamazlar (Akman, 1990; Ekmekyapar ve Örüng, 1993).

Bafra ilçesi sınırları içerisindeki, Kızılırmak havzasından sağlanan agregaya, Bafra ilçesi ile çevre il, ilçe ve diğer yerleşim birimlerindeki inşaatlarda yaygın kullanım alanı bulunmaktadır. Özellikle Bafra Ovası Sulama Projesinin DSİ tarafından ihale edilmesiyle birlikte sulama şebekelerindeki inşaatlarda da bu havzadan elde edilen agregalar yaygın bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır.

Bölgede inşa edilen bütün tesislerde beton kullanılmasına karşın çoğu inşaatlarda standartlara uygun beton üretilip üretilmediği kontrol edilmemektedir. İnsan hayatının önemli bir bölümünün geçtiği betonarme yapıların çok daha dikkatli ve özellikleri daha önceden belirlenmiş olan malzemelerle inşa edilmiş olması

hayati önem taşımaktadır. Bu şekilde inşa edilen binalarda, sadece emniyet değil aynı zamanda ekonomi de sağlanmış olur.

Bafra ve çevre yörelerde inşaat alanlarının giderek artması, ayrıca emniyet açısından çok önemli olan hastane, baraj, havalimanı inşaatları ile sulama şebekeleri ve tarımsal üretimin artırılmasına yönelik ahır, ağıl ve diğer hayvansal üretim yapılarında kullanılmak üzere üretilecek olan betonun ve bu betonun en önemli ögesi olan agreganın özelliklerinin belirlenmesi oldukça önem arz etmektedir.

Bunun yanında yörenin deprem kuşağı içerisinde bulunması nedeniyle, depreme dayanıklı betonarme yapıların inşasında gerekli koşullardan birisi olan yüksek dayanımlı beton üretilmesi için yörede doğal agrega ocaklarından temin edilen agregaların özelliklerinin belirlenmesi ve bu agregaların beton üretiminde uygun bir şekilde kullanımının saptanması da yadsınamaz bir gerçektir.

Yukarıda belirtilen nedenlere dayanarak yöredeki doğal ocaklardan elde edilen agregaların beton üretimi ve dayanımı yönünden özelliklerinin araştırılması ve bu bağlamda agregalardan üretilecek betonların kalite özelliklerinin de irdelenmesinin yararlı olacağı düşünülerek bu araştırma yapılmıştır.

Çalışma beş bölümde toplanmış olup, birinci bölümde beton ve beton üretiminde agreganın önemi vurgulanarak, çalışmanın yöre için önemi üzerinde durulmuştur. İkinci bölümde agrega ve beton ile ilgili olarak daha önce yapılan çalışmalar gözden geçirilmiştir. Üçüncü bölümde araştırmada kullanılan materyal ile çalışmada izlenen yöntemler tanıtılmıştır. Dördüncü bölümde elde edilen bulgular konuyla ilgili kaynak bilgiler göz önüne alınarak tartışılmıştır. Beşinci ve son bölümde ise kaliteli bir beton üretimi için beton üreticilerine bazı öneriler getirilmiştir.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

2.1. Agregalar ile İlgili Genel Bilgiler

Beton hacminin yaklaşık % 60-80'ini oluşturan agregalar, beton mukavemeti, dayanıklılığı, hacim sabitliği ve ekonomisi üzerinde önemli derecede rol oynar. Agregalarda aranan başlıca özellikler sert, mukavemetli, temiz ve dayanıklı olmaları çimento ile zararlı reaksiyona girmemeleri, uygun granülometriye, tane şekline, yüzey ve boşluk hacmine sahip olmalarıdır. Ayrıca agreganın beton üretim yerine yakın olması ve uygun bir fiyatla sağlanması önemlidir (Ekmekyapar ve Örüng, 1993). Beton bileşiminin ortalama % 66 - 78'ini oluşturan agregalar beton kalitesini doğrudan etkilerler. Bu nedenle beton üretiminde kullanılacak agregaların silt ve organik madde içeriğinin az olması gerekir (Anonymous, 1983). Beton hacminin ortalama % 75'ini oluşturan agregalar beton kalitesi üzerinde oldukça önemlidir. İşlenebilir, sert ve dayanıklı aynı zamanda ekonomik bir beton üretimi için agregalar temiz, sert, dayanıklı ve iyi derecelenmiş olmalıdır (Gambhir, 1993). Beton üretiminde kullanılan agregaların genel olarak sert, dayanıklı, temiz olması ve her türlü zararlı maddelerden (bazı tuzlar, kömür, mika, şeyl, prit, balçık, vb) bağlayıcının sertleşmesi veya mukavemetini olumsuz olarak etkilemeyecek kadar arınmış olması gerekir (Adams, 1983).

Agregalar tane büyüklüğüne göre kaba (iri) ve ince olmak üzere ikiye ayrılır. Kaba agregalar Türk ve Amerikan standartlarına göre 4.76 mm'lik (4 nolu elek), kare kesitli elek üzerinde kalan, ince agregalar ise 4.76 mm'lik kare kesitli elekten geçen tanelerin topluluğudur (Uluata, 1979). Agregalar ocağından, konkasörden veya sanayiden doğrudan doğruya elde edilen agregaya doğal karışık agregalar (Tuvenan agregalar), maksimum tane büyüklüğünden büyük taneleri ayırmak için elenmiş agregaya ise doğal karışık agregalar denir (Anonymous, 1980b).

Agregalar mineral kökenli taneli malzeme olup genellikle çimento ile kimyasal etkileşime girmez. Bunun yanında çimento hamuru ile agregalar arasındaki bağlantı fiziksel ve mekanik karakterde olup bu bağlantıya da "aderans" denir (Akman, 1990).

Agregalar, doğal, yapay veya her iki cins yoğun mineral malzemenin genellikle 100 mm'ye kadar çeşitli büyüklüklerdeki kırılmamış veya kırılmış tanelerin bir yığındır. Başka bir deyişle agregalar, kum, çakıl, kırma taş, cüruf vb mineral kökenli

taneler olduğu ve bir bağlayıcı yardımıyla beton asfalt gibi sağlam bir kitle oluşturan çeşitli büyüklüklerdeki kırılmış veya kırılmamış tanelerdir (Anonymous, 1980a):

Ekmekyapar ve Örüng (1993)'e göre agreganın özellikleri, bunların beton özelliklerine etkileri ölçüsünde önem kazandığından iyi bir beton üretimi için agregada aranacak koşullar şöyle sıralanabilir;

- ◆ Agregası sağlam olmalı, aşınmamalı, suyun etkisiyle yumuşamamalı ve dağılmamalı,
- ◆ Çimento bileşenleriyle zararlı bileşik oluşturmamalı ve donatının korozyona karşı korunmasını tehlikeye düşürmemeli,
- ◆ Tanelerin şekli ve dokusu iyi olmalı,
- ◆ Tanelerin büyüklük yönünden dağılımı amaca ve standartlara uygun olmalı,
- ◆ Agregası içinde zararlı madde bulunmamalıdır.

Öneş (1988), agregaların doğal ve yapay agregalar olarak sınıflandırılabilirliğini, doğal agregaların nehir, deniz, göl ve taş ocaklarından elde edilebilen kırılmış veya kırılmamış agregalar olduğunu, yapay agregaların da yüksek fırın cüruf taşları, izabe cürufları, yüksek fırın cüruf kumları gibi sanayi atığı olan kırılmış veya kırılmamış yoğun yapılı agregalar olduğunu ileri sürmektedir.

Agregaların en önemli kullanış yeri harç ve beton gibi bağlayıcı yapı malzemelerinin üretimindedir. Agreganın beton üretiminde kullanış amacı, ekonomik ve sağlam bir iskelet veya dolgu malzemesi fonksiyonu ile bağlayıcı madde tarafından yapıştırılmak suretiyle boşluksuz ve istenilen boyut ve şekilde bir kitle teşkil etmektir. Bunun dışında agregalar karayolu, demiryolu, su arıtma tesisleri vb gibi başka birçok inşaat işlerinde de kullanılmaktadır (Kocataşkın, 1975).

Gambhir (1993) agregaların beton üretiminde kullanılmadan önce doğal nem miktarı, granülometrik bileşim, kil-silt miktarı, özgül ağırlığı, organik madde miktarı, aşınma ve dış etkilere dayanımları hakkında bilgi sahibi olunması gerektiğini ileri sürmektedir.

2.1.1. Doğal Nem Miktarı

Agregası içerisindeki nem miktarını bilmek beton karışımına katılacak suyun miktarının ayarlanması için gereklidir (Adams, 1983).

Beton üretiminde kullanılacak agregâ, doygun kuru yüzey durumunda değışle kullanılacak agregâ miktarında bazı düzeltmelerin yapılması gerekir. Düzeltmelerin yapılabilmesi için de agregânın herhangi bir anda sahip olduğu nem miktarı (doğal nem) ile doygun kuru yüzey durumundaki nem miktarının bilinmesi gereklidir (Ekmekyapar ve Örüng, 1993).

2.1.2. Granölometrik Bileşim

Bir agregâ yığını içinde çeşitli büyüklükte taneler bulunabilir. Granölometri, çeşitli büyüklükteki tanelerin agregâ yığını içindeki oranını belirtir. Granölometri, betonun yerleştirilmesine, sıkıştırılmasına ve sertleşmiş betonun dayanımına etkiyen bir etmen olduğu için önemlidir. Granölometrinin saptanmasında ölkemizde kullanılan elek sistemi 0.25 mm, 0.5 mm, 1 mm, 2 mm göz açıklıklı kare gözlü tel elekler ve 4 mm, 8 mm, 16 mm, 31.5 mm, 63 mm, 90 mm göz açıklıklı kare delikli metal veya kare gözlü tel örgü eleklerden oluşur.

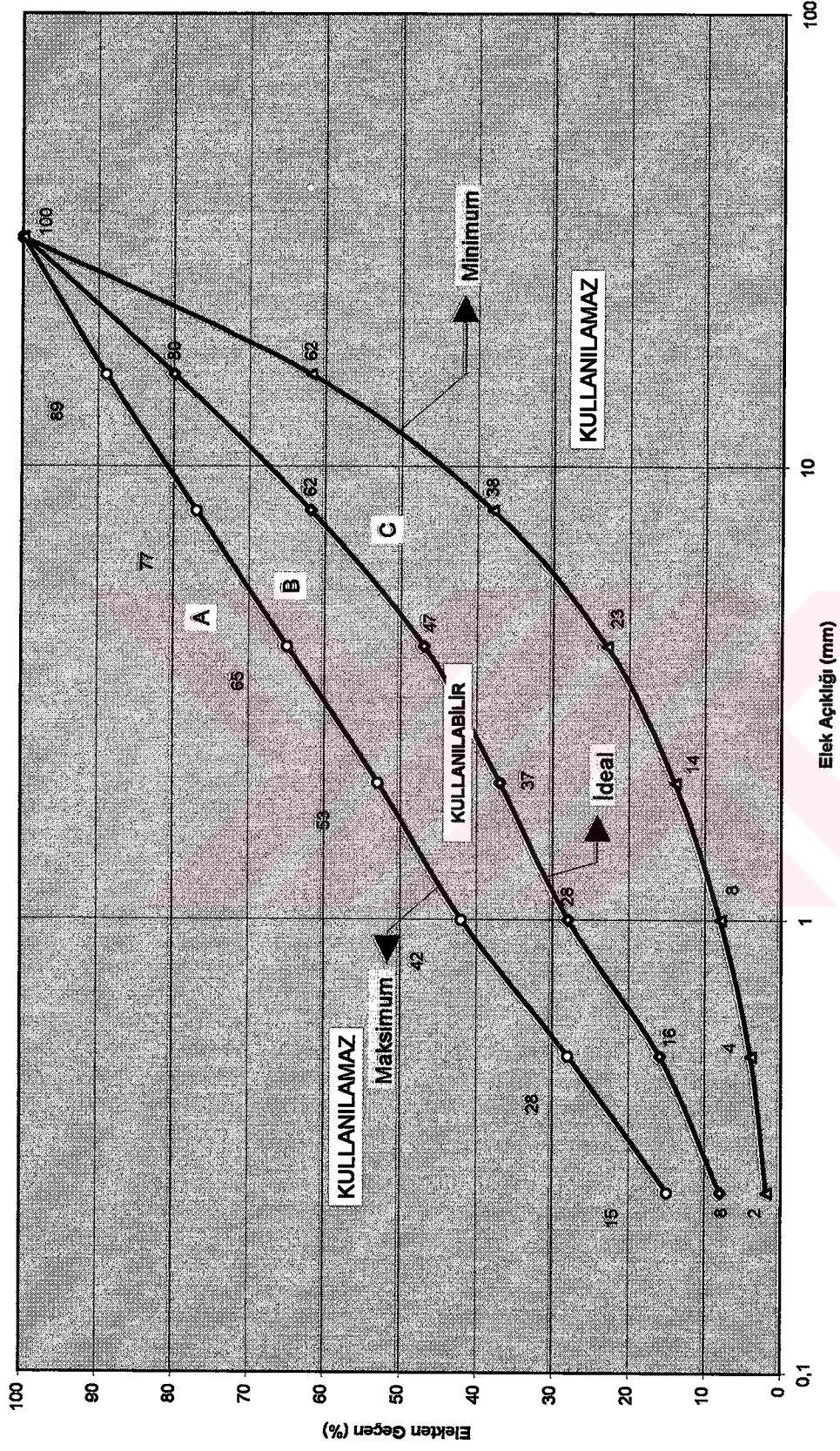
Bu elek serisinde, eleme işi sonucunda her elek üzerinde kalan malzeme miktarı bulunur. Daha sonra elek üzerinde kalan yığışımli miktar, elek altına geçen yığışımli miktar ve elek altına geçen yığışımli malzeme yüzdesi hesaplanarak bir çizelge oluşturulur (Ekmekyapar ve Örüng, 1993).

Agregâ karışımlarının elde edilebilmesi için amaca yönelik olarak matematiksel ve grafik yöntemler kullanılabilir (Adams, 1983).

Anonymous (1980a) granölometride amacın minimum boşluklu ve toplam yüzeyi en az olan bir agregâ karışımı elde etmek olduğunu (Şekil 2.1) ve genellikle doğadaki agregaların ham durumda bu ideal granölometriye uymadıklarını belirtmektedir. Dolayısıyla agregâ ocaklarından elde edilen agregaların gerekli oranlarda karıştırılarak ideal granölometrilere en yakın granölometriye sahip bir karışım elde edebileceğini belirtmektedir.

Balaban ve Şen (1984), beton yapımında kullanılan agregaların granölometrisinin beton kalitesi üzerinde önemli etkisi olduğunu ve buna bağılı olarak beton üretiminde kullanılacak agregaların granölometrisinin Şekil 2.1'de görölen A ve C eğrileri arasında olması gerektiğini ileri sürmektedirler.

Agregâ büyüklüklerinin grafik haline getirilmesiyle granölometri eğrileri oluşturulabilir.



Şekil 2.1.1. Maksimum Tane Büyüklüğü 32,0 mm Olan Karışık Agreganın Granülometrik Eğrileri (Anonymous 1980a)

Granülometri eğrilerinin özellikleri şu şekilde sıralanabilir (Uluata, 1979);

- ♦ Bu eğri artan bir eğri olup, sınır durumunda ancak doğru parçaları olabilir,
- ♦ Eğrinin % 100 çizgisine yakın olması agrega yığınının ince olduğunu, % 0 çizgisine yakın olması ise iri olduğunu gösterir,
- ♦ Eğri tüm elek bölgesinde mevcut olup, eğrinin % 100 veya % 0 yatay çizgileri ile çakışması o bölgelerde bulunmadığı anlamına gelmez.,
- ♦ Birbirini izleyen iki elek numarasına karşı gelen ordinat eksenindeki % değerlerin farkı, agrega yığınının o iki elek arasında kalan malzeme %'sini verir,
- ♦ Eğrinin yatay bir çizgisi varsa, bu yatay çizgiye karşı gelen elekler arasında tane yok demektir. Bu tür granülometriye sahip olan agregaya süreksiz (kesikli) granülometrilili agrega denilir (Ekmekyapar ve Örüng, 1993 ; Akman,1990).

Beton teknolojisi yönünden en ince taneli bileşeni (kum) minimum miktarda tutmak iyidir. Böylece agrega toplam yüzeyi ve dolayısıyla ıslatma suyu gereksinimi azalır.

İncelik modülü granülometri eğrisini tek bir sayı ile ifade etmeyi amaçlar. Bu sayı granülometri eğrisi ile %100 doğrusu arasında kalan alanla orantılıdır. İncelik modülü ne kadar küçükse agrega o kadar ince taneli olacaktır (Akman,1990).

Agreganın granülometrik bileşimi veya uygun olarak derecelenmesi beton karışımının üniformluğunu, kolay işlenmesini, istenilen kalite ve mukavemette beton elde etmek için ve daha az çimento kullanılmasını gerektirdiği için önemlidir. Beton üretiminde daha az miktarda çimento kullanılması, ekonomik yönden olduğu kadar, çimento hidratasyonu ve kuruma-ıslanma sonucunda oluşan hacim değişikliklerini azaltması bakımından da önem kazanmaktadır (Uluata, 1979).

Anonymous (1984)'a göre betonarme betonu için agreganın ideal granülometrisi, d_i elek boyutu (mm), g_i elekten geçen yığılımlı agrega miktarı (%) ve D agreganın en büyük tane boyutu (mm) olmak üzere, denklemi $g_i = 20.(d_i(D + 4\sqrt{d_i / D}))$ olan eğriye mümkün olduğu kadar uymalıdır.

Postacioğlu (1975a), incelik modülünün agregalarda granülometrik bileşimi yeterli derecede belirten yeterli bir karakteristik olmadığını, çünkü aynı incelik modülüne sahip granülometri bileşimleri birbirinden oldukça farklı agregaların

olabileceğini beirtmektedir. Buna karşın Adams (1983), agrega karışımlarının granülometrik bileşimlerinin belirlenmesinde indeks değerler olarak incelik modülünün kullanılabileceğini ileri sürmektedir.

Yapı malzemesi olarak betonun yüksek bir basınç mukavemetine sahip olması istenir. Betonun mukavemetinin istenilen değerden büyük olabilmesi için doğal olarak betonun üretiminde bazı şartların yerine getirilmesi gerekir. Beton üretiminde kullanılan yoğurma suyu miktarı mukavemet üzerine çok büyük bir etki yapmaktadır. Kullanılan su miktarı, belirli bir değerden küçük olmamak üzere, arttıkça beton mukavemeti önemli ölçüde azalmalar gösterir. Betona konulan suyun bir çok fonksiyonu vardır. Özellikle su, çimentonun hidratasyonunu sağlar. Sonra kum ve çakıl tanelerini ıslatır ve taze betonun kalıbına yerleştirilmesini kolaylaştırır. Agrega tanelerini ıslatmak için kullanılan su agreganın granülometri bileşimine bağlı bulunmaktadır. Dolayısıyla granülometrik bileşim betonun mukavemeti üzerinde oldukça etkilidir (Postacioğlu, 1975b).

Anonymous (1980a)'a göre agreganın bütün tane sınıfları için üst ve alt tanelerin miktarları, Şekil 2.1'de görülen maksimum ve minimum eğrileriyle sınırlı bölge içinde bulunmalıdır.

Gambhir (1983), iyi derecelenmiş agregalardan üretilen betonlarda işlenme kabiliyetinin yüksek olduğunu ve buna bağlı olarak üretilen betonlarda oluşacak varyasyon oranlarının düşük olacağını ileri sürmektedir.

2.1.3. Kil-Silt Miktarı

Agrega içerisinde bulunan kil-silt ya da 200 nolu elekten geçen ince malzeme, beton bünyesinde agrega ile çimento hamuru arasındaki aderansı (bağlantıyı) zayıflattığı gibi yoğurma suyu miktarını artırmasıyla da betonun mukavemetinin düşmesine neden olur. Ayrıca agregada bulunan kil ve silt betonun rötresini artırır ve çimentonun hidratasyon hızını azaltır. Agrega içerisinde 200 nolu elekten geçen malzeme miktarının fazlalığı çimento hamurunun agrega yüzeylerini tam olarak sarmasına engel olmakta ve sonuç olarak düşük mukavemetli beton elde edilmektedir (Uluata,1979 ; Postacioğlu,1975a). Aşınmaya maruz kalan betonlarda izin verilebilir kil-silt miktarı %3, diğer betonlarda ise %5'tir (Uluata, 1981).

Tane yüzeylerine yapışan kil, silt ve taş unu, aderansı sıfıra indiren öğelerdir. Kilin prizi geciktirme özelliği de vardır (Ekmekyapar ve Örüng, 1993).

Kil tanecikleri betonun hacimsel kararlılığını bozarlar, zira bunlar su alarak şişerler, ayrıca hiç mukavemetleri olmadığından boşluk gibi davranır. Kilin varlığı basit çökelme deneyiyle gözlenebilir. Çökelme deneyinde agreganın üzerinde biriken kil tortu kalınlığı %5'i aşmamalıdır (Akman, 1990).

Agregalardaki aşırı silt veya kil agreganın ile bağlayıcılar arasındaki bağın yeterince gelişmesine engel olurlar. Ayrıca bu maddeler gereğinden fazla su kullanılmasına neden olduğundan üretilecek betonun mukavemetini de azaltır (Adams, 1983).

Agregadaki aşırı kil betonda fazla miktarda rötreye neden olduğundan, yüzeylerde çatlamaya yol açarlar (Külahçı ve Yazıcıoğlu, 1991)

2.1.4. Organik Madde Miktarı

Organik maddeler hidrofob yani suyu itme özelliğine sahip olduklarından, agreganın içerisinde fazla miktarda bulunursa beton bünyesindeki hidratasyon olayı yavaşlamakta ya da suda erimeyen organik maddelerin bir kısmı çimento hidratasyonunun oluşmasını önlemektedir. Bu iki olayın oluşması sonucu beton mukavemeti % 50 oranına kadar azalabilir ya da beton hiç katılaşmaz (Uluata,1981; Postacıoğlu, 1975a).

Humuslu ve diğer organik maddeler ince dağılmış halde iken betonun sertleşmesine zarar verebilir. Taneli halde bulundukları zaman renk değişimine veya şişerek betonun yüzeyinde patlamalara neden olabilir. İnce, dağılmış, sertleşmeye zarar veren organik maddelerin varlıkları hakkındaki bilgi agreganın sodyum hidroksitle muayenesinden elde edilir. Sodyum hidroksitle yapılan deneyde sıvı renginin renksizden açık sarıya kadar olması halinde organik maddelerin önemli miktarlarda bulunmadığına karar verilebilir (Anonymous, 1980a).

Organik kökenli maddeler zayıf asit özelliğindedir. Çürümüş bitki kökleri, turbalık zeminler ve humus toprakları agregaya karışabilir. Bu asitler özellikle prizi geciktirme eğilimindedir. Ayrıca sertleşmeyi de yavaşlatarak betonun dayanımında azalmalara neden olur (Ekmekyapar ve Örüng, 1993; Akman, 1990).

2.1.5. Agregada Birim Ağırlığı

Birim ağırlık, hacmi belli olan bir kabı dolduran agregada ağırlığının kap hacmine oranı olarak tanımlanabilir. Beton çeşitlerine göre kullanılacak agreganın birim ağırlığı değişmekle beraber normal betonda kullanılacak agreganın gevşek birim ağırlığının $1200-1600 \text{ kg/m}^3$ olması gerekmektedir (Uluata, 1979).

Beyazıt (1988)'a göre agregalarda birim ağırlık gevşek veya sıkışık halde belirlenebilir. Buna bağlı olarak normal betonda kullanılacak agreganın gevşek birim ağırlığı $1200-1600 \text{ kg/m}^3$, hafif betonlarda ise 1200 kg/m^3 'ün altında olması gerekir.

Agregaların bu karakteristikleri genel olarak tanelerin kuru yüzey durumunda bulunması halinde saptanır. Ayrıca agreganın birim ağırlığı agreganın içinde bulunan su miktarına da bağlıdır. Beton bileşiminin saptanmasında ve beton üretiminde malzemenin ölçülmesinde agreganın birim ağırlık değerinin bilinmesine gerek duyulur. Ayrıca bu karakteristik bize agreganın granülometrik bileşimi, boşluk miktarı, kusurlu malzemenin varlığı hakkında bir fikir vermektedir (Postacıoğlu, 1975b).

Taneleri muntazam küreler şeklinde olmayan malzemenin kompozitesinin araştırılması birim ağırlık yolu ile yapılabilmektedir (Kocataşkın, 1975).

2.1.6. Agregada Özgül Ağırlığı

Özgül ağırlık agreganın işgal ettiği gerçek birim hacmine karşılık gelen ağırlık olarak tanımlanabilir veya belli hacim ve sıcaklıktaki boşluksuz agreganın aynı hacim ve sıcaklıktaki saf suyun ağırlığına oranıdır (Postacıoğlu 1975b).

Agreganın özgül ağırlığı da nem içeriğine bağlı olarak değişir. Agreganın nem içeriğine göre kuru özgül ağırlık, doymuş kuru yüzey özgül ağırlık ve görünen özgül ağırlık gibi bir kaç tür özgül ağırlık tanımlanabilir. Ancak beton karışım hesaplarında doymuş kuru yüzey özgül ağırlığı kullanılır (Ekmekyapar ve Örüng, 1993).

Özgül ağırlık, beton karışım hesap ve kontrolünde kullanılır. Ayrıca agreganın özgül ağırlığı beton birim ağırlığını etkilediği gibi mukavemetini, dayanıklılığını ve su emmesini de etkiler. Özgül ağırlık arttıkça betonun mukavemeti ve dayanıklılığı artar, su emmesi ise azalır. Genellikle agregaların özgül ağırlıkları $2.00-2.80 \text{ kg/dm}^3$ arasında değişir (Uluata, 1979).

Beyazıt (1988), betonda kullanılacak olan agregaların özgül ağırlığının 2.55 kg/dm^3 'den büyük olmasının yararlı olduğunu belirtirken; Akman (1980), silisli

agregaların özgül ağırlığının 2.65 kg/dm^3 , kalkerli agregaların 2.70 kg/dm^3 , karışık agregaların ise $2.55\text{-}2.80 \text{ kg/dm}^3$ arasında değiştiğini ileri sürmektedirler.

2.1.7. Hava Etkilerine Dayanıklılık

Agreganın hava etkilerine, özellikle donma-çözülme, ıslanma-kuruma, ısınma-soğuma ya da aşındırıcı etkenlerle su hareketlerine karşı göstermiş olduğu direnç agreganın sağlamlığı denir. Sağlamlık agreganın gözenekli oluşuna, su emmesine ve gözenek yapısına bağlıdır. Agreganın su emmesi yüksek ise agreganın donmaya karşı direnci de az olur (Uluata, 1979).

Sıcaklık derecesinin sıfırın altına düşmesi durumunda beton parçalanabilmektedir. Bunun nedeni beton boşluklarındaki suyun donması sonucundaki hacim artışı yüzünden, çekme gerilmelerinin oluşması ve bunun da betonun çekme dayanımından fazla değerler almasıdır (Turgutalp, 1992).

Üretilen betonun donma olayı sonunda parçalanmaması bir çok etmenin etkisi altında bulunmaktadır. Bu arada en önemli rol agrega taneleri tarafından oynanmaktadır. Bunların donma sonucunda parçalanmaları, bu malzeme ile üretilen betonun dondan zarar görmesine sebep olmaktadır (Postacıoğlu, 1975b).

Bir agreganın dona dayanıklılığı, öngörülen kullanma amacı için yeterli olmalıdır. Doğal olarak oluşmuş kum ve çakıl veya bunlardan kırılarak elde edilen agregalar, doğada uğradıkları ayıklanma olayı nedeniyle çoğunlukla çok az miktarda dona duyarlı taneleri içerirler (Anonymous, 1980b). Dona dayanıklılık deneyi 4mm'den büyük tanelerin oluşturduğu tek tane sınıflarına uygulanır (Ekmekyapar ve Örüng, 1993).

Anonymous (1980a)'a göre agregalarda dona dayanıklılığın suda ve havada donma deneyinde elekten geçen miktarın %4 den, sodyum sülfat deneyinde ise %18 den fazla olmaması yeterli sayılmaktadır.

2.1.8. Aşınma Mukavemeti

Aşınma mukavemeti, herhangi bir malzemenin bir darbe altında kırılmaya, parçalanmaya ya da dağılmaya karşı göstermiş olduğu dirençtir. Bir malzemenin aşınması ona değen başka cisimler tarafından küçük parçacıkların yüzeyinden koparılmasıdır. Aşınma olayının mekanizması henüz tam olarak anlaşılmış ve fizik

kanunları kurulmuş değildir. Böyle olmakla beraber mühendislikte bir çok işlerde aşınma önemli bir problem teşkil eder ve incelenmesi gerekir (Kocataşkın,1975).

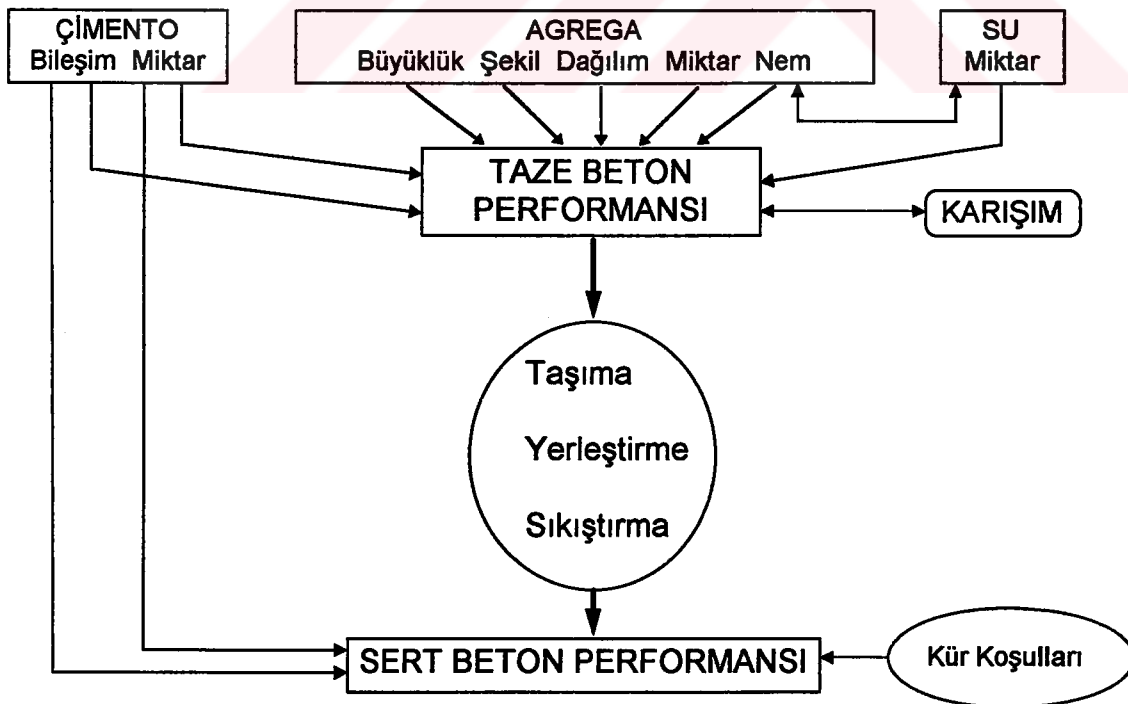
Aşınma mukavemeti ve sertlik agreganın temel özelliklerinden olup her iki özellik arasında yakın bir ilişki bulunmaktadır (Uluata, 1979).

Özellikle yol kaplaması ve havaalanı yapımında kullanılan agregaların aşınma ve darbe dayanımı önemli bir özelliktir. Aşınmaya dayanıklılık deneyi, ülkemizde bilyalı tamburla aşınma deneyi ve darbe ile aşındırma deneyleriyle yapılır (Ekmekyapar ve Örüng, 1993).

Agregada meydana gelecek aşınmanın, bilyalı tamburla 100 devir sonunda %10, 500 devir sonunda %50'yi aşmaması gerekir (Anonymous, 1980a).

2.2. Beton İle İlgili Genel Bilgiler

Beton belirli bir granülometrisi olan mineral agregaların belirli oranda hidrolik bağlayıcı (çimento) ve su ile karıştırılmasıyla elde edilen maddenin plastik halde kalıplanmasıyla elde edilen bir malzemedir. Betonun sertlik, dayanım ve diğer karakteristikleri bileşimine, karışım miktarına, kompaksiyon yöntemine, kür koşullarına, yerleştirme şekline ve üretim etmenlerine bağlı olup, bu durum şekil .2.2'de şematik olarak gösterilmiştir (Gambhir, 1993).



Şekil 2.2. Beton performansı üzerine etkili etmenler.

Beton, homojen ve elastik olmayan bir malzemedir. Kendine özgü davranışı zamana ve yük geçmişine bağlıdır (Ersoy, 1985).

Betonun iyi bir inşaat malzemesi olmasının başlıca nedenleri; (1) yüksek mukavemetinin olması, (2) yangına karşı emniyetli bir malzeme olması, (3) dış etkenlere dayanıklı olması, (4) kolay yapılabilmesi, (5) arzu edilen şekle sokulabilmesi ve (6) ekonomik olmasıdır (Balaban ve Şen, 1984).

Ekmekyapar ve Örüng (1993)'a göre üretilen betonun şu üç ana özelliğe sahip olması gerekir :

- ◆ Üretilen beton işlenebilir olmalıdır. Kolay karıştırılabilmeli, kolay yerleştirilebilmeli, üretimin hiçbir aşamasında ayrışmamalı, homojenliğini yitirmemelidir.
- ◆ Basınç dayanımları yüksek olmalıdır.
- ◆ Üretilen beton dış etkilere dayanıklı olmalıdır.

Bu özelliklere ek olarak betonun ucuza imal edilmesi de ekonomik açıdan önemlidir.

Betondaki her bileşenin, yani agrega, çimento ve suyun da sahip olmaları gereken nitelikler vardır. İyi bir beton üretmek için bu nitelikleri de bilmek, bileşenlerin bu yönden kontrollerini de yapmak zorunludur (Akman, 1990).

Taze ve sertleşmiş betondaki bazı karakteristikler (kıvam, birim ağırlık, rötre, basınç dayanımı, dış etkilere dayanım vb) betonun kalite özelliklerini sergilemektedir. (Adams,1983).

2.2.1. İşlenebilirlik (Kıvam)

Betondan çıkan taze betonun taşıma ve kalıba yerleştirme sırasında kohezyonu ve homojenliğini kaybetmemesi ve kalıplarda kolaylıkla yayılarak mümkün olduğu kadar az boşluk bırakarak bunları doldurma özelliklerinin hepsine birden işlenebilirlik özelliği denilir (Uluata, 1979).

Betonun işlenebilirlik özelliğini, mukavemeti düşürmeden (su miktarını artırmaksızın) artırmanın yolu betona akışkanlık kazandıran veya su tutuculuğu artıran katkı maddeleri kullanmaktır. Bu katkı maddeleri reçina sabunları, sodyum veya kalsiyum linyosülfonatlar, sülfono edilmiş hidrokarbonlar, alkil aril sülfonat ve

poliglikol esteri gibi su azaltıcı ve yerleşmeyi kolaylaştıran katkılardır (Gambhir, 1993).

İşlenebilirliğin ölçülmesinde en çok çökme ve sıkıştırma deneyi kullanılmaktadır (Anonymous, 1977). Betonun çökme değeri, betonun kıvamının bir ölçüsü olarak kabul edilir (Çizelge 2.1) ve betonun işlenebilmesinin değerlendirilmesinde yararlanır (Ekmekyapar ve Örüng, 1993).

Çizelge 2.1. Çökme Miktarlarına Göre Beton Sınıflaması (Ekmekyapar ve Örüng, 1993).

Beton Kıvamı	Yerleştirme Aracı	Çökme Değeri (cm)	Kullanım Yeri
Kuru	Vibrasyon	2-6	Betonarme temel, Döşeme, Perde, Yol, Baraj
Plastik	Vibrasyon veya Şişleme	7-12	Betonarme Kiriş, Kolon
Akıcı	Şişleme veya Kendiliğinden Yerleşme	13	Özel Betonlar

Balaban ve Şen taze betonun akışkanlığının saptanmasında çoğunlukla çökme deneyinin uygulandığını ve deney sonuçlarına göre beton kıvamının çizelge 2.2'deki gibi yorumlanabileceğini belirtmektedirler.

Çizelge 2.2. Betonun Akıcılığı (Balaban ve Şen, 1984)

Beton Tipi	Çökme (cm)
Kuru Beton	0-1
Plastik Beton	1-8
Yarı Akıcı Beton	8-15
Akıcı Beton	15

2.2.2. Birim Ağırlık

Birim ağırlık, taze betonun birim hacminin ağırlığıdır. Genel olarak kg/dm^3 veya kg/m^3 birimi ile ifade edilmektedir. Taze betonun birim ağırlığının küçük olması, betonun bünyesinde fazla boşluk olduğunu göstermesi bakımından önemli

olmaktadır. Ayrıca birim ağırlık yardımıyla, üretilen taze betondaki su, çimento, agrega ve hava miktarları hesaplanabilmektedir (Uluata1979).

Birim ağırlık üretilen betonun hafif beton sınıfına girip girmeyeceğinin bir göstergesidir olduğundan genelde birim ağırlığı 1.6 kg/dm^3 'ün altında olan betonlar hafif beton olarak adlandırılır (Adams, 1983).

Normal betonların birim ağırlıkları 1.6 kg/dm^3 'ün üzerindedir. Birim ağırlığa büyük ölçüde kullanılan agrega malzemesinin niteliği etkilidir. Hafif agrega ile yapılan betonlarda birim ağırlığı $1.0\text{-}1.2 \text{ kg/dm}^3$ düzeyine düşürmek mümkündür. Özellikle beton malzemede ısı iletimi birim ağırlığın düşmesiyle doğru orantılı olarak azalmaktadır (Öneş, 1988).

2.2.3. Hacimsel Değişim (Rötre)

Rötre, betonun su kaybı sonucu ortaya çıkan ve yüke bağlı olmayan deformasyon oranıdır. Rötre çimento ve su miktarı arttıkça fazlalaşır (Tekinel ve Tekinel ve Çevik, 1993).

Akman (1990)'a göre betonla ilgili rötre çeşitleri; termik rötre, bünyesel rötre, erken rötre, hidrolik rötre ve karbonatlaşma rötresi olarak sıralanabilir.

Termik rötre; prizi sona eren ve sertleşmeye başlayan betonda hidrasyon ısının tüm kitleyi ısıtmaya yetecek oranda artamaması sonucu kitle soğur ve bir ısı büzülmenin oluşmasıdır. Bünyesel rötre; hidrasyon olarak adlandırılan kimyasal reaksiyonlar sonunda toplam hacimde bir büzülmenin oluşmasıdır. Erken rötreye plastik rötre de denilmektedir; beton henüz taze iken ve priz süresince ortaya çıkar. Hidrolik rötre; sertleşmiş beton rötresi veya kuruma rötresi olarak bilinir. Karbonatlaşma rötresi ise priz ve sertleşme aşamasında ortamda bulunan CO_2 gazının beton bünyesine difüzyonla girmesi sonucu iç yapıda bazı karbo-alüminatlar oluşur. Bu olayın bir büzülme ile oluştuğu gözlenmiştir (Ekmekyapar ve Örüng, 1993). Rötreyi azaltmak için fazla çimento kullanmamak, karışım suyunu azaltmak, beton kompasitesini artırmak, taze betonu 8 -14 gün müddetle sulamak ve çimentoya tras, kireç vb maddeler eklemek gerekir (Tekinel, 1993).

Balaban ve Şen (1984)'e göre betonda rötreyi artıran etmenler;

- ◆ Çimentonun dozajının yüksek olması,
- ◆ Yoğurma suyunun fazla olması,

- ◆ Yüksek mukavemetli çimento kullanılması
- ◆ Çimentonun fabrikasyonda çok ince öğütülmesi,
- ◆ Kullanılan katkı maddesi oranının yüksek olması,
- ◆ Kullanılan agrega ve suda yabancı madde bulunmasıdır.

2.2.4 Kompasite ve Porozite

Beton kompasitesi ile 1m^3 betondaki katı elemanların yani çimento ve agreganın (ince ve kaba agrega) kapladığı metreküp cinsinden gerçek hacimlerin toplamı anlaşılmaktadır (Uluata, 1981).

İyi bir betonda kompasite $k > 0.80$ olmalıdır. Kompasitesi yüksek dolu bir betonun basınç dayanımı doğal olarak yüksektir.

Basınç dayanımı-kompasite ilişkisinde taze beton kompasitesinin dikkate alınması, dayanımda karma suyunun ve hava boşluğunun etkisinin birlikte ele almak zorunluluğundan doğmaktadır (Akman, 1990).

Öneş (1988)'e göre betonlarda porozite, birim hacimdeki betonda katılardan geriye kalan hacim olarak tanımlanmış ve kompasite ile toplamının 1'e eşit olduğu belirtilmiştir.

2.2.5. Basınç Dayanımı

Beton yapılar çeşitli zorlamaların etkisi altında bulunmaktadır. Zorlamanın cinsine göre betonun çeşitli özelliklere sahip olması gerekmektedir. Betonun mekanik mukavemetleri arasında değeri en büyük olan basınç mukavemetidir (Uluata, 1979). Basınç dayanımı yüksek olan betonun kompasitesi, sertliği, su geçirmezliği, dış etkilere dayanıklılığı artmakta, aşınması ise azalmaktadır. Ayrıca, karma suyunun çok fazla veya eksik olması mukavemeti büyük ölçüde düşürür (Akman, 1990).

Beton üzerinde yapılan bir çok çalışmada bu malzemenin bazı özellikleri ile basınç mukavemeti arasındaki bağıntılar araştırılmış ve betonun çeşitli mekanik özelliklerinin, basınç mukavemeti ile aynı yönde değiştiği sonucuna varılmıştır (Postacioğlu, 1975b).

Basınç dayanımı betonun diğer pozitif özellikleriyle paralellik göstermektedir (Ekmekyapar ve Örüng, 1993). Basınç dayanımı deneyi, betonun diğer denetleme deneylerine oranla en kolaydır. Beton basınç dayanımını çimento ile ilgili etmenler,

su miktarı ile ilgili etmenler, beton kompasitesi ile ilgili etmenler ve dış etkiler (kür koşulları) gibi etmenler etkilemektedir (Ekmekyapar ve Örüng, 1993).

Beton karışımında kullanılan çimentonun cinsi ve miktarı basınç dayanımını etkiler. Yerine dökülmüş ve sıkıştırılmış 1m^3 betonda bulunan çimentonun kg cinsinden miktarına dozaj denir. Çimento dozajının yüksek olması dayanımını artırır. Ancak beton basınç dayanımını sadece çimento dozajı değil, su/çimento oranı da büyük bir oranda etkilemektedir (Taymaz, 1981).

Pratikte beton üretilirken betonun yerleştirilmesini kolaylaştırmak için genel olarak fazla miktarda su kullanmak yönüne gidilir. Ancak su miktarı arttıkça mukavemet azalır. Bu durumda bir betonda çimento/su oranı ne kadar büyükse mukavemet de o kadar yüksek değerler alır (Postacioğlu, 1975b).

Kompasitenin küçük olması betondaki boşlukların fazla olması demektir. Boşlukların veya porozitenin fazla olmasının basınç dayanımını azalttığı bilinen bir gerçektir. Kompasitenin % 80'den küçük olması durumunda beton dayanımı yüksek bir değer almaz. Yüksek kompasiteye sahip bir beton üretmek için iri agrega miktarı, olanaklar ölçüsünde fazla olmalı, ince agrega iri agrega arasındaki boşlukları dolduracak kadar olmalıdır (Ekmekyapar ve Örüng, 1993; Postacioğlu, 1975b).

Katılaşma ve sertleşme aşamasındaki betona, çevrenin etkisi büyüktür. Gerekli şekilde kür edilen betonun dayanımı da yüksek olur (Akman, 1990).

Çimento hidratasyon reaksiyonları için gerekli suyu ısıtma işlemi döneminde bünyesinde tutmak zorundadır. Bu nedenle betonun, bu dönemde aşırı su kaybına (işlenebilmeyi sağlamak için, hidratasyonun gerektirdiğinin üstüne konulan miktardan fazla) izin verilmez. Halbuki sıcaklığın artması buharlaşmayı büyük ölçüde hızlandırır (Öztekin, 1983). Üretilen malzemenin su içerisinde tutularak sıcaklığın 60°C 'nin üstüne çıkarılmasıyla mukavemet artışı hızlandırılabilir. Bu nedenle betonlar üretimi izleyen 3-4 gün süresince sulanır ve nemli tutulur (Ekmekyapar ve Örüng, 1993).

Betonun tanınması ve sınıflandırılması basınç dayanımına göre yapılır. Bu amaçla her ülkenin kendi koşullarına özgü standartları bulunmaktadır. Burada karakteristik özellik taşıması açısından Türk ve İngiliz standartlarına göre beton basınç dayanımları esas alınarak yapılan beton sınıflamaları çizelge 2.3 ve 2.4'de verilmiştir.

Çizelge 2.3. Türk Standartlarına Göre Beton Sınıfları (Anonymous, 1984)

Beton Sınıfı	Küp Basınç Dayanımı Kg/cm ² , (N/mm ²)	Kullanım yeri
BS14	160 (16)	Normal Betonlar
BS16	200 (20)	
BS20	250 (25)	
BS25	300 (30)	
BS30	350 (35)	Yüksek Dayanımlı Betonlar
BS35	400 (40)	
BS40	450 (45)	
BS45	500 (50)	
BS50	550 (55)	

Çizelge 2.4. İngiliz Standartlarına Göre Beton Sınıfları (Anonymous, 1970)

Beton Sınıfı	Küp Basınç Dayanımı Kg/cm ² , (N/mm ²)	Kullanım yeri
C7P	70 (7)	Temeller
C10P	100 (10)	
C15P	150 (15)	
C20P	200 (20)	Betonarme Betonları
C25P	250 (25)	
C30P	300 (30)	

2.2.6. Hava Olaylarına Dayanıklılık

Yapı malzemeleri servis ömrü boyunca gelen ve gelebilecek bir takım enerji ve yıpratıcı etmenlerin etkisi altında kalır. Yapı malzemelerinin bu enerji ve etmenlere karşı dayanıklı olması istenir. Yapı malzemelerinin yıpratıcı dış etkilere karşı ısı mukavemeti, oksidasyon mukavemeti, nem mukavemeti ve don mukavemetinin olması gerekir (Öneş, 1988).

Genel anlamda dayanıklılık, betonun yapısını zamanla bozacak ve tahribe uğratacak tüm dış etkilere karşı betonun gösterdiği direnç şeklinde tanımlanabilir (Ekmekyapar ve Örüng, 1993).

Dış ortam sertleşmiş betonu fiziksel, kimyasal ve biyolojik yönden hasara uğratar. Fiziksel etkenler arasında donma-çözülme, art arda oluşan ıslanma ve

kuruma, trafik araçlarının, kum fırtınalarının, deniz, göl ve akarsularda oluşan dalgaların yaptığı aşınmalar sayılabilir. Kimyasal etkenler arasında asitli, sülfatlı, klorlu suların ve atmosferin varlığı sayılabilir. Ayrıca betonun iç yapısında var olan ve zamanla ortaya çıkan kimyasal öğelerin tahribatı da önemlidir. Buna örnek olarak alkali agrega reaksiyonu gösterilebilir. Biyolojik etkenler ise aerobik ve anaerobik bakteriler ile yosunların verdiği hasarlardır. Dayanıklılıkla ilgi sorunların ortaya çıkmaması için boşluk oranı düşük dolu bir beton üretmek gerekir. Çünkü dolu bir betonun mekanik yönden yüksek dayanımlı olması yanında, aynı zamanda geçirimsiz olduğu da genel bir kuraldır (Akman 1990).

Geçirimsizlik malzemenin su ve buhar akışına gösterdiği dirençtir. Geçirimsizlik üzerine pek çok etken etkilidir. Bu etkenlerin başında çimento dozajı gelir. Dozajın 300'ün üstünde olması geçirimsizlik açısından güvenlidir. Diğer bir etken su/çimento oranıdır. Bu oran fazla düşükse iyi yerleşemeyen betonda büyük ve birbiriyle bağlantılı boşluklar oluşur ve geçirimsizlik azalır. Su/çimento oranı yüksekse çimento hamurunda buharlaşan fazla yoğurma suyu nedeniyle kılcal boşluklar oluşur ve geçirimsizlik yine azalır (Ekmekyapar ve Örüng, 1993).

Soğuk iklim bölgelerinde donmaya dayanıklılık koşulları aranır. Donma-çözölme tekrarlarında betonun zarar görmesi boşluklara giren suyun donması ve donmadaki hacim genişlemesi ile ilgilidir. Bu olay arka arkaya tekrarlandıkça çimento hamurunda çatlaklara, hacim genişlemelerine yüzeyden dökölmelere ve tahribata yol açar. Çimento hamurunda donmaya dayanıklılık su/çimento oranına ve katkı maddeleri yoluyla beton iççerisine sürüklenmiş hava miktarına bağlıdır (Akman, 1990).

Betonların kimyasal yönden zarar görmesinde ağırlık, betonun çimento hamuru fazındadır. Çimento hamuru ile agrega taneleri arasındaki aderansın bozulmasıyla beton büyük ölçüde hasara uğrar (Ekmekyapar ve Örüng, 1993).

2.2.7. Kalite Katsayısı

Yapı malzemelerinde maksimum basınç dayanımının birim ağırlığına oranı olarak ifade edilen kalite katsayısı hem mukavemeti hem de hafifliği bir arada belirtir. Yapı malzemeleri kalite katsayılarının yardımıyla birbiriyle karşılaştırılabilir (Öneş, 1988).

3. MATERYAL VE METOT

Bu bölümde, araştırmada kullanılan materyal ve izlenen metot açıklanmaya çalışılmıştır.

3.1. Materyal

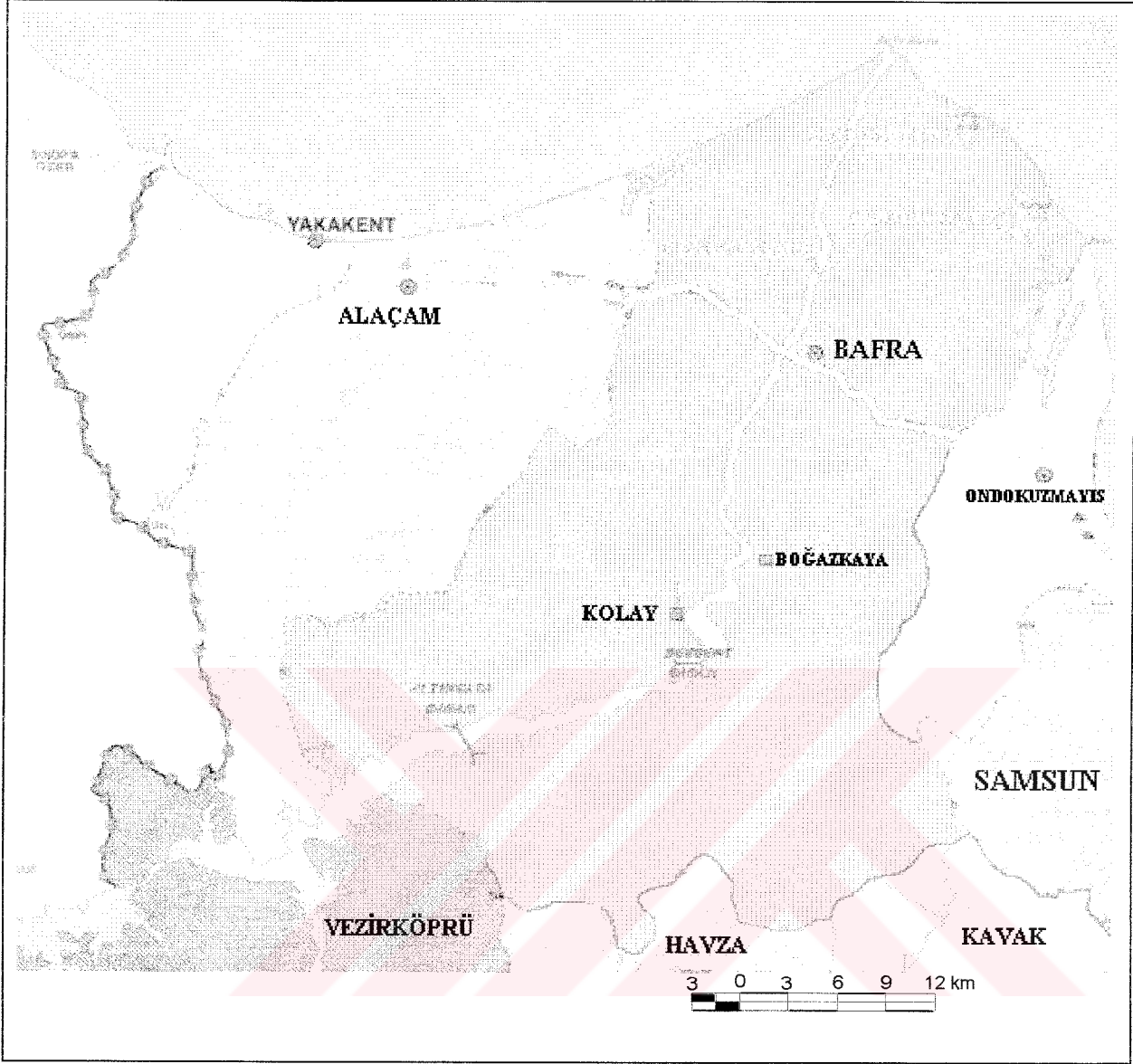
Çalışmada kullanılan materyal, Agregat, çimento, su ve diğer kullanılan gereçler başlıkları altında açıklanmıştır.

3.1.1. Agregat Ocakları

Araştırmanın yürütüldüğü Bafra ilçesi $41^{\circ} 35' N$ enlemi ve $35^{\circ} 56' E$ boylamında olmak üzere Karadeniz bölgesinin Orta Karadeniz bölümünde yer almaktadır. İlçe, doğudan Samsun merkez ilçe ve Ondokuzmayıs, güneyden Kavak, Havza ve Vezirköprü, batıdan Alaçam ve kuzeyden Karadeniz ile çevrilidir (Şekil 3.1).

İlçe şehir merkezi Kızılıрмаğın denize döküldüğü delta üzerinde kurulmuş ancak yıllar sonunda delta denize doğru ilerleyerek şehir merkezi ile sahil arasında 15-20 km'lik bir mesafe bırakmıştır. İlçe ve civar yerleşim birimlerindeki hemen hemen tüm inşaatlarda bu havzadan çıkarılan agregalar kullanılmaktadır.

Araştırmanın esas materyalini teşkil eden agregat, (Şekil 3.2, 3.3 ve 3.4) Çetinkaya köprüsünün (Şekil 3.5) mansabında, serbest bölgede bulunan ve yıllık üretimleri en fazla olan üç agregat ocağından sağlanmıştır. Diğer ocakların hem üretimlerinin düşük olması hem de dış piyasaya agregat satmamaları nedeniyle çalışma kapsamına alınmamıştır.



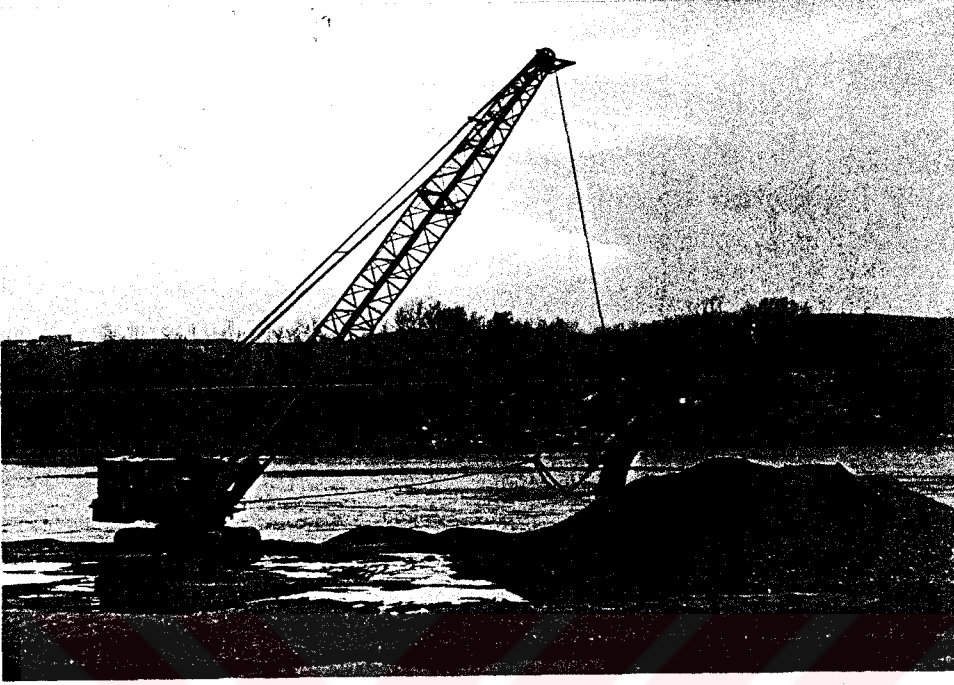
Şekil 3.1. Araştırmada kullanılan agregaların alındığı ocakların yeri



Şekil 3.2. 1 Nolu agrega ocağından genel bir görünüm



Şekil 3.3. 2 Nolu agrega ocağından genel bir görünüm



Şekil 3.4. 3 Nolu agrega ocağından genel bir görünüm



Şekil 3.5. Çetinkaya köprüsü

3.1.2. Çimento

Yapılan piyasa araştırmasında bölgedeki inşaatlarda en çok, özellikleri çizelge 3.1'de belirtilen Ünye Çimento Fabrikasında üretilen Katkılı Portland çimentosunun kullanıldığı belirlenmiştir. Dolayısıyla yapılan bütün beton deneylerinde de aynı çimento beton numunelerini oluşturmak için kullanılmıştır.

Çizelge 3.1. Araştırmada Kullanılan ÜÇS Ürünü Çimentonun Kimyasal ve Fiziksel Özellikleri *

Kimyasal Analizler	Değer	Fiziksel Analizler	Değer
Silisyum dioksit (SiO_2) Toplam (%)	32.28	Özgül ağırlık (g/cm^3)	3.03
Alüminyum oksit (Al_2O_3)	4.71	200 nolu elek üzerinde kalan (%)	0.00
Demir oksit (Fe_2O_3)	3.18	90 nolu elek üzerinde kalan (%)	2.50
Kalsiyum oksit (CaO)	51.35	Özgül yüzey (cm^2/g)	3132
Magnezyum oksit (Mn_2O_3)	1.35	Priz Süresi	Başlangıcı $h^{\min}$ 3 ¹⁰
Mangan oksit (Mn_2O_3)	-	Bitimi $h^{\min}$	4 ¹⁵
Kükürt tri oksit (SO_3)	2.51	Basınç Dayanımı	2 Günlük (N/mm^2) 12.9
Kızdırma Kaybı	3.22		7 Günlük (N/mm^2) 23.7
Çözünmeyen Kalıntı	14.61		28 Günlük (N/mm^2) 35.7
Klorür (Cl^-)	0.0089	Toplam Hacim genleşmesi (mm)	
Serbest Kireç (CaO)	0.85		

3.1.3. Su

Agreganın hava tesirlerine dayanıklılığı (Sodyum sülfat don kaybı deneyi) ve agregalarda organik kökenli madde tayini deneylerinde saf su kullanılmıştır (Anonymous 1981a ve Anonymous 1982). Buna karşın diğer agregada deneylerinde ve beton imalinde ise şehir içme suyu kullanılmıştır.

* Araştırmada kullanılan çimentonun kimyasal ve fiziksel özelliklerine ilişkin analiz sonuçları, kullanılan çimentonun üretim tarihine rastlayan fabrika raporlarından alınmıştır.

3.1.4. Araştırmada Kullanılan Araç Gereçler

Araştırmadaki analiz ve deneylerde aşağıdaki araç-gereçler kullanılmıştır.

Bunlar;

- ◆ Granülometrik analiz için 0.25 mm, 0.5 mm, 1 mm, 2 mm, 4 mm, 8 mm, 16 mm ve 32 mm elek açıklıklarına sahip standart elek takımı,
- ◆ Organik madde tayini için yeter miktarda ölçü silindiri, pipet, baget, sodyum hidroksit ve renk indikatörleri,
- ◆ Birim ağırlık tayini için hacimleri önceden belirlenmiş standart birim ağırlık kapları, özgül kuru yüzey oluşturabilmek için fan, su içinde tartım yapabilen arşimet terazisi, armut, bolon joje, vakum pompası,
- ◆ Hava etkilerine dayanıklılığı belirleyebilmek için, sodyum sülfat, ince delikli kutular ve sodyum klorürün temizlendiğini belirlemeye yarayan baryum klorür,
- ◆ Aşınma mukavemeti için bilyalı tambur,
- ◆ Beton deneylerinde kullanılmak üzere standart metal kalıplar, slump hunisi, şişleme çubuğu, lastik tokmak, yağ, hidrolik pres, başlıklama tablası, kükürt, ısıtıcı, su tankları ve termometre,

Bu deneylerin bir çoğunda ortak olarak kullanılan etüv, kürek, kova, tava, mala, spatula, pense, kepçe ve çeşitli ayarlı anahtarlardır.

3.2. Metot

Metot arazi ve laboratuvar çalışmaları olarak iki başlık altında toplanmıştır.

3.2.1. Arazi Çalışmaları

Arazi çalışmaları; agrega ocaklarının seçimi ve seçilen agrega ocaklarından alınan agrega örneklerinin laboratuara getirilmesinden oluşmaktadır.

3.2.1.1. Agreg a Ocaklarının Seçimi

Araştırmanın yürütüldüğü yörede agrega ocaklarından çıkarılan agreganın yıllık üretimi hakkında yeterli istatistiksel bilgi olmadığından, öncelikle konu ile ilgili özel ve kamu kuruluşlarıyla görüşülerek bir envanter çalışması yapılmıştır. Yapılan envanter çalışması sonucunda yörede halen beş ocağın sağlandığı ve bu beş ocağın da aylık ortalama üretiminin 150.000 tona yakın olduğu belirlenmiştir.

Bölgede 1996 yılına kadar 17 adet agrega ocağı varken bunlardan 12 tanesinin ruhsat sürelerinin dolduğu ve mülki idare tarafından bir daha ruhsat verilmediği saptanmıştır. Bunun yanında tüm havzadan çıkarılan agreganın Bafra ilçesi için yeterli olduğu ve hatta çevre il veya ilçelere de buradan agrega götürülerek ihtiyaçların karşılandığı yapılan gözlemler sonucu saptanmıştır.

Araştırma bölgesinde beton imalinde kullanılan doğal agreganın temin edildiği agrega ocaklarına ilişkin yeterli istatistiksel verilerinin bulunmayışı nedeniyle, öncelikle ilgili kamu ve özel kuruluş yetkilileriyle temas kurularak agrega ocaklarının yerleri ve sayısı hakkında envanter bilgileri alınmıştır.

Alınan bilgiler ışığında mevcut agrega ocakları tek tek yerinde incelenerek bunlardan yıllık toplam üretimi en fazla olan üç tanesi araştırma için seçilmiştir. Ocakların seçiminde ırmak üzerinde farklı yerde olmaları, ocak kapasiteleri ve beton üretimi yapan kişi yada kuruluşların en çok agrega aldıkları ocaklar olması göz önüne alınmıştır. Bu ocakların yaklaşık olarak yerleri Çetinkaya Köprüsü'nden itibaren mansab tarafa doğru 650 m, 5325 m, 8375 m uzaklıklardadır (Şekil 3.1).

3.2.1.2. Agreganın Örneklerinin Alınması

Seçilen agrega ocaklarından agrega ve beton özelliklerinin tayininde kullanılmak üzere, Anonymous (1980b)'de belirlenen miktarlarda (250 kg agrega deneyleri, 250 kg beton deneyleri için) her ocaktan, yapılacak deneylerin hepsi aynı laboratuarda olmayacağı düşüncesiyle de 800-1200 kg tuvenan (karışık) malzeme alınmıştır. Örneklerin alınmasında Anonymous (1980b)'de belirtilen çeyrekleme metodu uygulanmış olup, ocağı temsil edecek şekilde alınan numuneler ince taneleri kaybolmayacak kadar nemlendirilip, dörde bölünerek küçültme için agrega, temiz bir alana her tarafı eşit yükseklikte dairesel olarak serilmiştir. Dairenin çapı serilen malzemenin yüksekliğinin yaklaşık 4 katı olacak şekilde ayarlanmıştır. Daire şeklindeki alan malanın kenarı ile yaklaşık dört eşit kısma bölünüp karşılıklı iki parçası numune oluşturmak üzere bırakılıp diğer iki parça uzaklaştırılmış bu işlem kalan parçalara tekrar uygulanarak deney numunesi elde edilmiştir.

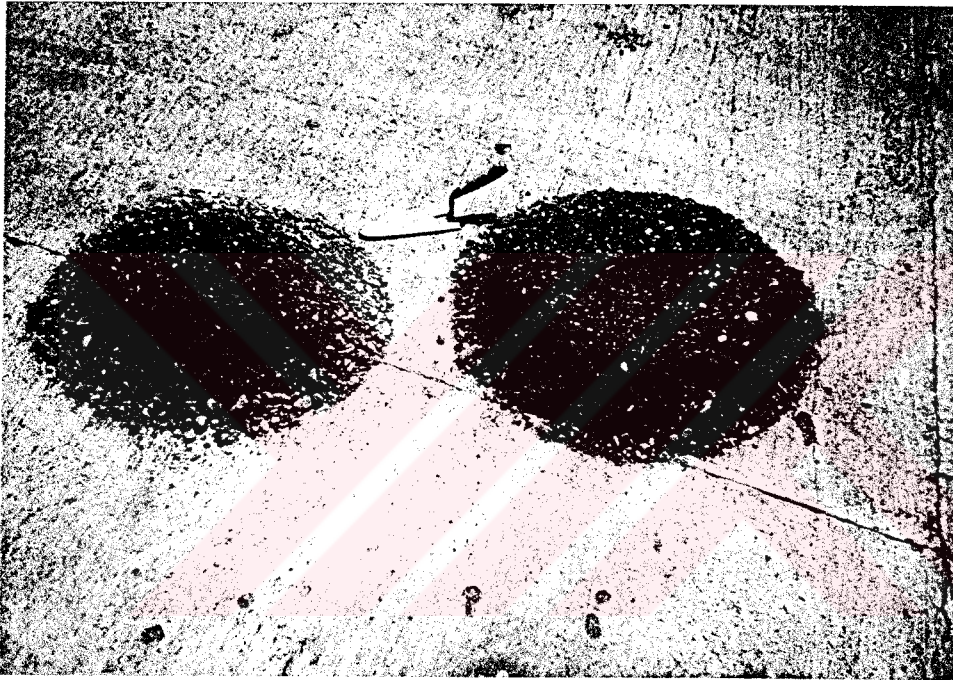
Elde edilen bu numuneler sık dokunmuş bez torbalar içerisine konarak, torbanın içine ocağın adı ve numarasını gösteren etiketler de konulduktan sonra deneylerin yapılacağı laboratuara getirilmiştir.

3.2.2. Laboratuvar Çalışmaları

Laboratuvar çalışmaları Bafra Aydınır İnşaat bünyesinde bulunan DSİ kontrol laboratuvarında DSİ VII. Bölge Müdürlüğü ve OMÜ Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü Laboratuvarlarında yapılmıştır.

3.2.2.1. Agregalı Örneklerinin Deneylere Hazırlanması

Araştırma materyali olarak kullanılmak üzere doğal agrega ocaklarından alınarak laboratuvara getirilen tuvenan agrega örnekleri dörde bölünerek küçültme yöntemi uygulanarak elde edilmiştir. Agregalı ve beton deneyleri için gerekli örneklerin alınmasında da çeyrekleme yöntemi kullanılmıştır (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. Seçilen agregalara uygulanan çeyrekleme yöntemi

3.2.2.2. Doğal Nem Miktarının Belirlenmesi

Agregadaki doğal nemi saptanması için agrega tartıldıktan sonra etüvde $105\pm5^{\circ}\text{C}$ 'da tam kuru duruma getirilip ve tekrar tartılmıştır. Doğal nem oranı Ekmekyapar (1993)' a göre eşitlik (3.1) yardımıyla hesaplanmıştır.

$$W_n = \frac{G_n - G_k}{G_d} \times 100 \quad (3.1)$$

Eşitlikte;

W_n : Agregalı doğal nemi (%),

G_n : Agreganın doğal neme sahip durumdaki ağırlığı (g),

G_k : Agreganın tam kuru durumdaki ağırlığı (g),

G_d : Agreganın doygun kuru yüzey durumdaki ağırlığı (g)

değerlerini göstermektedir.

3.2.2.3. Granülometri Analizi

Doğal beton agregaların tane büyüklüğüne göre dağılımını, tane sınıflarını ve incelik modülünü belirlemek amacı ile Anonymous (1980b)'da belirtildiği gibi elde edilen agregalar, Anonymous (1980c)'da belirtilen 0.25 mm, 0.5 mm, 1 mm, 2 mm, 4 mm, 8 mm, 16 mm ve 31,5 mm açıklığa sahip elek takımı (Şekil 3.7) ile elenerek granülometrik analize tabi tutulmuş ve tane dağılımına göre granülometrik değerleri elde edilip her bir ocağın granülometri eğrileri Anonymous (1980a)'a göre çizilmiştir.

Beton karışım hesaplarında kullanılacak agreganın incelik modüllerinin belirlenmesi, Anonymous (1980a) ve Anonymous (1980d)'a göre yapılmıştır.



Şekil 3.7. Granülometri analizinde kullanılan elek takımları.

3.2.2.4. Kil-Silt Miktarının Tayini

Agrega örneklerindeki kil-silt miktarının tayininde, Anonymous (1980d)'da belirtilen şekilde tuvenan agregaya yıkama metodu uygulanmış ve hesaplamalarda eşitlik (3.2) kullanılmıştır.

$$M_y = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100 \quad (3.2)$$

Eşitlikte ;

M_y : Yıkanabilen ince madde (Kil-Silt) oranı (%),

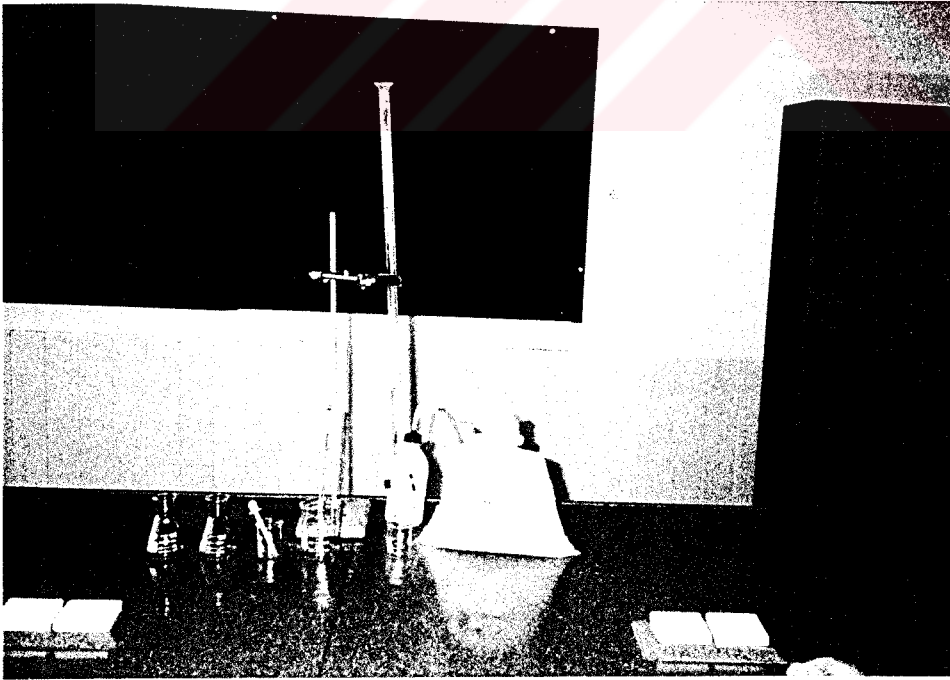
W_1 : Yıkanmamış numunenin kuru ağırlığı (g),

W_2 : Yıkanmış numunenin kuru ağırlığı (g),

değerlerini göstermektedir.

3.2.2.5. Organik Madde Tayini

Beton yapımında kullanılacak olan agregalarda organik kökenli madde bulunup bulunmadığını belirlemek için Anonymous (1982)'daki ilkeler göz önüne alınmıştır. Bu amaçla deneyde en büyük tane büyüklüğüne bakılmaksızın 500 g malzeme Anonymous (1980b)'a göre üretilerek 8 mm göz açıklıklı kare gözlü tel elekten elenmiş ve ölçü silindirinin 130 ml işaret çizgisine kadar doldurulmuştur. Üzerine 200ml işaret çizgisine ulaşıncaya kadar % 3'lük sodyum hidroksit çözeltisi ilave edilmiş ve ağzı kapatılarak çalkalanmış ve 24 saat beklenmiştir. 24 saat sonunda renk değişimi gözlenmiştir (Şekil 3.8).



Şekil 3.8. Organik madde tayini deney düzeneği (Ölçü silindirleri, Pipet, Baget)

3.2.2.6. Sıkışık ve Gevşek Birim Ağırlığın Tayini

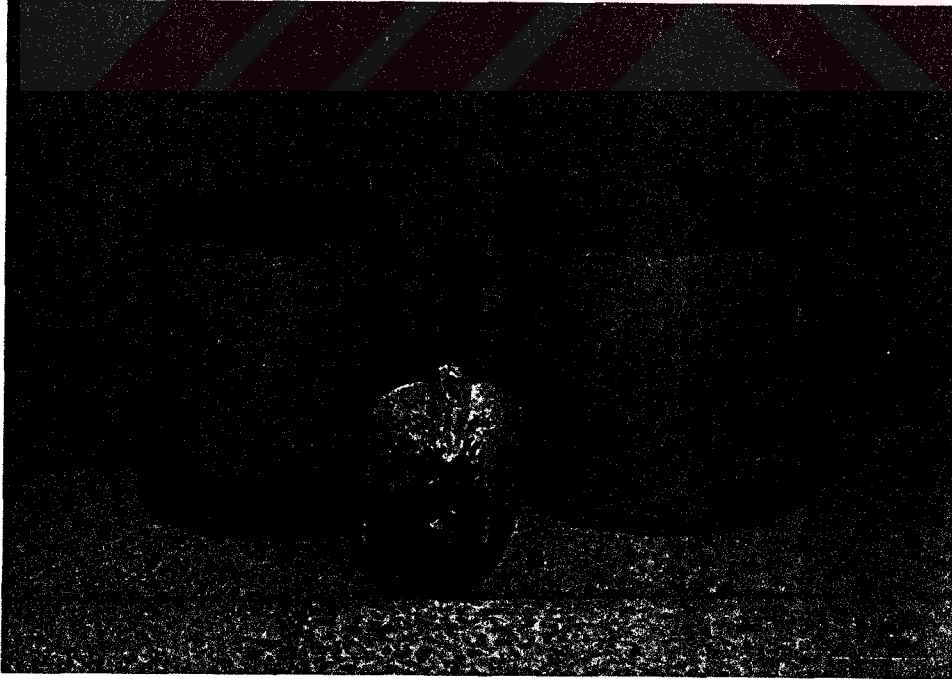
Agreganın birim ağırlıklarının tayini Anonymous (1981b)'a göre karışık agreganın için yapılmıştır. Sıkışık birim ağırlığının tayininde örnekler birim ağırlık kovalarına (Şekil 3.9) her defasında yüksekliğin 1/3'ü kadar yerleştirilip şişleme çubuğu ile 25 defa şişlenerek 3 defada yerleştirilmiş kova yüzeyi düzeltilerek tartılmış ve hesaplamalarda eşitlik (3.3) kullanılmıştır.

$$B_s = \frac{W_4 - W_3}{V} \quad (3.3)$$

Eşitlikte ;

- B_s : Sıkışık birim ağırlık (kg/dm^3),
- W_3 : Birim ağırlık kovalarının boş ağırlığı (kg),
- W_4 : Sıkışık agreganın ile dolu birim ağırlık kovalarının ağırlığı (kg),
- V : Birim ağırlık kovalarının iç hacmi (dm^3)'ni ifade etmektedir.

Denemelerde 600 mm uzunluğunda 16mm çapında ve 350 g ağırlığında ucu yuvarlatılmış şişleme çubuğu kullanılmış, birim ağırlık tayininde ise Şekil 3.9'da görülen birim ağırlık kovalarından yararlanılmıştır.



Şekil 3.9. Birim ağırlık kovaları

Agregaların gevşek birim ağırlığının tayini için de Anonymous (1981b)'da verilen yönteme uygun olarak birim ağırlık kovası tam doluncaya kadar örnekler 5 cm yüksekten bırakılmış, daha sonra kap yüzeyi düzeltilerek Şekil 3.10'da görülen terazi ile tartımları yapılmış ve gevşek birim ağırlığı belirlenmiştir.



Şekil 3.10. Deneylerde kullanılan $\pm 1g$ hassas terazinin genel görünümü

3.2.2.7 Özgül Ağırlık ve Su Emme Yüzdesi Tayini

İnce agreganın özgül ağırlığı ve su emme yüzdesinin belirlenmesi, Anonymous (1980c)'da belirtilen hassas terazi, vakum pompası ve suda tartım yapabilen Arşimet terazisi (Şekil 3.11) kullanılarak yapılmış ve hesaplamalarda eşitlik 3.4, 3.5, 3.6, ve 3.7 kullanılmıştır.

$$\gamma_{nk} = \frac{W_1}{W_2 + W_4 - W_3} \quad (3.4)$$

$$\gamma_{nd} = \frac{W_2}{W_2 + W_4 - W_3} \quad (3.5)$$

$$\gamma_{ng} = \frac{W_1}{W_1 + W_4 - W_3} \quad (3.6)$$

$$m_i = \frac{W_2 - W_1}{W_1} \times 100 \quad (3.7)$$

Eşitliklerde ;

γ_{nk} : İnce agreganın kuru özgül ağırlığı (kg/dm^3),

- γ_{nd} : İnce agreganın doymun kuru yüzey özgül ağırlığı (kg/dm^3),
 γ_{ng} : İnce agreganın görünen özgül ağırlığı (kg/dm^3),
 m_i : İnce agreganın su emme oranı (%),
 W_1 : Örneğin etüv kurusu ağırlığı (kuru ağırlık) (g),
 W_2 : Örneğin doymun kuru yüzey durumundaki ağırlığı (g),
 W_3 : Ölçü kabı, su ve örneğin toplam ağırlığı (g),
 W_4 : 500ml çizgisine kadar su ile dolu ölçü kabı ağırlığı (g),

değerlerini göstermektedir.

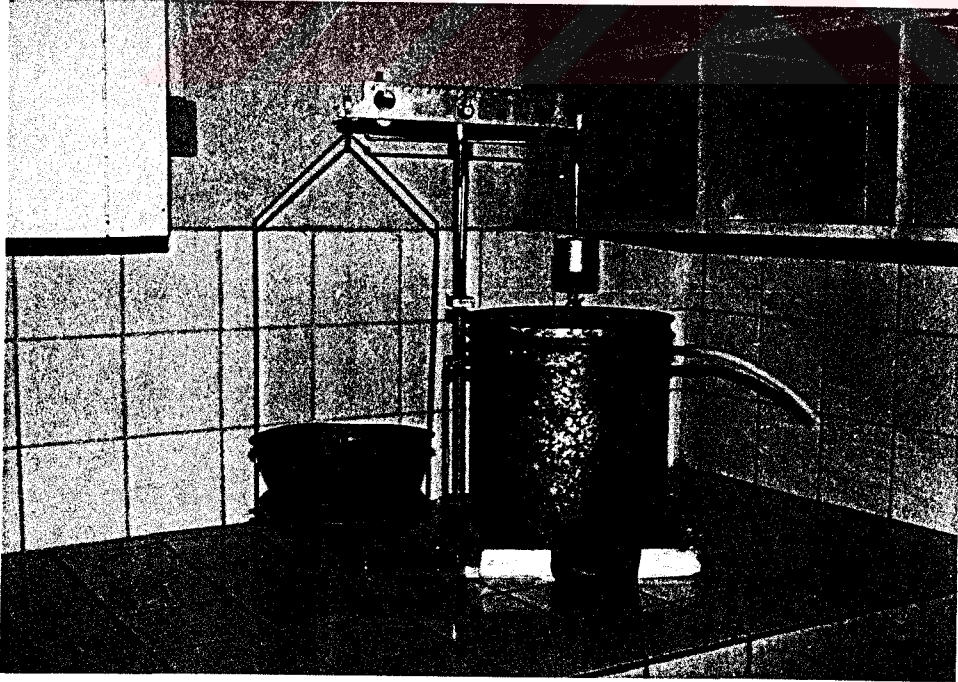
Agregalarda özgül ağırlık deneyinde doymun kuru yüzey (DKY) hali, kesik koni yöntemi, kesme yöntemi ve gözle muayene yöntemlerinden birisi kullanılarak tayin edilebilir. Bu çalışmada Alâ (1982) esas alınarak kesme yöntemi uygulanmıştır. Bu yöntemde numune yığın halinde serilir ve mala ile ikiye bölünerek kesilmiş yüzün yıkılması ile numune doymun kuru yüzey haline gelmiş demektir.



Şekil 3.11a. Özgül ağırlık tayininde kullanılan deney düzeneği (Hassas terazi)



Şekil 3.11b. Özgöl ağırlık tayininde kullanılan deney düzeneği (Vakum Pompası)



Şekil 3.11c. Özgöl ağırlık tayininde kullanılan deney düzeneği (Arşimet Terazisi)

Kaba agreganın özgül ağırlığı ve su emme yüzdesinin tayininde de Anonymous (1980c) esas alınmış ve hesaplamalarda eşitlik 3.8, 3.9, 3.10 ve 3.11'den yararlanılmıştır.

$$\gamma_{rk} = \frac{W_1}{W_2 - W_3} \quad (3.8)$$

$$\gamma_{rg} = \frac{W_1}{W_1 - W_3} \quad (3.9)$$

$$\gamma_{rd} = \frac{W_2}{W_2 - W_3} \quad (3.10)$$

$$m_e = \frac{W_2 - W_1}{W_1} \times 100 \quad (3.11)$$

Eşitliklerde;

- γ_{rk} : İri agreganın kuru özgül ağırlığı (kg/dm^3),
- γ_{rd} : İri agreganın doymun kuru yüzey özgül ağırlığı (kg/dm^3),
- γ_{rg} : İri agreganın görünen özgül ağırlığı (kg/dm^3),
- m_e : İri agreganın su emme oranı (%),
- W_1 : Örneğin etüv kurusu ağırlığı (kuru ağırlık) (kg),
- W_2 : Örneğin doymun kuru yüzey durumundaki havadaki ağırlığı (kg)
- W_3 : Örneğin doymun kuru yüzey durumundaki sudaki ağırlığı (kg),

değerlerini göstermektedir.

3.2.2.8. Hava Etkilerine Dayanıklılık Tayini

Agreganın hava etkilerine dayanıklılığının tayini Anonymous (1981a)'a göre 4 mm den büyük tanelerin oluşturduğu tek tane sınıflarına uygulanmış, laboratuvar olanaklarına bağlı olarak şiddetli veya orta şiddetli soğutma etkisini benzeşimle sağlayacak kimyasal maddeler kullanılmıştır.

Bu deneyde çizelge 3.2'de gösterilen miktarlardaki agrega Anonymous (1980e)'da belirtildiği gibi tek tane sınıflarına elenerek ayrılmış $105 \pm 5^\circ\text{C}$ 'de etüv kurusu durumuna getirilerek tartılmıştır. Daha sonra malzeme özel olarak yaptırılmış delikli kutulara (tel sepet görevi görebilen) konarak (Şekil 3.12) daha önceden hazırlanmış 1.6 g/cm^3 yoğunluğundaki Sodyum sülfat ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10 \text{ H}_2\text{O}$) çözeltisi

Çizelge 3.2. Sodyum Sülfat Deneyinde Kullanılan Tane Sınıfına Göre Agrega Miktarları (Anonymous 1980e)

Tek Tane Sınıfı Anma Büyüklükleri (mm)	Deney Numunesi Miktarı (g)
4 / 8	300
8 / 16	500
16 / 32	500

içerisine daldırılmış, kimyasal çözeltinin agreganın 5 cm üzerine çıkması sağlanmıştır. Malzeme çözelti içerisinde 18 saat, süzülmede 15 dakika, etüvde 24 saat, soğumada 30 dakika bekleme işlemine tabi tutulmuş ve 5. seferden sonra ılık suyla bir küçük göz açıklıklı elek üzerinde elenerek yıkanmıştır. Malzemenin sodyum sülfattan tamamen temizlendiğinin tetkiki, baryum klorürle yapılarak, malzeme etüvde (şekil 3.12) $105 \pm 5^\circ\text{C}$ ye kadar kurutulup tartılmıştır.

Don kaybı yüzdesi, eşitlik (3.12)'den yararlanılarak belirlenmiştir.

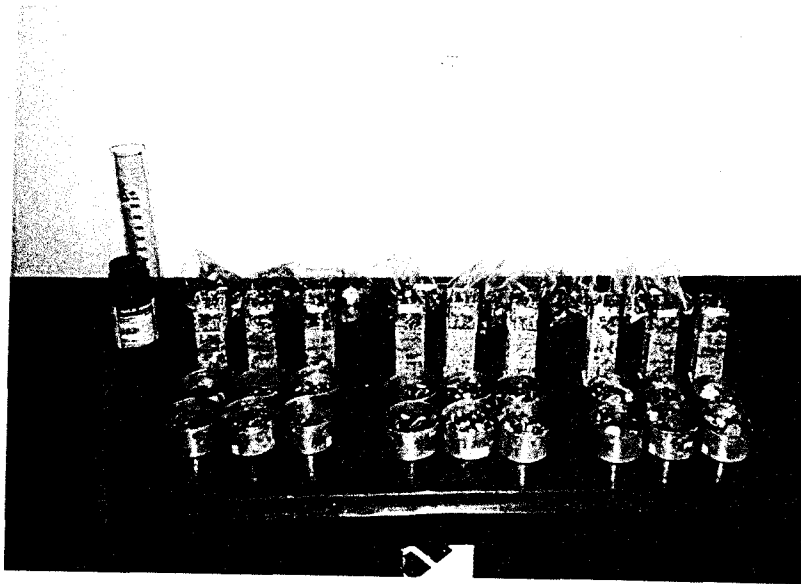
$$D = \frac{G_1 - G_2}{G_1} \times 100 \quad (3.12)$$

Eşitlikte ;

D : Don kaybı oranı (%),

G_1 : Örneğin deney başlangıcındaki etüv kurusu ağırlığı (g),

G_2 : Örneğin deney sonunda elek üstünde kalan kısmın etüv kurusu ağırlığı (g) değerlerini göstermektedir.



Şekil 3.12. Don deneyi düzeneği

3.2.2.9. Kaba Agrega Aşınma Mukavemeti Tayini

Kaba agreganın aşınma mukavemetinin tayini (Anonymous 1981c) esas alınarak, bilyalı tambur aşınma metoduna göre yapılmıştır. Bilyalı tambur aşınma makinası (Şekil 3.13) kullanılarak 100 ve 500 devir yaptırıldıktan sonra örneğin aşınma yüzdeleri aşağıdaki eşitlikler yardımıyla hesaplanmıştır.

$$a_1 = \frac{W_1 - W_{100}}{W_1} \times 100 \quad (3.13)$$

$$a_2 = \frac{W_1 - W_{500}}{W_1} \times 100 \quad (3.14)$$

Eşitliklerde;

a_1 : 100 devir sonu aşınma oranı (%),

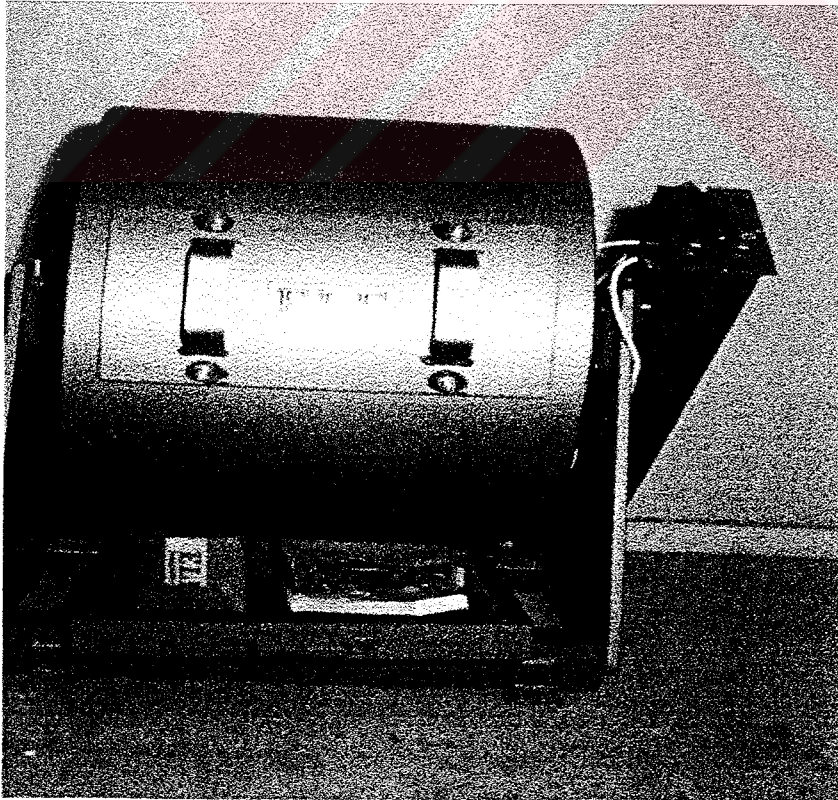
a_2 : 500 devir sonu aşınma oranı (%),

W_1 : Örneğin deney öncesi ilk ağırlığı (g),

W_{100} : Örneğin 100 devir sonu aşınmayan kısmın ağırlığı (g),

W_{500} : Örneğin 500 devir sonu aşınmayan kısmın ağırlığı (g)'ni ifade

etmektedir.



Şekil 3.13. Aşınma deneyinde kullanılan bilyalı tambur aleti

3.2.2.10. Beton Karışım Hesap Metodu

Araştırmada beton karışım hesabı Anonymous (1985)'daki ilkeler göz önüne alınarak **ağırlık esasına** göre yapılmış ve karışım hesabında kullanılan çizelgeler EK1'de verilmiştir.

Bölge iklim koşullarına dayanıklı ve yeterli dayanımda beton üretimi için su/çimento oranı Anonymous (1985) esas alınarak 0.53 olarak alınmıştır. Bölgede çoğunlukla betonarme binalar inşa edildiğinden üretilen betonların sıkı veya plastik kıvamda olabilmesi için (Ekmekyapar, 1993) hesaplamalarda çökme miktarı 2-10 cm arası, karışıma girecek su miktarı da en büyük agrega tane çapı dikkate alınarak 1m³ beton için 159 litre olarak belirlenmiştir.

Araştırmada üretilecek beton numuneler için gerekli dozaj tayini, Anonymous (1985)'a göre eşitlik (3.15) ile hesaplanmıştır.

$$W_{12} = \frac{L}{K} \quad (3.15)$$

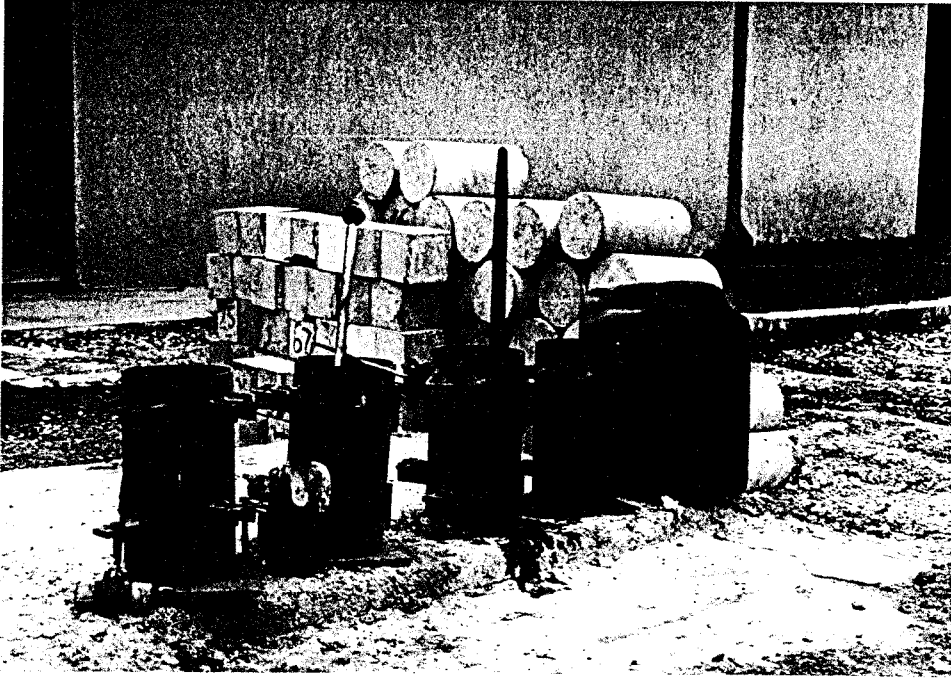
Eşitlikte ;

- W_{12} : Çimento miktarı (kg),
- L : Karışım suyu (l),
- K : Su-çimento oranını ifade etmektedir.

Agrega örnekleri beton üretiminde kullanılmadan önce, karışık durumdaki agrega 4 mm'lik elekten elenerek kaba ve ince agrega şeklinde iki gruba ayrılmış ve kaba agrega, ocağın granülometrisi de dikkate alınarak diğer deneylerde 4-8, 8-16, 16-32 mm'lik tek tane gruplarına ayrılarak kullanılmıştır. Dolayısıyla karışıma giren malzeme miktarları, üretilecek beton numune için gereken miktara oranlandıktan sonra gerekli malzemeler tartılarak alınmıştır.

Denemede betonların karıştırılmasında geniş tava, kürek ve malalar kullanılmış karıştırmaya taze beton homojen hale gelinceye kadar devam edilmiştir.

Beton deney örneklerinin hazırlanmasında Şekil 3.14'de görülen 15 cm çapında 30 cm yüksekliğinde Anonymous (1978b)'a uygun standart silindir örnek kalıpları kullanılmıştır.



Şekil 3.14. Standart silindir beton numune kalıpları

Hazırlanan beton Anonymous (1978a) esas alınarak örnek kalıplarına üç tabaka halinde ve her tabaka 16 mm çapında 60 cm uzunluğundaki şişle 25 defa şişlenip beş defa lastik tokmakla kalıbın etrafına vurulmak suretiyle yerleştirilmiş ve beton üst yüzeyi mala ile düzeltilmiştir. Hazırlanan beton örnekleri 24 saat sonra kalıptan çıkartılmış, Anonymous (1990)'da belirtildiği gibi deneme gününe kadar kür odasında 20 °C'de su tankında kür edilmiştir.

3.2.2.11. Taze Betonda Kıvam (İşlenebilirlik) Tayini

Taze betonun kıvamı ve işlenebilme özelliğinin belirlenmesinde Şekil 3.15'de görülen çökme hunisi (slump) kullanılmıştır. Kıvam deneyi Anonymous (1978b)'a göre, basınç mukavemeti deneyi için kullanılacak beton numuneler dökülmeden hemen önce yapılmış ve hesaplamalarda eşitlik (3.16) kullanılmıştır.

$$C_2 = A_2 - B_2$$

(3.16)

Eşitlikte ;

C_2 : Çökme miktarı (cm),

A_2 : Slump hunisinin yüksekliği (30 cm),

B_2 : Çökmeden sonraki taze betonun yüksekliğini (cm)



Şekil 3.15. Çökme Hunisi

Betonun işlenebilme kabiliyeti, çökme deneyi ile yapılmış ve elde edilen sonuçlar Akman (1990)'a göre değerlendirilmiştir.

3.2.2.12. Taze Betonda Birim Ağırlık Tayini

Üretilen beton örneklerinin birim ağırlıkları Anonymous (1978a) esas alınarak eşitlik (3.17)'e göre hesaplanmıştır.

$$B = \frac{W_n}{V_k} \dots\dots\dots (3.17)$$

Eşitlikte ;

- B : Taze betonun birim ağırlığı (kg/dm³),
- W_n : Ölçme kabındaki betonun net ağırlığı (kg),
- V_k : Ölçme kabının hacmi (dm³)'ni ifade etmektedir.

3.2.2.13. Taze Betonda Porozite ve Kompasite Tayini

Üretilen beton örneklerin kompasiteleri Uluata (1981) esas alınarak eşitlik 3.18 Yardımıyla hesaplanmıştır.

$$k = \frac{C}{2.26 \times 1000} + \frac{U}{u \times 1000} + \frac{V}{v \times 1000} \quad (3.18)$$

Eşitlikte;

- k : Taze betonun kompasitesi,
- C : 1 m³ beton karışımındaki çimento ağırlığı (kg),
- U : 1 m³ beton karışımındaki iri agregaya ağırlığı (kg),
- u : İri agregaya özgül ağırlığı (kg/dm³),
- V : 1 m³ beton karışımındaki ince agregaya ağırlığı (kg),
- v : İnce agregaya özgül ağırlığı (kg/dm³)'nı ifade etmektedir.

Üretilen beton örneklerinin poroziteleri ise Öneş (1988) esas alınarak eşitlik 3.19 yardımıyla hesaplanmıştır.

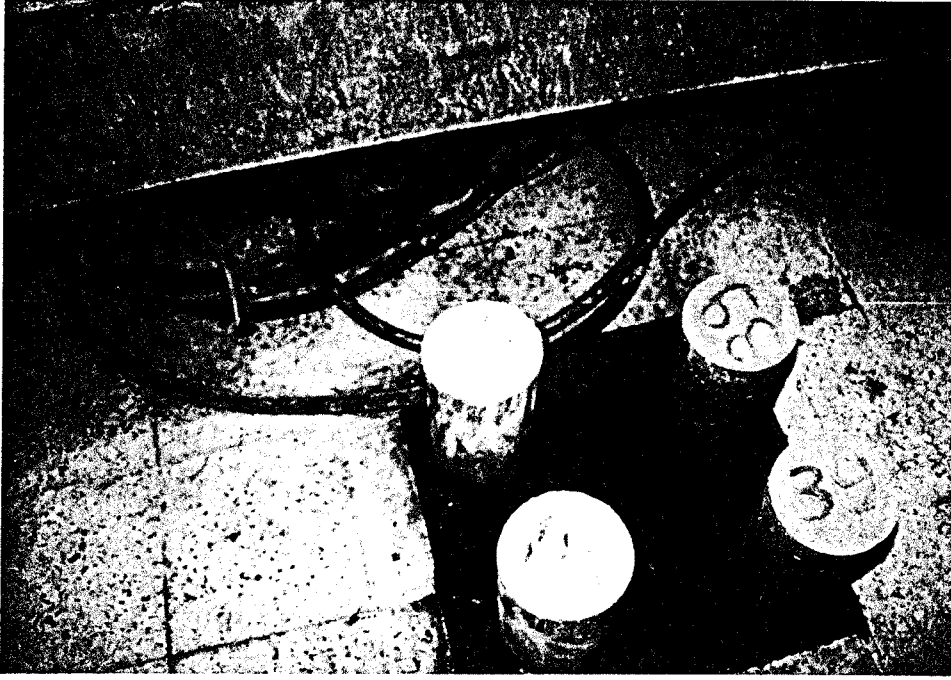
$$P = 1 - k \quad (3.19)$$

Eşitlikte;

- p : Taze betonun porozitesini,
- k : Taze betonun kompasitesini göstermektedir.

3.2.2.14. Beton Numunelerin Basınç Dayanım Deneyine Hazırlanması

Üretilen beton numuneler, deneyden bir gün önce kür tankından çıkartılarak kurumaya bırakılmıştır (Şekil 3.16). Daha sonra beton numunelerin başlıklanmasında, standart başlık dökme kalıbı kullanılmış, kükürtlü bileşiğin ısıtılarak sıvı halde başlık yuvasına dökülmesi ve numunenin bu yuvaya oturtulması suretiyle yapılmıştır (Şekil 3.17)



Şekil 3.16. Kurumaya bırakılmış beton deney numuneleri



Şekil 3.17. Beton numunelerin başlıklanması

3.2.2.15. Beton Numunelerde Basınç Dayanımı

Beton örneklerinin basınç mukavemetinin belirlenmesinde ise üniversal basınç dayanımı test cihazı (Şekil 3.18) kullanılmıştır. Örnekler mukavemet deneyinden bir gün önce kür tankından çıkarılarak plastik özelliği gösteren kükürtlü bileşik-grafit tozu karışımı bir malzeme ile başlıklanmıştır. Örnekler başlıklandıktan sonra, iki saatten önce basınç mukavemetine tabi tutulmamıştır Anonymous (1990).

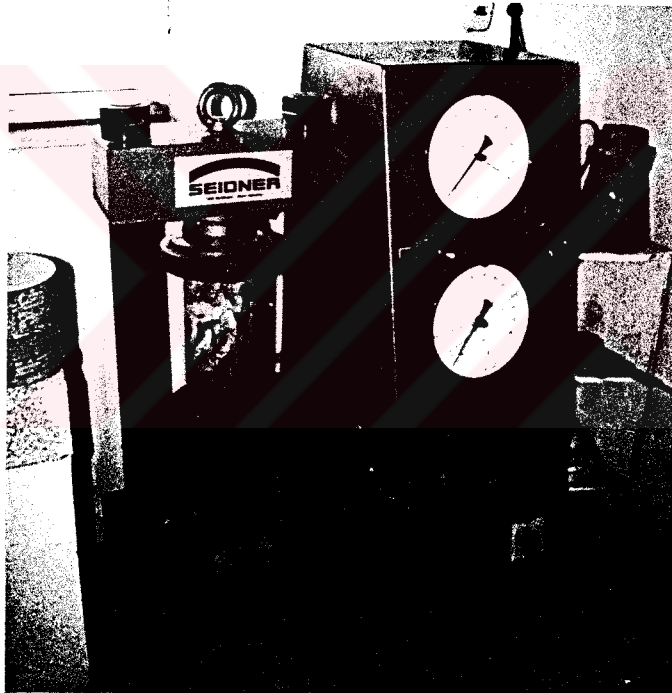
Başlıklanan örnekler Anonymous (1990)'a göre basınç dayanımı deneyine tabi tutulmuştur. Normal portland çimentolu betonlar için karakteristik dayanım sınırları olarak 7 ve 28 günlük deney sonuçları geçerli olduğundan, test sonuçları 7 ve 28 günlük 3'er örneğe ait dayanım ortalamaları alınmıştır.

Beton numunelerin basınç dayanımı hesaplamalarında, Anonymous (1990)'a göre eşitlik (3.20) kullanılmıştır.

$$f_g = \frac{F}{A} \quad \text{..... (3.20)}$$

Eşitlikte ;

- f_g : Beton deney numunesi basınç dayanımı (kg/cm²),
- F : Kırılma yükü (kg),
- A : Deney yükü uygulama yönüne dik deney numunesi kesit ortalama alanı (cm²)'nı ifade etmektedir.



Şekil 3.18. Üniversal test cihazı

3.2.2.16. Beton Numunelerin Kalite Katsayılarının Belirlenmesi

Üretilen beton numunelerin basınç dayanımları birim ağırlıklara oranlanarak Öneş (1988)'e göre kalite katsayıları hesaplanmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Araştırma bulguları agrega ile ilgili bulgular ve beton ile ilgili bulgular olarak iki başlık altında toplanmıştır.

4.1. Agrega İle İlgili Bulgular

Bu bölümde agregaya; doğal nem miktarı, granülometrik bileşim, kil silt miktarı, organik kökenli madde miktarı sıkışık ve gevşek birim ağırlık, özgül ağırlık ve su emme yüzdeleri, hava olaylarına dayanıklılık ve aşınmaya dayanıklılık deneyleri uygulanmış, sonuçlar ve değerlendirmeleri yapılmıştır.

4.1.1. Doğal Nem Miktarı

Araştırma konusu olan üç ocaktan alınan numunelere ilişkin doğal nem miktarı sonuçları çizelge 4.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Agregalara İlişkin Doğal Nem Miktarları

Ocaklar	Kap Ağırlığı (g)	Doğal Ağırlık (g)	Etüv kuruğu (g)	Nem (%)
1.Nolu	618	2990	2928	2.68
2.Nolu	588	3675	3582	3.11
3.Nolu	615	3135	3042	3.83

Çizelge 4.1'den de görülebileceği gibi ocaklardan elde edilen agregaların serbest nem miktarları, sırasıyla % 2.68, % 3.11 ve % 3.83 olarak saptanmıştır. Söz konusu ocaklardan 3 nolu ocakta üretilen agregaların doğal nem miktarı 1 nolu ocaktan % 30, 2 nolu ocaktan ise %19 oranında daha fazladır. Gambhir (1993)' in de belirttiği gibi agregaların doğal nem miktarı beton karışımına katılacak yoğurma suyu miktarını ve buna bağlı olarak da taze betonun performansını etkilediğinden bu durumun beton üretiminde göz önüne alınması gerekir. Dolayısıyla beton karışım hesaplarında su miktarları genelde agreganın kuru olduğu düşünülerek hesaplandığından, yörede üretilecek betonlarda beton karışımında kullanılacak su miktarının belirlenmesinde çizelge 4.1'deki verilerin göz önüne alınması nitelikli beton üretimi bakımından yararlı olacaktır.

4.1.2. Granülometrik Bileşim

Ocaklara ait agregalardan alınan agrega örneklerine uygulanan elek analizi sonucunda elde edilen veriler Çizelge 4.2, 4.3 ve 4.4'te verilmiştir.

Çizelge 4.2. 1 Nolu Ocaktan Alınan Agreganın Granülometrik Bileşimi

Elek Açıklığı	Elek Üzerinde Kalan Miktar (g)	Elek Üzerinde Kalan (%)	Elek üzeri Yığılımlı Kalan %	Elekten Geçen (%)
31.50	575	2.23	2.23	97.77
16.00	2945	11.42	13.65	86.35
8.00	3819	14.81	28.46	71.54
4.00	3451	13.38	41.84	58.16
2.00	2166	8.40	50.24	49.76
1.00	1065	4.13	54.37	45.63
0.50	1707	6.62	60.99	39.01
0.25	6752	26.18	87.17	12.83
Tava	3309	12.83	100.00	-
TOPLAM	25790	100.00	-	-

Çizelge 4.3. 2 Nolu Ocaktan Alınan Agreganın Granülometrik Bileşimi

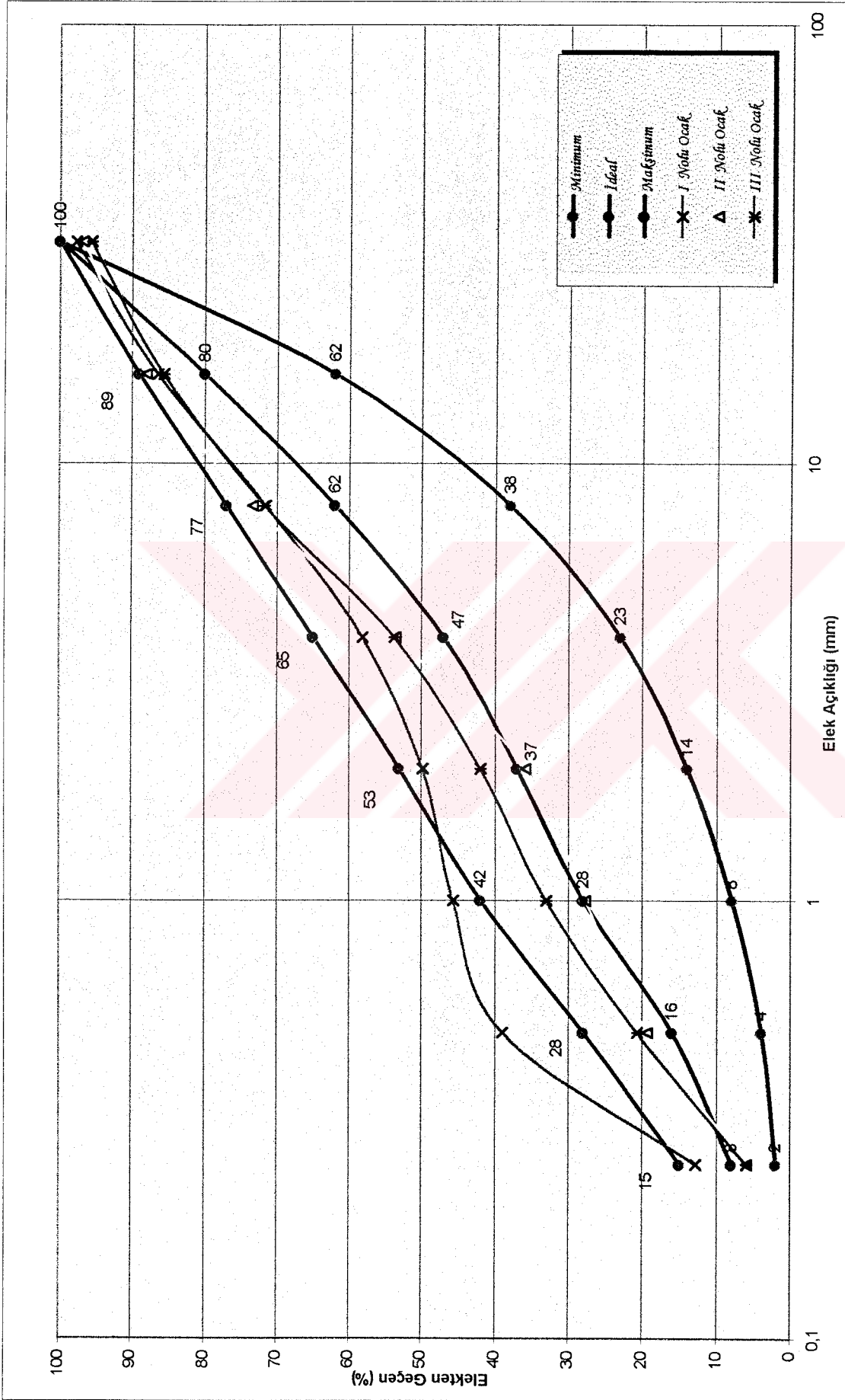
Elek Açıklığı	Elek Üzerinde Kalan Miktar (g)	Elek Üzerinde Kalan (%)	Elek Üzeri Yığılımlı Kalan %	Elekten Geçen (%)
31.50	1173	3.19	3.19	96.81
16.00	3240	8.81	12.00	88.00
8.00	5388	14.65	26.65	73.35
4.00	7316	19.89	46.54	53.46
2.00	6484	17.63	64.17	35.83
1.00	2990	8.13	72.30	27.70
0.50	3078	8.37	80.67	19.33
0.25	4903	13.33	94.00	6.00
Tava	2207	6.00	100.00	-
TOPLAM	36780	100.00	-	-

Çizelge 4.4. 3 Nolu Ocaktan Alınan Agreganın Granülometrik Bileşimi

Elek Açıklığı	Elek Üzerinde Kalan Miktar (g)	Elek Üzerinde Kalan (%)	Elek Üzeri Yığılımlı Kalan %	Elekten Geçen (%)
31.50	1093	4.38	4.38	95.62
16.00	2501	10.02	14.40	85.60
8.00	3472	13.91	28.31	71.69
4.00	4500	18.03	46.34	53.66
2.00	2918	11.69	58.03	41.97
1.00	2244	8.99	67.02	32.98
0.50	3075	12.32	79.34	20.66
0.25	3656	14.65	93.99	6.01
Tava	1500	6.01	100.00	-
TOPLAM	24959	100.00	-	-

Şekil 4.1'in irdelenmesinden de görülebileceği gibi 2 ve 3 nolu ocaklardan elde edilen agregaların granülometrik bileşimleri beton üretimi için uygundur. Bu iki ocağın granülometrik eğrileri ideal granülometrik eğriye yakın seyretmektedir. Özellikle 3 nolu ocağın agrega granülometri eğrisindeki varyasyon (değişim) oldukça azdır. Araştırma materyali olarak kullanılan 2 ve 3 nolu ocaklara ait agregalarda minimum boşluklu ve toplam yüzeyi daha az olan bir agrega karışımı elde etmek olasıdır. Dolayısıyla bu iki ocaktan elde edilen agregaların tane çapları arasında belirli bir bağıntı bulunacağından agrega yığınındaki boşluğun minimuma indirmek olanaklı hale gelecektir. Boşluğun minimum olması ile Uluata (1981)'da belirtildiği gibi çimento ve su miktarı minimum düzeyde kalabilecek ve böylece daha ekonomik bir beton üretmek mümkün olacaktır.

Araştırma materyallerinden 1 nolu ocağa ait agregaların granülometrik eğrisi ince agrega kısmında (2 mm'ye kadar) standart granülometri alanının dışındadır. Bu ocaktan alınan agregalardan beton üretilmesi durumunda granülometrik bileşimin ayarlanması gerekecektir. Aksi taktirde Akman (1990)'nın da belirttiği gibi agrega tane çapı küçüldükçe yığındaki tanelerin toplam yüzeyi de artacaktır. Toplam yüzey artınca da bu yüzeyleri ıslatmak için gerekli su artacaktır. Beton üretiminde kullanılacak ıslatma suyu beton sertleştikten sonra buharlaşır ve yeri boş kalır beton



Şekil 4.1. Seçilen ocaklardan alınan agregaların granulometri eğrileri ve sınır değerleri

kütlelerinde oluşacak boşluklar betonun mukavemetini oldukça düşürür ve geçirimsizliği de artırır. Bu durumun önüne geçebilmek için bu ocaktan elde edilen agregalara 2 mm'lik elek çapına kadar olan kısmında kaba malzeme miktarı ilave edilerek granülometrik bileşimin ayarlanması gerekir.

Araştırmada incelenen ocaklardan elde edilen agregaların granülometrik bileşimleri hakkında daha detaylı bilgi sahibi olabilmek için Adams (1983) ve Akman (1990)'da da belirtildiği gibi agregaların incelik modülleri saptanmış olup, belirlenen değerler çizelge 4, 5' de verilmiştir.

Çizelge 4.5. Ocaklardan Alınan Agregaların İncelik Modülleri

Ocaklar	İncelik Modülleri	
	İnce Agregası	İri Agregası
1 Nolu	1.47	6.06
2 Nolu	2.34	6.80
3 Nolu	2.12	6.01

Çizelge 4.5'teki verilerden de görülebileceği gibi agrega ocaklarından elde edilen agregaların incelik modülleri ince agrega için 1.47- 2.34, iri agrega için 6.01- 6.80 arasıdır. Uluata (1981), genel olarak beton üretiminde incelik modülü 5.50- 7.50 arası olan kaba agreganın kullanılabilirliğini ve incelik modülü 2.50'den daha az olan ince agreganın beton üretiminde kullanılmasının doğru olmadığını ileri sürmektedir. Bu bağlamda ocaklardan elde edilen iri agregaların incelik modülleri sınır değerler arasında kalırken, ince agregaların modülleri ise sınır değerinin altındadır. Yani ocaklardan elde edilen ince agregalarda çok ince kum oranı fazla miktardadır. Özellikle 1 nolu agrega ocağına ait agregalardaki çok ince kum miktarı oldukça fazladır bu durum üretilen betonun işlenebilirlik özelliğini artıracaksa da mukavemetini oldukça düşürecektir.

4.1.3. Kil-Silt Miktarı

Ocaklardan alınan agrega örneklerinin kil-silt içeriklerine ilişkin veriler çizelge 4,6'da verilmiştir. Çizelge 4,6'dan da görüldüğü gibi agrega örneklerinin kil-silt içerikleri sırasıyla % 1.81, % 1.62 ve % 4.96 olarak bulunmuştur. Agregası örneklerinin hepsinin kil-silt içerikleri sınır değeri olan %5'in (Akman,1990) altındadır. Ancak 3

nolu ocağa ait agregaların Uluata (1979)'a göre yıkanarak kullanılması yararlı olabilecektir. Diğer iki ocağa (1 ve 2) ait agregaların, beton üretiminde kullanılmasıyla kirlilik açısından bir sorun oluşturmayacağı söylenebilir.

Çizelge 4.6. Ocaklardan Alınan Agregalara İlişkin Kil-Silt Miktarı

Ocaklar	Yıkamadan Önce Kap+Numune	Yıkamadan Sonra Kap+Numune	Kap	Kil-Silt Miktarı (%)
1 Nolu	3350	3300	585	1.81
2 Nolu	3065	3025	595	1.62
3 Nolu	4205	4030	675	4.96

4.1.4. Organik Kökenli Madde Miktarı

Agrega ocaklarından alınan örneklerle, renk karşılaştırma metodu uygulanmış ve her üç örnekte de, deneyler sonunda kimyasal eriyiğin renklerinin beyaz veya açık sarıya yakın olduğu gözlenmiştir (Şekil 4.2). Anonymous (1982)'a göre kimyasal sıvının renksiz veya açık sarı renkte olması agregada içinde zararlı olabilecek organik madde olmadığını belirtmektedir. Bu değerlendirmeye göre her üç örnekte de ince agregaların organik madde bakımından özelliklerinin çok iyi olduğunu, buna bağlı olarak da beton üretiminde organik madde bakımından agregaların uygun olduğu söylenebilir.



Şekil 4.2. Organik Madde Tayini

4.1.5. Sıkışık ve Gevşek Birim Ağırlık

Agrega örneklerinin sıkışık ve gevşek birim ağırlıkları, standart birim ağırlık kaplarıyla yapılmış ve elde edilen sonuçlar çizelge 4.7’de verilmiştir.

Akman (1990), birim ağırlık üzerinde agreganın şeklinin büyük oranda etkili olduğunu, küresel agregalarda yerleşmenin daha iyi olması nedeniyle birim ağırlığın yüksek ($1.6-1.8 \text{ kg/dm}^3$) olabileceğini belirtmektedir. Uluata (1981), normal betonda kullanılacak agregaların birim ağırlığının $1.2-1.6 \text{ kg/dm}^3$ arasında olmasını önermektedir. Bu kaynaklar göz önüne alındığında etüd edilen agregalarda gerek gevşek ve gerekse sıkışık birim ağırlıkların yüksek olması agreganın içerisinde ince agreganın fazla olduğunun göstergesi olarak kabul edilebilir. Agregalarda bu özellik toplam tane yüzeyini artırıcı etki yaptığından beton üretiminde gerek çimento gerekse karışım suyunu artıracığından üretilecek betonun dayanımı ve ekonomisi üzerinde olumsuz etki yapabilecektir.

Çizelge 4.7. Agreganın Gevşek ve Sıkışık Birim Ağırlıkları

Ocaklar	Gevşek Birim Ağırlık (kg/dm^3)	Sıkı Birim Ağırlık (kg/dm^3)
1 Nolu	1.86	1.94
2 Nolu	1.95	2.05
3 Nolu	1.87	1.99

4.1.6. Özgül Ağırlık ve Su Emme Yüzdeleri

Etüd edilen agreganın ocaklarından alınan agreganın özgül ağırlıkları ve su emme yüzdeleri deney sonuçlarına ilişkin veriler Çizelge 4.8 ve 4.9’da verilmiştir.

Çizelge 4.8 ve 4.9’dan da görülebileceği gibi iri agregaların özgül ağırlıkları incelenen her üç agreganın için de 2.65 g/cm^3 olarak belirlenmiştir. Buna karşın ince agregaların özgül ağırlıklarının ocaklar bazındaki farklılığı (değişimi) çok küçük (% 1) bulunmuştur. Uluata (1979) agregalarda özgül ağırlığın $2.00-2.80 \text{ kg/dm}^3$ arasında olması gerektiğini, özgül ağırlığın artmasıyla beton mukavemeti ve dayanıklılığının da artacağını belirtmektedir. Buna karşı Selvi (1993) agregalarda özgül ağırlığın yapının toplam ağırlığının önemli olduğu durumlarda önemli olduğunu belirtmektedir. Ayrıca, düşük bir özgül ağırlığın agreganın boşluklu, sağlam olmayan ve su emme oranı yüksek bir yapıda olduğunun, yüksek bir özgül ağırlığın ise

Çizelge 4.8. İri Agregalara İlişkin Özgül Ağırlık ve Su Emme Yüzdeleri Deney Sonuçları

Ocaklar	Doygun Kuru Yüzey Ağırlığı (g)	Su İçindeki Ağırlık (g)	Su Hacmi (cm ³)	Özgül Ağırlık (g/cm ³)	Kuru Ağırlık (g)	Su Emme Miktarı (g)	Su Emme Yüzdesi (%)
1 Nolu Ocak	1365.0	850	515	2.65	1359	6	0.44
2 Nolu Ocak	1642.0	1023	619	2.65	1625	17	1.04
3 Nolu Ocak	1243.3	775	468.3	2.65	1238	5.3	0.43

Çizelge 4.9. İnce Agregalara İlişkin Özgül Ağırlık ve Su Emme Yüzdeleri Deney Sonuçları

Ocaklar	Doygun Kuru Yüzey Ağırlığı (g)	Kap+Su+Numune Ağırlığı (g)	Kap+Su Ağırlığı(g)	Su Hacmi (cm ³)	Özgül Ağırlık (g/cm ³)	Kuru Ağırlık (g)	Su Emme Yüzdesi(%)
1 Nolu Ocak	150	781.3	688.4	57.1	2.63	148.4	1.07
2 Nolu Ocak	200	812.5	687.8	75.3	2.66	197.7	1.13
3 Nolu Ocak	150	781.1	687.8	56.7	2.65	148.3	1.13

yüksek bir mukavemet ve dayanımın göstergesi olduğunu ifade etmektedir. Bu kaynak bilgiler göz önüne alındığında her üç agrega ocağından elde edilen agregaların özgül ağırlıkları açısından uygun oldukları görülmektedir.

Ocaklardan alınan agregaların su emme yüzdelere ilişkin veriler incelendiğinde (Çizelge 4.8 ve 4.9), gerek iri ve gerekse ince agregalarda en yüksek su emme yüzdesi değeri 2 nolu ocağa aittir. Bu ocağa ait iri agregaların su emme yüzdesi diğer iki ocağa oranla % 236 oranında daha fazladır. İnce agregalara ilişkin su emme yüzdesi değerleri ocaklar bazında incelendiğinde 1 nolu ocağın ince agregasının su emme yüzdesi diğer iki ocağa göre % 5 düzeyinde daha az olmuştur.

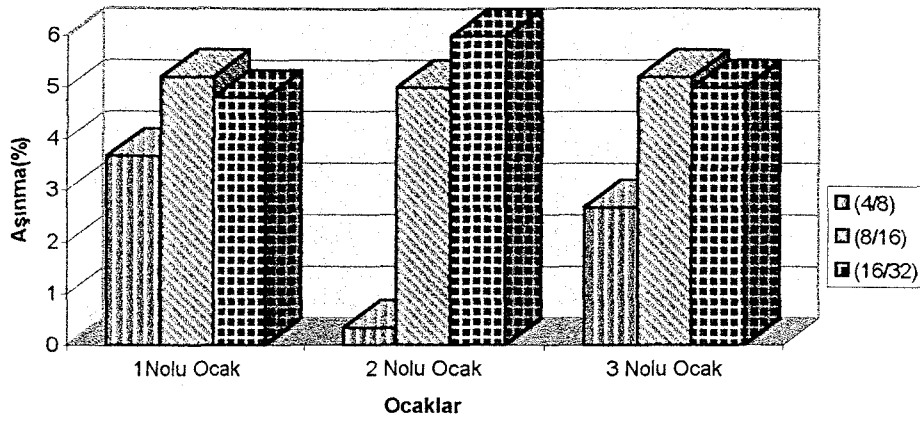
Uluata (1981), agregaların su emme yüzdesinin beton karışım suyu miktarı üzerinde etkili olduğunu belirtirken Selvi (1993), su emme yüzdesi düşük olan agregaların dona daha dayanıklı olduklarını ifade etmektedir.

4.1.7. Hava Olaylarına Dayanıklılık

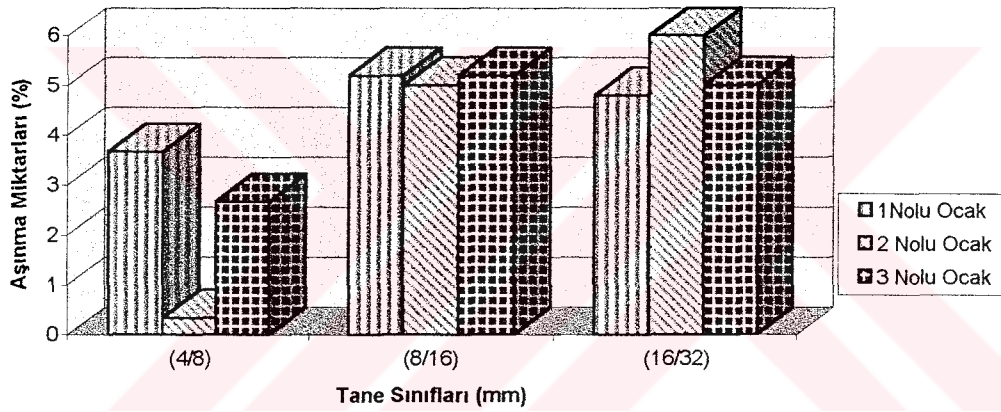
Her ocaktan alınan agregaların soğuk veya sık sık don olayı ile karşı karşıya gelebilecek bölgelerde dökülen betonlarda kullanılmaları durumu için bir benzeşim metodu olan Sodyum Sülfat deneyi yapılmış ve sonuçlar tane sınıfları ve ocaklara göre Çizelge 4.10'da verilmiş olup, ayrıca sonuçlar .şekil 4.3 ve 4.4'de sütun grafik olarak gösterilmiştir.

Çizelge 4.10. Sodyum Sülfat Don Deneyi Sonuçları

Ocaklar	Aşınma (%)		
	Tek Tane Sınıfları (mm)		
	4/8	8/16	16/32
1 Nolu	3.67	5.20	4.80
2 Nolu	0.34	5.00	6.00
3 Nolu	2.67	5.20	5.00



Şekil 4.3. Ocaklara göre tane sınıflarındaki don kayıpları



Şekil 4.4. Tek tane sınıflarına göre ocaklardaki aşınma miktarları

Çizelge 4.10'daki veriler incelendiğinde 2 nolu ocağın 4/8 mm malzemesi diğer malzemeler içinde dona en dayanıklı olmasına rağmen 16/32 mm malzemesi en dayanıksızdır. Ancak agregaların tamamı Anonymous (1980b)'da verilen sınır değer (max, %18) göz önüne alındığında dona karşı oldukça dayanıklı olduğu görülmektedir. Aynı şekilde tane sınıflarına göre don kayıplarını gösteren şekil 4.3 incelendiğinde don olayının agregalar üzerindeki etkisi, 2 nolu ocakta en az, ve bu ocaktaki agregalarda oluşan don kaybı, 1 nolu ocağa göre % 17, 3 nolu ocağa göre ise % 12 daha azdır.

Şekil 4.4'de verilen grafik incelendiğinde bütün ocaklar için ince çakılda (4/8 mm) dona mukavemet, kalın malzemeye oranla daha fazladır. Agregalardan 4/8 mm malzemesinin 8/16 mm'ye göre % 57, 16/32 mm'ye göre %58 daha az aşındığı gözlenmiştir.

4.1.8. Aşınmaya Dayanıklılık

Deney örneklerine bilyalı tambur deneyi uygulanmış ve kayıp miktarları ocaklara göre sırasıyla 100 devir sonunda % 4.6, % 4.4 ve % 4.5 ; 500 devir sonunda % 20.6, % 20.4, % 21.4 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.11).

Çizelge 4.11. Bilyalı Tambur Deneyi Sonuçları

Ocaklar	İlk Ağırlık (g)	100 Devir Sonu Ağırlık (g)	500 Devir Sonu Ağırlık (g)	100 Devirde Kayıp (%)	500 Devirde Kayıp (%)
1 Nolu	5000	4770	3970	4.6	20.6
2 Nolu	5000	4780	3980	4.4	20.4
3 Nolu	5000	4775	3930	4.5	21.4

Çizelge 4.11'deki verilerden de görülebileceği gibi agregalarda meydana gelen aşınma kaybı gerek 100 devir ve gerekse 500 devir için ocaklar bazında fazla bir farklılık meydana getirmemiştir. Anonymous (1980a)'da verilen aşınma sınır değerleri (100 devir için % 10, 500 devir için % 50) göz önüne alındığında agregaların aşınmaya karşı dayanıklı oldukları söylenebilir.

4.2 Beton İle İlgili Bulgular

Bu bölümde, beton ile ilgili bulgular toplanmış ve değerlendirilmiştir.

4.2.1. Taze Betonda Kıvam (İşlenebilme Kabiliyeti)

Hazırlanan taze beton örneklerinin slump deneyi sonuçları Çizelge 4.12'de verilmiştir.

Çizelge 4.12. Taze Beton Slump Deneyi Sonuçları

K o n u	Uygulama	Numunelerin Slump Değerleri (cm)		
		1 Nolu Ocak	2 Nolu Ocak	3 Nolu Ocak
1	Yıkanmamış Tuvenan	11.0	2.0	3.5
2	Yıkanmamış (%45 Kum, %55 Çakıl)	2.0	5.0	3.0
3	Yıkanmamış (%40 Kum, %60 Çakıl)	8.0	3.0	2.0
4	Yıkanmış (%45 Kum, %55 Çakıl)	7.0	12.0	13.0
5	Yıkanmış (%40 Kum, %60 Çakıl)	5.5	8.5	12.5
6	Yıkanmış (%25 Kum, %25 (4/8), %25 (8/16), %25 (16/32)	11.0	6.5	8.5

Çizelge 4.12'de verilen slump deneyi sonuçları incelendiğinde 1 nolu agrega ocağından alınan numunelerden oluşturulan 1 ve 6 nolu konulara ait slump sonuçlarının aynı olduğu görülmektedir. Bu ocaktan alınan agregalardan üretilen betonlardan en düşük slump değeri 2 nolu konuda ortaya çıkmıştır. Slump deney sonuçlarının değerlendirilmesine ilişkin olarak gerek Anonymous (1985) ve gerekse Balaban ve Şen (1984)'te verilen değerler göz önüne alındığında 1 nolu ocak için 1 ve 6 nolu konularda üretilecek beton yarı akıcı konumda, diğer konularda ise plastik kıvamda olacaktır.

İki nolu agrega ocağına ait agrega örneklerinden üretilen betonların slump sonuçları incelendiğinde en yüksek slump değeri sırasıyla 4,5 ve 6 nolu konularda olmuştur.

Çizelge 4.12'deki sonuçlar detaylı olarak irdelendiğinde 1 nolu konuda 2, 3, 4 ve 5 nolu ocaklar için slump miktarı düşük (plastik kıvam) olurken, 1 ve 6 konuda ise yüksek (yarı akıcı) olmuştur. Bu durumun yansıması olarak da 1 nolu ocaktan 1 nolu konuda üretilen betonun basınç mukavemeti de çizelge 4.15'den de görülebileceği gibi diğer ocaklara göre daha düşük (%35 ve %14 oranında) olmuştur.

Çizelge 4.12'deki verilerden de görülebileceği gibi her üç ocakta da yüksek slump elde edilen 4 nolu konuda agregada yıkama uygulamasının slump miktarlarında 3.5 ile 6.5 kat artış sağladığı görülmektedir.

4.2.2. Taze Beton Birim Ağırlıkları

Taze beton örneklerinin birim ağırlık deney sonuçlarına ilişkin veriler çizelge 4.13'de verilmiştir. Çizelge 4.13'den de görülebileceği gibi birim ağırlıklar konu uygulamalarına göre 1 nolu ocakta 2.40-2.55 kg/dm³ arasında, 2 nolu ocakta, 2.40-2.49 kg/dm³ arasında ve 3 nolu ocakta ise 2.35-2.48 kg/dm³ arasında değişmektedir. Her üç ocakta da en yüksek birim ağırlıklar 5 nolu konuda olmuştur genel olarak agregalarda yıkama uygulamasının bütün ocaklarda betonun birim ağırlığını yükselttiği görülmektedir. Çizelge 4.13'teki veriler göre agregalarda yıkama uygulaması betonlarda birim ağırlıkları konulara göre ortalama % 2-5 oranında artırmıştır.

Akman (1990)'a göre normal betonların birim ağırlıkları 2.00-2.80 kg/dm³ arasında olup birim ağırlığı 2.00 kg/dm³'ten düşük olanlar hafif beton, birim ağırlığı 2.80 kg/dm³'ten büyük olanlar ise ağır (masif) beton olarak tanımlanmaktadır. Yukarıdaki değerlendirmelere göre her üç ocaktan elde edilen agregalardan üretilen betonlar birim ağırlıklarına göre normal beton kapsamına girmektedirler.

Betonlarda birim ağırlığın etkisini Öneş (1988)'in de belirttiği gibi kütle (masif) etkisi ve malzemenin ısı iletkenlik kabiliyeti açısından da değerlendirmek yararlı olacaktır.

Çizelge 4.13. Taze Betonda Birim Ağırlık Deneyi Sonuçları

K o n u	Uygulama	Agregaların Birim Ağırlıkları (kg/dm ³)		
		1 Nolu Ocak	2 Nolu Ocak	3 Nolu Ocak
1	Yıkanmamış Tuvenan	2.47	2.43	2.40
2	Yıkanmamış (%45 Kum, %55 Çakıl)	2.40	2.42	2.41
3	Yıkanmamış (%40 Kum, %60 Çakıl)	2.41	2.40	2.35
4	Yıkanmış (%45 Kum, %55 Çakıl)	2.43	2.41	2.45
5	Yıkanmış (%40 Kum, %60 Çakıl)	2.55	2.49	2.48
6	Yıkanmış (%25 Kum, %25 (4/8), %25 (8/16), %25 (16/32))	2.47	2.45	2.42

4.2.3. Taze Betonda Porozite ve Kompasite

Yüksek mukavemetli beton üretmede önemli göstergelerden bir tanesi de taze beton porozite ve kompasitesidir. Bu bağlamda ocaklardan elde edilen agregalardan üretilen betonların porozite ve kompasite değerleri çizelge 4.14'te verilmiştir.

Çizelge 4.14. Taze Betonda Porozite ve Kompasite Değerleri

K o n u	Uygulama	Porozite ve Kompasite (%)					
		1 Nolu Ocak		2 Nolu Ocak		3 Nolu Ocak	
		Pz	Kp	Pz	Kp	Pz	Kp
1	Yıkanmamış Tuvenan	14	86	14	86	14	86
2	Yıkanmamış (%45 Kum, %55 Çakıl)	12	88	13	87	13	87
3	Yıkanmamış (%40 Kum, %60 Çakıl)	14	86	15	85	14	86
4	Yıkanmış (%45 Kum, %55 Çakıl)	12	88	13	87	13	87
5	Yıkanmış (%40 Kum, %60 Çakıl)	14	86	15	85	14	86
6	Yıkanmış (%25 Kum, %25 (4/8), %25 (8/16), %25 (16/32))	13	87	13	87	13	87

Çizelge 4.14'deki verilerden de görülebileceği gibi üretilen taze betonları ocaklar bazında kompasite ve porozite değerleri bir birine çok yakın seyretmektedir. Uluata (1981) ve Akman (1990) üretilecek betonlarda kompasitenin % 80'in üzerinde olması gerektiğini, kompasitenin küçük olması durumunda betondaki boşlukları artacağını, porozitenin artmasının da beton mukavemetini azaltacağını ileri sürmektedirler. Bu konudaki kaynak bilgiler göz önüne alındığında çizelge 4.14'deki verilere göre üretilen betonların tamamında gerek kompasite ve gerekse porozite değerleri sınır değerlerinin üzerindedir.

4.2.4. Beton Basınç Dayanımları

Hazırlanan beton örneklerine, Anonymous (1978b)'da belirtilen esaslara göre bakım yapılmış, deney öncesi başlıkları dökülmüş ve başlıklı olan örnekler Anonymous (1990)'da belirtildiği gibi universal test cihazı ile basınç dayanımı deneyine tabii tutulmuştur. Deneme 7 ve 28 günlük beton örneklerine uygulanmış olup elde edilen değerler konulara göre çizelge 4.15'te verilmiştir.

Çizelge 4.15'teki verilerin incelenmesinde de görülebileceği gibi hazırlanan beton örneklerinde basınç dayanımları ocak ve konu bazında değişkenlik göstermektedir. 7 günlük basınç dayanımlarında en düşük dayanım 1 nolu ocak 1 nolu konuda (84 kg/cm^2) olurken, en yüksek dayanım yine 1 nolu ocak 2 nolu konuda (177 kg/cm^2) olmuştur. 28 günlük basınç dayanımlarındaysa en düşük dayanım 1 nolu ocak 1 nolu konuda (133 kg/cm^2) olurken, en yüksek basınç dayanımı da 1 nolu ocak 5 nolu konuda (242 kg/cm^2) olmuştur.

Şekil 4.5'den de görülebileceği gibi genelde slump değerleri yükseldikçe basınç düşmüş, slump değerleri düştükçe basınç yükselmiştir.

Ancak en yüksek 7 günlük mukavemetin yikanmamış ve %45 Kum %55 Çakıl olan konuda meydana gelmesinin sebebi, slump değerinin, beklenen konu olan yikanmış %40 Kum %60 Çakıl konusundaki slumptan (5,5cm) daha küçük olmasıdır. Nitekim 5. Konu 28 günlük değerinde 2.konuyu geçmiştir.

Aynı şekilde 2 nolu ocağın tuvenan malzemesinin 2.konudan yüksek mukavemetler vermesinin sebebi de slump değerinin 2.konudan daha yüksek olmasıdır. 1 ve 3 nolu ocaktan sağlanan agregalardan 2. Konu için basınç değerlerinin yüksek, 4.konu için düşük, 3.nolu ocakta 3.konuda yüksek, 5.konuda düşük çıkmasının nedeni de yine slump değerlerinin düşük olmasıdır.

Beton basınç dayanımlarına ilişkin değerler ve bu değerleri kapsayan agregat uygulamaları incelendiğinde agregat granülometrik bileşiminin beton dayanımını etkileyen önemli bir faktör olduğu granülometrik bileşimin uygun olması durumunda basınç dayanımının arttığı ve buna bağlı olarak segregasyonun azaldığı, görülmektedir. Ayrıca agregat temizliğinin de beton basınç dayanımını artırdığı gözlenmektedir.

Çizelge 4.15. Beton Örneklerinin Basınç Dayanımları

K o n u	Uygulama	G ü n	Basınç Dayanım Değerleri (kg/cm ²)		
			1 Nolu Ocak	2 Nolu Ocak	3 Nolu Ocak
1	Yıkanmamış	7	84	127	110
	Tuvenan	28	133	206	154
2	Yıkanmamış	7	177	107	120
	(% 45 Kum, % 55 Çakıl)	28	226	156	183
3	Yıkanmamış	7	108	127	134
	(% 40 Kum, % 60 Çakıl)	28	190	226	228
4	Yıkanmış	7	136	115	108
	(% 45 Kum, % 55 Çakıl)	28	208	198	160
5	Yıkanmış	7	172	140	115
	(% 40 Kum, % 60 Çakıl)	28	242	224	182
6	Yıkanmış	7	156	170	130
	(% 25 Kum, % 25 (4/8), % 25 (8/16), % 25 (16/32))	28	208	228	208

4.2.5. Beton Kalite Katsayıları

Betonlarda kalite karakteristik indeks değeri olarak önemli bir yeri olan beton kalite katsayıları, üretilen beton örnekler için de hesaplanmış ve elde edilen değerler çizelge 4.16'da verilmiştir.

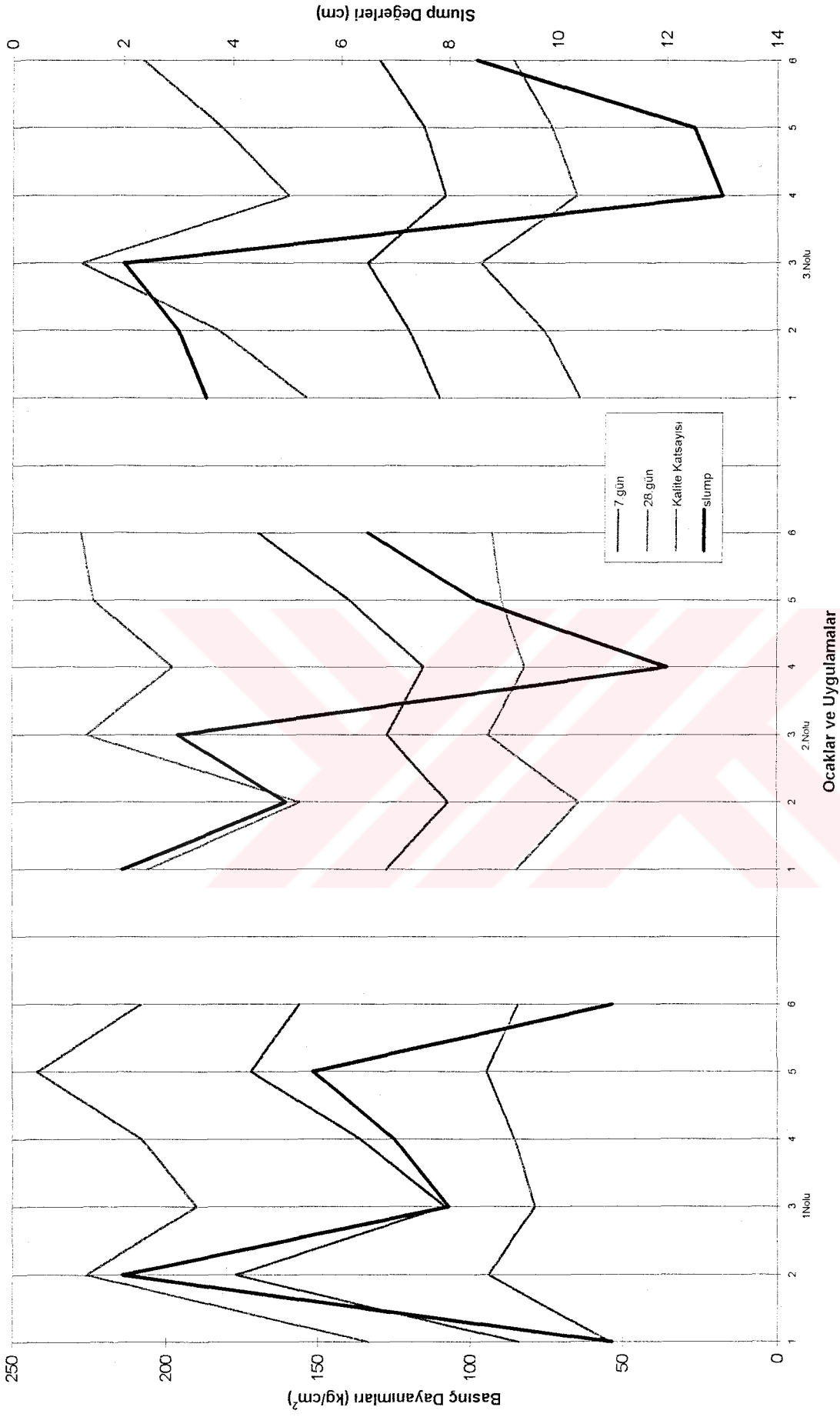
Çizelge 4.16. Beton Örneklerinin Kalite Katsayıları

K o n u	Uygulama	Beton Kalite Katsayıları		
		1 Nolu Ocak	2 Nolu Ocak	3 Nolu Ocak
1	Yıkanmamış Tuvenan	54	85	64
2	Yıkanmamış (%45 Kum, %55 Çakıl)	94	64	76
3	Yıkanmamış (%40 Kum, %60 Çakıl)	79	94	97
4	Yıkanmış (%45 Kum, %55 Çakıl)	86	82	65
5	Yıkanmış (%40 Kum, %60 Çakıl)	95	90	73
6	Yıkanmış (%25 Kum, %25 (4/8), %25 (8/16), %25 (16/32))	84	93	86

Çizelge 4.16'daki verilerin incelenmesinden de görülebileceği gibi beton numunelerde en düşük kalite katsayısı 1 nolu ocak 1 nolu konuda, en yüksek kalite

katsayısı 3 nolu ocak 3 nolu konuda elde edilmiştir. Öneş (1988)'inde belirttiği gibi hafif ve dayanımlı malzeme üretmenin önemli bir göstergesi olan kalite katsayısı indeks değerlerinin de yöredeki ocaklardan elde edilen agregalardan üretilen betonlarda da göz ardı edilmemesi gerekir. Kalite katsayılarının, 1 nolu ocağın %40 kum %60 çakıl konuları ile 2. Ocağın %45 kum % 55 çakıl konularında beklenen gibi ortaya çıkmasına karşın diğer kalite katsayılarına uygulamalardaki slump değerlerinin aşırı farklı oluşunun etkisi olduğu gözlenmiştir. Slump değerleri birbirine yakın olan 1 nolu ocağın % 40 kum % 60 çakıl konuları kalite katsayılarının yikanınca arttığını göstermektedir.





Şekil 4.5. Ocaklar ve Uygulamalara Göre 7 ve 28 Günlük Basıncı Dayanımları ve Bu Örneklerin Slump Değerleri ve Kalite Katsayıları

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yörede Kızılırmak havzasından sağlanan agregalarla daha kaliteli beton üretimi için göz önüne alınması gerekli temel ilkeler aşağıdaki şekilde özetlenebilir

1. Araştırma sonucunda ocaklar bazında agregaların doğal nem miktarı sırasıyla % 2.68, % 3.11 ve % 3.83 olarak saptanmıştır. Dayanıklı ve işlenebilir bir beton üretimi için betonda kullanılacak net karışım suyu belirlenirken agregaların doğal nem miktarları göz önüne alınmalıdır.

2. Araştırma bulgularına göre ocaklardan elde edilen granülometrik bileşiminde ince malzemenin kaba malzemeye göre daha fazla olduğu saptanmıştır. Özellikle bu durum 1 nolu ocakta belirgin olarak ortaya çıkmış, bu ocaktan sağlanan agregaların 0-2 mm'lik kısmına mutlaka bir elek uygulaması yapılmalıdır. Dolayısıyla yörede agrega ocaklarından sağlanan malzeme ile kaliteli ve dayanıklı beton üretebilmek için agregalar tuvenan karakterde değil granülometrik bileşim ayarlandıktan sonra beton üretiminde kullanılmalıdır. Betonlarda kullanılacak olan malzemede çakıl oranının yüksek olmasının basınç mukavemetlerini yükselttiği görülmüştür. Bu yüzden elden geldiği kadar malzemenin çakıl oranının yüksek seçilmesinde yarar vardır.

3. Agregalardaki aşırı kil-silt birikimi, bu agregalarda üretilecek betonu basınç dayanımını oldukça düşürmektedir. Araştırma materyali olan agregalarda kil-silt miktarı sınır değer ($< \% 5$) altında saptanmıştır. Bunun yanında agregalarda kil-silt birikimini eser hale getirmek amacıyla yapılan yıkama uygulaması sonucunda üretilen betonların basınç dayanımında ortalama %10 daha fazla bir artışın meydana geldiği gözlenmiştir. Dolayısıyla agregaların yıkama uygulaması sonucunda beton üretiminde kullanılması yararlı olacaktır.

4. Yöre ocaklarındaki agregalarda belirgin bir organik madde bileşimine rastlanmamış olup, agregaların organik maddeden arındırmak için herhangi bir işlem gerekmemektedir.

5. Özgül ağırlıkların tüm ocaklardaki agregalar için hemen hemen aynı olduğu gözlenmiştir. Beton karışım hesaplarında kullanılacak olan özgül ağırlıkların normal beton üretimi için yeterli olduğu söylenebilir. İncelenen her üç agrega ocağı için iri agregaların özgül ağırlıkları $2.63-2.65 \text{ kg/dm}^3$ arasında olup, bütün agregaların özgül ağırlıkları sınır değerler arasında olduğu görülmektedir.

6. Etüd edilen agregalarda gerek gevşek ve gerekse sıkışık birim ağırlıkların yüksek olduğu gözlenmiştir. Bu durum agrega granülometrisine bağlı olup, agrega bileşimlerinde ine malzemenin fazla olduğunun bir göstergesidir agregalarda bu özellik toplam tane yüzeyini artırıcı bir etki yaptığından beton karışımında kullanılacak bağlayıcı madde miktarını artırdığından, üretilebilecek betonun ekonomikliğini azaltabilecektir. Bunun yanında beton karışım suyunda da artışa yol açacağından üretilecek betonların basınç dayanımını olumsuz yönde etkileyebilecektir. Dolayısıyla ekonomik ve dayanımlı bir beton üretimi için agrega granülometrisinin ayarlanması yararlı olacaktır.

7. Araştırma sonuçlarına göre agregaların don mukavemetleri sınır değerin ($< \% 18$) altında olduğundan bu konuda herhangi bir sorun gözlenmemiştir. Aynı zamanda agregaların aşınma mukavemetleri de yeterli ($< \% 10$ ve $< \% 50$) olduğundan herhangi bir işlem gerekli değildir.

8. Her üç ocağa ait agregalardan üretilen betonlarda en yüksek slump yıkama uygulaması yapılan uygulamalarda olmuştur. Slump testinin taze beton kalitesini saptamada bir ön etüd olduğu göz önüne alınacak olursa yıkama uygulaması taze beton numunelerinde 2.2-5.5 kat arasında bir artış sağlamaktadır.

9. Üretilen betonlarda kompasite, sınır değerlerin ($> \% 80$) üzerinde olduğundan, üretilen betonlarda basınç dayanımı açısından kompasiteye bağlı herhangi bir sorun gözlenmemiştir.

10. Araştırma sonucunda üretilen betonlarda basınç dayanımı tuvenan karakterde ve yıkanmamış agregalardan üretilenlerde düşük çıkmıştır. Bu sorunu giderebilmek için agregalarda granülometrik bileşimin ayarlanması ve yıkama yapılması yararlı olacaktır.

6. KAYNAKLAR

- Adams, E.C., 1983. Science In Building. 2nd Edition Hutchinson and Co. Publishers Ltd., London.
- Akman, S., 1990. Yapı Malzemeleri. İ.T.Ü. Kütüphanesi Sayı: 1408. İstanbul
- Alâ, M.A., 1982. Beton Agrega Deneyleri. K.H.G. M Yayın No :721. Ankara.
- Anonymous, 1970. Concrete Test Methots BS 1881, London.
- Anonymous, 1977. Taze Beton Kıvam Deneyi. Türk Standartları Enstitüsü, TS2872, Ankara.
- Anonymous, 1978a. Taze Betonda Birim Ağırlık, Verim ve Hava Miktarının Ağırlık Yöntemi İle Tayini. Türk Standartları Enstitüsü, TS2941, Ankara.
- Anonymous, 1978b. Laboratuarda Beton Deney Numunelerinin Hazırlanması ve Bakımı. Türk Standartları Enstitüsü, TS3068, Ankara.
- Anonymous, 1978c. Taze Betonda Kıvam Deneyi. Türk Standartları Enstitüsü, TS2871, Ankara.
- Anonymous, 1980a. Beton Agregaları. Türk Standartları Enstitüsü, TS706, Ankara.
- Anonymous, 1980b. Beton Agregalarından Numune Alma ve Deney Numunesi Hazırlama Yöntemi. Türk Standartları Enstitüsü, TS707, Ankara.
- Anonymous, 1980c. Özgül Ağırlık ve Su Emme Oranı Tayini. Türk Standartları Enstitüsü, TS3526, Ankara.
- Anonymous, 1980d. Beton Agregalarında Tane Büyüklüğü Dağılımının Tayini (Granülometrik Birleşim). Türk Standartları Enstitüsü, TS3530, Ankara.
- Anonymous, 1980e. Beton Agregalarında İnce Madde Oranı Tayini. Türk Standartları Enstitüsü, TS3527, Ankara.
- Anonymous, 1981a. Beton Agregalarında Dona Dayanıklılık. Türk Standartları Enstitüsü, TS3655, Ankara.
- Anonymous, 1981b. Beton Agregaların Birim Ağırlıklarının Tayini. Türk Standartları Enstitüsü, TS3529, Ankara.
- Anonymous, 1981c. Beton Agregalarında Aşınma Oranı (Aşınmaya Dayanıklılık) Tayini Metodu. Türk Standartları Enstitüsü, TS3694, Ankara.
- Anonymous, 1982. Beton Agregalarında Organik Kökenli Madde Tayini Deney Metodu. Türk Standartları Enstitüsü, TS3673, Ankara.
- Anonymous, 1983. Concrete As A Material. In 'Structures and Environment Handbook' Chap.207, Eleventh Edition, Midwest Plan Service, Ames, Iowa 5001.

- Anonymous, 1984. Beton Sınıflaması. Türk Standartları Enstitüsü, TS500, Ankara.
- Anonymous, 1985. Beton Karışım Hesap Esasları, Türk Standartları Enstitüsü, TS802, Ankara.
- Anonymous, 1990. Beton Basınç Mukavemeti Tayini. Türk Standartları Enstitüsü, TS3114, Ankara.
- Balaban, A., Şen, E., 1984. Tarımsal İnşaat. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No:904 Ankara.
- Beyazıt, Ö.L., 1988. Beton Deneyleri. D.S.İ. Gn Md., Ankara.
- Ekmekyapar, T., Örüng, İ., 1993. İnşaat Malzeme Bilgisi. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Kitabı No:145, Erzurum.
- Ekmekyapar, T., 1997. Tarımsal İnşaat. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No:151, Erzurum.
- Ersoy, U., 1985. Betonarme.Evrin Yayınevi, İstanbul.
- Gambhir, M.L., 1993. Concrete Technology. Tata Mc Graw-Hill Publishing Company Limited, New Delhi.
- Haktanır, T., Yurtal, R., 1991. Computer Aided Aggregates Proportioning for Concrete Mixes. Doğa Türk Mühendislik ve Çevre Dergisi Cilt:15, Sayı:2, s.159-178.
- Kocataşkın, F., 1975. Yapı Malzemeleri Bilimi (Özellikler ve Deneyler). Birsan Kitapevi Yayınları, İSTANBUL.
- Külahçı, M., Yazıcıoğlu, S., 1991. Kum Kirliliğinin Beton Basınç Dayanımına Etkileri: İnşaat Dergisi, Mayıs 1991, s.63-65, İstanbul.
- Onaran, K., 1985. Malzeme Bilimi. Çağlayan Basımevi, İstanbul.
- Öneş, A., 1988. İnşaat Malzeme Bilgisi. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No:1094,Ankara.
- Öztekin, E., 1983. Beton Sertleşmesinin Hızlandırılmasında Kullanılan Isıl İşlemler ve Eğilme Dayanımına Etkileri. Karadeniz Üniversitesi Basımevi Yayın No:21, Trabzon.
- Postacıoğlu, B., 1975a. Yapı Malzemeleri Problemleri. Çağlayan Kitabevi, İstanbul.
- Postacıoğlu, B., 1975b. Yapı Malzemesi Dersleri. İ.T.Ü. Kütüphanesi Sayı:1011, İstanbul.

- Selvi, M.A., 1993. Amasya İli Yeşilırmak Havzasındaki Doğal Agregalarından Alınan Agregaların ve Bu Agregalardan Üretilen Betonun Bazı Özelliklerinin Saptanması (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi), OMÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Samsun.
- Taymaz, H., 1981. Yapı Bilgisi, M.E.B. Mesleki ve Teknik Eğitim Yayın No:58 M.E.B. Basımevi,İstanbul.
- Tekinel, O., Çevik, B., 1993. İnşaat Malzeme Bilgisi, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Kitabı No:103,Adana.
- Tugutalp, E.Ü., Örüng, İ., 1992. Doğal Hafif Agregalı Betonların Donma-Çözülme Etkisi Altındaki Bazı Özellikleri Üzerine Bir Araştırma. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi Cilt:23, Sayı:2, s.72-78 Erzurum.
- Uluata, A.R., 1979. Yapı Malzemesi Olarak Beton (Ders Notları). Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi,Kültürteknik Bölümü, Erzurum.
- Uluata, A.R., 1981. Beton Malzemeleri ve Beton, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Kültürteknik Bölümü, Erzurum.



7. ÖZGEÇMİŞ

1973 yılında Bafra'da doğdu. İlk, Orta ve Lise eğitimini aynı yerde tamamladıktan sonra 1991 yılında Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü'nü kazandı, 1995 yılında mezun oldu. 1996 yılında Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde yüksek lisans eğitimine başladı, 1997 yılında Araştırma Görevlisi olarak atandı. Halen yüksek lisans eğitimine devam etmektedir.

