



**TOKAT İLİ MERKEZ İLÇESİNDEKİ DOĞAL
AGREGA KAYNAKLARININ BETON AGREGASI
OLARAK KULLANILABİLİRLİĞİNİN
İNCELENMESİ
Şenel İHYA TUTMAZ
Yüksek Lisans Tezi
Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı
Doç.Dr. Sedat KARAMAN
2009**

T.C.
GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**TOKAT İLİ MERKEZ İLÇESİNDEKİ DOĞAL AGREGA KAYNAKLARININ
BETON AGREGASI OLARAK KULLANILABİLİRLİĞİNİN İNCELENMESİ**

ŞENEL İHYA TUTMAZ

TOKAT
2009

Her hakkı saklıdır

Doç. Dr. Sedat KARAMAN danışmanlığında, Şenel İHYA TUTMAZ tarafından hazırlanan bu çalışma 13/01/2009 tarihinde aşığıdaki jüri tarafından oy birliğı/oy çokluğu ile Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan: Doç.Dr. Bilal CEMEK

İmza:

Üye: Doç.Dr. Sedat KARAMAN

İmza:

Üye: Yrd.Doç.Dr. Bahattin ÖZTOPRAK

İmza:

Yukarıdaki sonucu onaylarım
(imza)

Prof. Dr. Metin YILDIRIM
Enstitü Müdürü
.../.../.....

TEZ BEYANI

Tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu tezin yazılmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğunu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezin içerdığı yenilik ve sonuçların başka bir yerden alınmadığını, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bu üniversite veya başka bir üniversitedeki başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.

Şenel İHYA TUTMAZ

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

TOKAT İLİ MERKEZ İLÇESİNDEKİ DOĞAL AGREGA KAYNAKLARININ BETON AGREGASI OLARAK KULLANILABİLİRLİĞİNİN İNCELENMESİ

Şenel İHYA TUTMAZ

Gaziosmanpaşa Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Sedat KARAMAN

Bu çalışmada Yeşilırmak nehrinden sağlanan ve Tokat Merkez ilçesindeki Tarımsal yapılarda yaygın olarak kullanılan agregaların büyük bir bölümünü karşılayan 3 adet ocaktan elde edilen agregaların beton yapımına uygunluğu araştırılmıştır. Çalışmada Türk Standartları Enstitüsü tarafından kabul edilen agrega deney yöntemleri kullanılmıştır. Agrega ocaklarından standartlara uygun olarak alınan agrega örnekleri üzerinde granülometri, birim ağırlık, özgül ağırlık ve su emme oranı, dona dayanıklılık, aşınmaya dayanıklılık, ince madde oranı ve organik madde miktarı, minerolojik analiz ile bu agregalarla üretilen betonun basınç dayanım deneyleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlardan incelenen agrega ocaklarına ilişkin agregaların granülometrik dağılımının uygun olmadığı, diğer özelliklerinin ise beton üretimi için uygun olduğu ve bu agregalarla üretilen betonun basınç dayanımının da yeterli olduğu görülmüştür. Çalışmada ayrıca agregaların uygun olmayan özelliklerinin iyileştirilmesinin nasıl yapılabileceği belirlenerek çözüm önerileri sunulmuştur.

2009, 74 sayfa

Anahtar Kelime: Agrega, beton

ABSTRACT

Master Thesis

POSSIBLE UTILIZATION OF NATURAL AGGREGATE RESOURCES IN CENTRAL TOWN OF TOKAT AS CONCRETE AGGREGATE

Şenel İhya TUTMAZ

Gaziosmanpaşa University

Department of Farm Structures and Irrigation

Graduate School of Natural and Applied Science

In this study, aggregates of three quarries sampled from Tokat Province were tested to evaluate their suitability for concrete production. The aggregates were supplied from Yesilirmak River, and largely used in agricultural structures constructed in Tokat. Standard aggregate tests approved by Turkish Standards Institute were carried out to analyze the samples. Granulation, unit weight, specific weight, water absorption rate, resistance to frost, resistance against abrasion, ratio of fine materials, organic material contents and, mineralogical analysis of aggregates sampled from aggregate quarries were determined. Pressure resistance tests were conducted on concrete prepared by the aggregates. The results indicated that the aggregate granulation distribution of aggregate quarries evaluated was not suitable however other parameters determined were appropriate for concrete production. The resultant concrete had sufficient pressure resistance. The possible solutions to improve the improper characteristics of aggregates used in concrete were also determined and introduced with this study.

2009, 74 pages

Keywords: Aggregate, concrete

TEŞEKKÜR

Bu çalışmayı tez konusu olarak öneren ve araştırmanın danışmanlığını üzerine alan, hazırlanması ve yürütülmesinde her türlü desteği gösteren hocam Doç.Dr. Sedat KARAMAN'a, laboratuvar olanaklarını sunarak çalışmalarım sırasında değerli yardımlarını gösteren Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi Bölümü öğretim üyesi Doç.Dr. Hikmet GÜNAL'a Tokat Meslek Yüksek Okulu İnşaat Programı öğretim üyesi Yrd.Doç.Dr.Bahattin ÖZTOPRAK'a ve Pamukkale Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyesi Yrd. Doç.Dr. Hayri ÜN'e teşekkür ederim.

Şenel İhya TUTMAZ

2009

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	iv
SİMGE ve KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER LİSTESİ	viii
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ	4
2.1. Agregaların Tanımı ve Önemi	4
2.2. Agregaların Sınıflandırılması	6
2.2.1. Elde Ediliş Şekillerine Göre Agregalar	6
2.2.2. Yoğunluklarına Göre Agregalar	7
2.2.3. Tane Büyüklüklerine Göre Agregalar	8
2.3. Agregaların Özellikleri	9
2.3.1. Agregaların Jeolojik ve Petrografik Özellikleri	9
.....	
2.3.2. Agregaların Fiziksel Özellikleri	9
2.3.3. Agregaların Mekanik Özellikleri	17
2.3.4. Agregalarda Bulunabilecek Zararlı Madde ve Taneler	19
2.4. Betonun Tanımı ve Özellikleri	23
2.4.1. Taze Betonun Özellikleri	23
2.4.2. Sertleşmiş Betonun Özellikleri	24

3. MATERYAL VE YÖNTEM	26
3.1. Materyal	34
3.2. Yöntem	34
3.2.1. Arazi Çalışmaları	34
3.2.2. Laboratuar Çalışmaları	34
3.2.2.1. Granülometri (Tane Büyüklüğü Dağılımı)	36
3.2.2.2. Sıkışık ve Gevşek Birim Ağırlık	37
3.2.2.3. Özgül Ağırlık ve Su Emme Miktarı	38
3.2.2.4. İnce Madde Oranı	41
3.2.2.5. Organik Madde Miktarı	41
3.2.2.6. Dona Dayanıklılık	41
3.2.2.7. Aşınmaya Dayanıklılık	42
3.2.2.8. Kimyasal ve Minerolojik Analiz	43
3.2.2.9. Beton Basınç Dayanımı	46
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA	48
4.1. Elek Analizi ve Granülometri	49
4.2. Sıkışık ve Gevşek Birim Ağırlık	56
4.3. Özgül Ağırlık ve Su Emme Miktarı.....	57
4.4. İnce Madde Oranı	59
4.5. Organik Madde Miktarı	60
4.6. Dona Dayanıklılık.....	60
4.7. Aşınmaya Dayanıklılık	61
4.8. Minerolojik Analiz	62
4.9. Beton Basınç Dayanımı	64
5. SONUÇ ve ÖNERİLER	66
KAYNAKLAR	70
ÖZGEÇMİŞ	74

SİMGE ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	Açıklama
B_s	Sıkışık birim ağırlık (kg/dm^3)
B_g	Gevşek birim ağırlık (kg/dm^3)
δ_k	Agreganın kuru özgül ağırlığı (g/cm^3)
δ_d	Agreganın doygun kuru yüzey özgül ağırlığı (g/cm^3)
δ_g	Agreganın görünen özgül ağırlığı (g/cm^3)
m_l	Agreganın su emme oranı (%)
m_y	Yıkabilen ince madde (kil-silt) oranı (%)
D	Don kaybı oranı (%)
a_1	Aşınma Yüzdesi (%)
f_c	Beton deney örneğinin basınç dayanımı (kg/cm^2)
F	Kırılma anında ulaşılan en büyük yük (kg)
A_c	Örneğin üzerine basınç yükünün uygulandığı en kesit alanı (cm^2)
V	Hacim (dm^3)
W	Örnek ağırlığı (g)

Kısaltmalar	Açıklama
TS	Türk Standartları
ASTM C	Amerikan Beton Standardı
BS	Beton Sınıfı
W/C	Su/Çimento Oranı
DKY	Doygun Kuru Yüzey

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil	Sayfa
Şekil 3.1. Araştırma yöresindeki doğal agrega ocaklarının dağılımı	28
Şekil 3.2. Örneklerin alındığı agrega ocağı (Gümenek).....	29
Şekil 3.3. Örneklerin alındığı agrega ocağı (Taşlıçiftlik-1).....	29
Şekil 3.4. Örneklerin alındığı agrega ocağı (Taşlıçiftlik-2).....	30
Şekil 3.5. Agrega ocaklarından birine ilişkin jeolojik harita (Gümenek).....	31
Şekil 3.6. Araştırmada kullanılan agregalar	35
Şekil 3.7. Standart elek serisi	35
Şekil 3.8. Agrega örneklerinin hazırlanması ve ayrılmasında kullanılan bölgeçler	36
Şekil 3.9. Agrega birim ağırlıklarının belirlenmesinde kullanılan kovalar	38
Şekil 3.10. Agrega aşınma deney aleti (Los Angeles aşınma deney aleti)	43
Şekil 3.11. Beton deney örneklerinin hazırlanmasında kullanılan silindir kalıplar	45
Şekil 3.12. Beton basınç presisi	47
Şekil 4.1. Gümenek agregasına ilişkin granülometri eğrisi	49
Şekil 4.2. Taşlıçiftlik-1 agregasına ilişkin granülometri eğrisi	50
Şekil 4.3. Taşlıçiftlik-2 agregasına ilişkin granülometri eğrisi	51
Şekil 4.4. Öngörülen karışımın tane dağılımı eğrisi	55
Şekil 4.5. Gümenek agrega ocağına ilişkin malzemenin tüm kayaç çözümlemelerine ilişkin mineralojik analizi için elde edilen X-Ray paterni	63
Şekil 4.6. Taşlıçiftlik1-agrega ocağına ilişkin malzemenin tüm kayaç çözümlemelerine ilişkin mineralojik analizi için elde edilen X-Ray paterni	63
Şekil 4.7. Taşlıçiftlik-2 agrega ocağına ilişkin malzemenin tüm kayaç çözümlemelerine ilişkin mineralojik analizi için elde edilen X-Ray paterni	64

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge	<u>Sayfa</u>
Çizelge 3.1. Tokat İli Merkez İlçesinde bulunan agrega ocaklarının bazı özellikleri ...	27
Çizelge 3.2. Tokat yöresinden elde edilen agregaların kimyasal analizi	30
Çizelge 3.3. Araştırmada kullanılan çimentonun kimyasal ve fiziksel özellikleri	33
Çizelge 4.1. Agrega örneklerinin bazı özellikleri	48
Çizelge 4.2. Gümenek agregasına ilişkin elek analizi değerleri	49
Çizelge 4.3. Taşlıçiftlik-1 agregasına ilişkin elek analizi değerleri	50
Çizelge 4.4. Taşlıçiftlik-2 agregasına ilişkin elek analizi değerleri	51
Çizelge 4.5. 0-7 mm doğal kumun elek analizi sonuçları	54
Çizelge 4.6. 7-15 mm doğal agreganın elek analizi sonuçları	54
Çizelge 4.7. 15-30 mm doğal agreganın elek analizi sonuçları	55
Çizelge 4.8. Öngörülen karışımın elek analizi	55

1. GİRİŞ

Tarım insanların gıda, giyim ve barınma gereksinimlerini karşılamak için ham maddeler üreten ve bunların bir kısmını mamul ve yarı mamul hale getiren faaliyet koludur. Bu maddeler insan varlığı için vazgeçilmez unsurlardır. Tarımsal faaliyetler insanlığın başlangıcına kadar uzanmakta ve tarih boyunca devam eden gelişme göstermektedir. Tarımsal yapılar bu gelişmenin rantabilitesine etki yapan etmenlerin en önemlilerindendir. Bu nedenle tarımsal yapıların ve onları oluşturan malzemenin bilinmesi gerekmektedir (Alkan, 1972). Bir yapı kendisinden beklenen işlevleri istenilen duyarlılıkta, en ekonomik şekilde yerine getirebilmelidir. Bu koşulların yerine getirilebilmesi, diğer etmenlerin yanı sıra malzemenin iyi tanınması ile olasıdır (Çakır, 1992).

Doğada var olan işlenmemiş malzemenin yapıda kullanılması amacıyla işlenmesi ve yapıların projelenip gerçekleştirilmesi, mühendisin görev ve sorumluluğu içerisinde yer alır. Mühendisin sorumluluk bilinciyle herhangi bir yapıyı projeleyip, inşa edebilmesi için kullanılacak malzemenin özelliklerini tam anlamıyla bilmesi gerekir. Yapı mühendisi herhangi bir yapıyı projelerken, yapının kendinden istenilen işlevleri yerine getirmesine, değişken dış etkilere karşı dayanıklı ve ekonomik olmasına özen göstermelidir. Bu koşulların gerçekleştirilmesi ile malzemenin özellikleri arasında sıkı bir ilişki vardır. Bu koşullar ısı, rüzgar, güneş, yük vb. diğer tahrip edici etmenlerin etkileri altında malzemenin gösterdiği tepkilerdir. Yapıların tasarımı, boyutlandırılması ve kesin hesapları yönünden malzemenin dış yükler altında mekanik davranışını, istenilen görevleri uzun süreli olarak bozulmadan yerine getirebilmek yönünden de iç ve dış etkilere karşı kimyasal ve fiziksel dayanıklılığını bilmek önemlidir (Çakır, 1992).

Ülkemizde tarımsal yapılar, malzeme özelliği ve yapım tekniği yönünden beklenen minimum koşulları yerine getirmekten uzaktır. Bu nedenle doğal afetlere ve özellikle depreme karşı yeterli dayanımı gösterememektedir (Alkan, 1972). Tarımsal yapıların üretiminde sağlamlık ve kullanılan malzemenin dayanıklılığı istenilen özelliklerin başında gelmektedir (Kocabay, 1991).

Tarımsal yapılarda taşıyıcı eleman olarak en çok kullanılan yapı malzemelerinden olan beton, bulunuşundan bu yana uzun zaman geçmiş olmasına karşın güncelliğini koruyan ve gittikçe gelişerek kullanım alanı yaygınlaşan yapı malzemesidir. Bunda en büyük etken şekil verebilme kolaylığı, fiziksel ve kimyasal dış etkilere karşı dayanıklılığı, ekonomik oluşu ve üretimindeki kolaylığıdır. Son yıllarda beton teknolojisindeki gelişmelerle birlikte basınç dayanımı 1000 kgf/cm²'nin üstüne çıkabilen, katkı maddeleri ile özellikleri istenen yönde değiştirilebilen, çeşitli tekniklerin uygulanmasıyla ısı, ses ve suya karşı geçirimsiz betonlar üretilmiştir (Anonim, 2008a).

Beton; kum, çakıl, çimento ve su ile gerektiğinde kimyasal ve mineral katkı maddelerinin uygun oranlarda homojen olarak karıştırılmasıyla elde edilen, düşük teknolojiyle üretilebilen ekonomik yapı malzemesidir. Betonun yapısında ortalama % 70 oranında mineral yapılu küçük tanelerden oluşan agrega adı verilen malzeme bulunmaktadır. Betonun birçok önemli özelliği, beton üretiminde kullanılan agreganın özelliklerine bağlıdır (Çomak, 2007).

Betonun dayanımı, beton bileşimlerinden olan ve iskelet görevini yapan agreganın özelliği ile doğrudan ilişkilidir (Kocabay, 1991). Beton bileşimine giren agrega, beton kalitesi üzerinde en fazla değişikliğe neden olan bileşendir. Betonun iskeletini oluşturan agreganın özellikleri betonun işlenebilirliği, dayanımı ve geçirgenlik değeri gibi özellikleri üzerine etkilidir. Beton özelliklerinin istenilen değerleri alabilmesi için agrega karakteristiklerinin gerekli koşulları sağlaması gerekir (Postacıoğlu, 1987).

Agregalar aşınma, çarpma, donma ve çözülme etkisi altındaki baraj, sulama yapıları, hayvan barınakları vb. tarımsal yapılarda yaygın olarak kullanılan betonun, mekanik davranışlarında ve olumsuz çevre koşullarına zaman içerisinde dayanma özelliğinde önemli rol oynamaktadır. Bu nedenle betonun işlenebilme, dayanım ve geçirgenlik değeri gibi özellikleri üzerine etkili olan agrega özellikleri iyi etüt edilmelidir.

Tokat yöresindeki tarımsal yapıların çoğunda ekonomik olması, az enerji gerektirmesi ve çevre koruyucu olması nedeniyle yapı malzemesi olarak beton kullanılmaktadır (Karaman, 1996; Karaman ve ark., 2005; Özdemir, 2007). Buna karşın yörede kullanılan

agrega özellikleri ve bu özelliklerin beton kalitesine etkileri konusunda herhangi bir çalışma yapılmamıştır. Özellikle Türkiye gibi gelişmekte olan bir ülke için maliyet faktörü daha da önem kazandığından, Tokat ilinde uzun ömürlü olması ve düşük maliyeti gibi etmenler nedeniyle yeğlenen ve tarımsal yapılarda yoğun olarak beton üretiminde kullanılan malzemelerin rasyonel şekilde kullanılmasının araştırılması gerekmektedir.

Birinci derece deprem kuşağı üzerinde bulunan Tokat yöresinde tarımsal yapılarda yüksek dayanımlı beton üretilmesi için yöredeki doğal agrega ocaklarından elde edilen agrega özelliklerinin belirlenmesi, bu agregaların beton üretiminde uygun şekilde kullanılma olanağını artıracaktır. Yeşilırmak nehrinin biriktirdiği kum-çakıl yataklarından sağlanan ve Tokat yöresi il, ilçe ve diğer küçük yerleşim birimlerindeki inşaatlarda yaygın olarak kullanılan doğal agregaların beton yapımına uygunluk deneylerinin yapılmasıyla, agrega kalitesi ve özellikleri hakkında kesin bilgiler edinilecektir. Böylece istenilen kalitede beton üretilebileceği gibi, yapılarda emniyet ve ekonomi de sağlanacaktır.

Yukarıda açıklanan nedenlerle bu çalışmada, Tokat ili Merkez ilçesindeki doğal agrega ocaklarından sağlanan agregaların beton üretimi ve dayanımı yönünden önemli teknik özellikleri belirlenerek, tarımsal yapılarda beton yapımında kullanılabilirliği araştırılmıştır. Bu amaçla seçilen agrega ocaklarından alınan örnekler üzerinde, standartlara göre yapılan deneylerle agregaların uygunluğu belirlenmiştir. Çalışmada agregaların standartlara uygun olmayan özelliklerinin iyileştirilmesinin nasıl yapılabileceği belirlenmiş, Tokat yöresinde kırsal alanlarda beton üretiminde görülen aksaklıklar saptanarak çözüm önerileri sunulmuştur. Araştırmadan elde edilen sonuçlar bu konuda yapılacak benzer araştırmalara ışık tutabileceği gibi, Tokat Merkez ilçesindeki doğal agrega ocaklarının gerçek anlamda değerlendirilmesi konusunda da gerekli verileri sağlayacaktır.

Çalışma beş bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümü oluşturan giriş bölümünde konunun önemi ve çalışmanın amacı belirtilmiştir. İkinci bölüm olan literatür özeti bölümünde konuya ilişkin kaynaklar gözden geçirilmiştir. Araştırmada kullanılan materyal ve araştırma materyallerine uygulanan deney yöntemleri üçüncü bölümde, araştırmadan elde edilen sonuçlar ve elde edilen sonuçların literatür ışığı altında değerlendirilmesinin yapılarak tartışılması dördüncü bölümde, sonuç ve öneriler beşinci bölümde verilmiştir.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

2.1. Agregaların Tanımı ve Önemi

Agrega; doğal, yapay veya her iki cins yoğun mineral malzemenin genellikle 100 mm'ye kadar çeşitli büyüklükteki kırılmamış veya kırılmış tanelerinin yığındır. Başka bir anlatımla agrega kum, çakıl, kırmataş, 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, 1997).

Betonun niteliğini ve özelliklerini betonu oluşturan su, çimento ve agrega önemli ölçüde etkiler. Günümüzde beton üretiminde kullanılan çimentonun standartlaştırılmış olması, karışım suyu niteliğinin beton özelliklerine etkisinin olsa bilinmesi nedeniyle beton niteliğini etkileyen başlıca unsur olan agrega özelliklerinin öncelikle belirlenmesi gerekir. Agrega, beton maliyeti üzerine küçümsenmeyecek derecede etkili olup, beton dayanımını sınırlandırıcı özelliğe sahip olması bakımından beton çeşidine göre uygun agreganın seçimi oldukça önemlidir. Betonun önemli özellikleri beton üretiminde kullanılan agreganın karakteristiklerine bağlıdır. Başka bir anlatımla beton özelliklerinin istenilen değerleri alabilmesi, bu malzemenin üretiminde kullanılan agrega özelliklerinin bazı koşulları yerine getirmesi ile olasıdır. Agregaların betonun 3/4'ünü oluşturduğu düşünüldüğünde, agreganın bütün özelliklerinin bilinmesi gerektiğinin ne kadar önemli olduğu anlaşılmaktadır. Dayanıklı ve ekonomik beton elde etmek için karışımda kullanılan agregalar bazı özelliklere sahip olmalıdır (Uluata, 1981; Özçelik, 1984; Özsöylev,1993; Gürbüz, 1998).

Betonun oluşmasında kimyasal yönden tarafsız kalan agregalar, betonun taşıyıcı iskeletini oluşturdıklarından son derece önemlidir (Akman, 1984). İyi beton elde edebilmek için uygun agrega kullanılması gerektiği bilinen gerçektir. Agreganın kimyasal ve mineralojik bileşimi, petrografik yapısı, özgül ağırlığı, dayanımı, fiziksel ve kimyasal kararlılığı, boşluk yapısı, rengi vb. özellikleri elde edildiği kayacın özelliklerine bağlıdır. Ancak genellikle agreganın tane şekli ve boyutları, yüzey yapısı ve su emmesi gibi özellikleri göz önüne alınır. Agrega maliyeti çimentoya göre oldukça düşük olduğundan, betonda dolgu malzemesi olarak kabul edilebilir. Agrega aynı zamanda betona önemli teknik üstünlükler

sağlar. Beton, çimento hamuruna göre daha iyi hacim sabitliğine ve çevre etkilerine karşı daha çok dayanıklılığa sahip olur. Bununla birlikte taze betonun işlenebilmesi, pompalanabilmesi, geçirgenlik değeri, beton içerisindeki hava miktarı da agreganın tarafından belirlenir (Postacıoğlu, 1987; Erdoğan, 1995).

Beton oluşumunda kimyasal reaksiyonlara katılmayıp, dayanıklılığı üstlenen en önemli yapı malzemesi olan agreganın çimentoyla bağlantısı betonun mekanik davranışlarında, mekanik kuvvetlerinde ve dış etkilere zaman içerisinde dayanma özelliğinde önemli rol oynar. Bu bağlantının mükemmel oluşu dayanımları iyi yönde etkilemekle birlikte plastik davranışları kısıtlar. Agreganın özellikleri, betonun kırılmadan önce daha büyük şekil değiştirmesine neden olan etmenlerdir. Ayrıca agregalar, aderansı denetleyen özellikler dışında betondaki mikro çatlakların oluşmasında etkili olurlar. Agreganın biçimi ve yığının boşluklu olması, bu boşlukların çimento hamuruyla doldurulmasından dolayı taşıyıcı iskeleti sağlam olmayan yapı oluşturur. Agreganın biçim ve yüzey özelliklerinin basınç ve eğilme dayanımlarına, doku ve şekil değiştirme yeteneğine belirgin şekilde etki ettiği bilinen gerçektir (Kocabay, 1991; Neville, 1995).

Agregalar sağlam olmalı, aşınmamalı, çimento hamurundan en ekonomik olarak yararlanacak şekilde granülometriye sahip olmalı, suyun etkisi altında yumuşamamalı, dağılmamalı, çimentonun bileşenleri ile zararlı bileşikler oluşturmamalı, kimyasal olarak zehirli maddeler bulunmamalı veya çimentonun yapışma etkisine zarar vermemeli, donatının korozyonuna karşı korunmasını tehlikeye düşürmemelidir. Agreganın kullanım yeri ve amacına göre granülometrik dağılımı, tane şekli, tane dayanımı, aşınma direnci, donatı dayanıklılığı ve zararlı maddeler bakımından standartların belirlemiş olduğu ölçütlere uygun olmalıdır (Cimilli, 1986; Yıldırım ve Yılmaz, 2002).

2.2. Agregaların Sınıflandırılması

Agregalar genel olarak elde ediliş şekillerine, yoğunluklarına ve tane büyüklüklerine göre sınıflandırılabilir (Anonim, 2008a).

2.2.1. Elde Ediliş Şekillerine Göre Agregalar

Elde ediliş şekillerine göre agregalar doğal ve yapay agregalar olarak ikiye ayrılmaktadır

Doğal Agregalar; Akarsulardan, denizlerden, teraslardan ve taş ocaklarından elde edilen kırılmış veya kırılmamış yoğun özellikte agregalardır. Doğal agregalar çıkarıldıkları yere göre akarsu yatağı, deniz, buzul, teras ve taş ocağı agregası olarak sınıflandırılırlar (Bayazit, 1988; Anonim, 2006). Kum ve çakıl doğada nehir ve denizlerden, alüvyonların veya buzulların oluşturduğu ocaklardan sağlanabilir. Ülkemizde beton üretiminde daha çok bu tür agregalar kullanılmaktadır. Bazı özel durumlar dışında doğal kum ve çakıl ocakları genellikle ekonomik agrega kaynaklarıdır (Ekmekyapar ve Örüng, 1997). Doğal agregalar, doğada bulundukları yerlerden çıkarıldıktan sonra gerektiğinde yıkanarak gruplara ayrılmaktadır (Eriç, 1994). Doğal agregalar, mineral kökenli değişik boyutların karışımı halinde bulunabilir. Bu tip agrega genellikle kırma, eleme, yıkama gibi işlemlerden sonra kullanılır (Baradan, 1996).

Yapay Agregalar; İstenilen büyüklükte kaliteli agrega elde etmek ve artıkları değerlendirmek amacıyla makinelerle parçalanıp üretilen kırma taş (mıcır), filler, yüksek fırın cürufu, kömür artığı, asbest tuğla kırığı, ahşap ve metal talaşı gibi malzemelerdir. Yapay agregaların üretimi taş ocaklarından çıkan iri malzemenin kırılması, sınıflandırılması ve yüksek fırın cürufu, pişmiş kil ya da perlit gibi hafif agregaların çeşitli işlemlerden sonra kullanıma hazırlanmasıyla elde edilmektedir (Eriç, 1994). Sanayi ürünü olarak da adlandırılan yapay agregalar, yoğun ve özel olarak üretilen hafif agregalardır. İkinci bir işlem sonucu beton yapımında kullanılır duruma getirilebilir. Yapısal, fiziksel ve şekilsel değişiklikler gösterir. Özel amaçlar için gereksinim duyulduklarından, kullanılma yerleri sınırlıdır. Yapay agregalar genel olarak gözenekli yapıya sahip olduklarından, ses ve ısı yalıtımı ile hacimleri bölme amacıyla üretilen betonlarda kullanılmaktadır (Adams, 1993; Anonim, 2008a).

2.2.2. Yoğunluklarına Göre Agregalar

Yoğunluklarına göre agregalar normal agregalar, hafif agregalar ve ağır agregalar olarak ikiye ayrılmaktadır.

Normal Agregalar; Özgül ağırlıkları $2,0-3,0 \text{ g/cm}^3$ arasında olan agregalardır. Uygulamada daha çok bu agregalar kullanılır ve bunların özgül ağırlığı ortalama $2,6 \text{ g/cm}^3$ dolayındadır (Ekmekyapar ve Örüng, 1997).

Hafif Agregalar; Gözenekli taneciklerden oluşan, özgül ağırlığı düşük, doğal ve yapay olarak elde edilebilen agregalardır (Özyürek, 1995). Doğal hafif agregalar doğadan sağlanan, kırılmadan veya kırılarak kullanılan, ısı işlem gören veya görmeyen taşlardır. Yapay hafif agregalar ise bazı sanayi artığı hafif agregalardır. Kırma, ısı işlem gibi işlemlerden sonra veya uygulanmadan kullanılabilir (Ekmekyapar ve Örüng, 1997).

Hafif agregalar betonun birim ağırlığını azaltmak, betona ses ve ısı yalıtım özelliği kazandırmak için veya atık maddeleri değerlendirmek amacıyla kullanılan agregalardır. Genellikle gözenekli yapıya sahip olup su emme ve boşluk oranları yüksek, basınç, çarpma ve aşınma dayanımları oldukça düşüktür. Özgül ağırlıkları $2,0 \text{ g/cm}^3$ 'ten küçüktür. Doğadan elde edilebildiği gibi dolaylı olarak da elde edilebilirler. Bu agregalar sünger taşı (ponza, bims), volkan tüfleri, diatomit, yüksek fırın cürufu, hızar talaşı ve genleştirilmiş kil, perlit, şist vb. isimler altında sıralanmaktadır. Hafif agrega betonu normal agrega betonundan pahalıya mal olmaktadır. Çünkü karışımın hazırlanmasında daha fazla çimentoya gereksinim duyulmaktadır (Postacıoğlu, 1987; Anonim, 2008a).

Ağır Agregalar; Ağır agregalar ağır beton elde etmek için kullanılır. Özgül ağırlıkları $3,2 \text{ g/cm}^3$ 'den büyüktür. Doğal ağır agregalardan bazıları manyetit, hematit, limonit vb. olup yapay ağır agregalara ise çelik ve demir hurdası vb. örnek gösterilebilir. Ağır agregalarla üretilen betonların karıştırılması, yerleştirilmesi ve sıkıştırılması ayrı işçilik ister (Anonim, 2008a). Ağır agregalar su deposu, nükleer santral, röntgen odaları vb. yerlerde geçirimsizliği az, kompasitesi yüksek beton üretimin istenildiği durumlarda kullanılır (Batmaz, 2006).

2.2.3. Tane Büyüklüklerine Göre Agregalar

Tüm taneli mineral kökenli malzeme beton agregası olmayıp, tanelerin boyutları agreganın sınırlarını belirler. Tanelerin boyutları elekler yardımıyla tanımlanır. Bu elekler kare kesitli olup karelerin kenar uzunlukları elek no, elek göz boyutu, elek göz açıklığı olarak tanımlanır. Bir agrega tanesinin geçebileceği en küçük eleğin kenar uzunluğu o tanenin en büyük tane büyüklüğü olarak (çapı) olarak tanımlanır (Ekmekyapar ve Örüng, 1997). Agregalar boyutlarına göre, ince agrega (kum), iri agrega (çakıl) ve tüvenan (karışık) agrega olmak üzere üç sınıfa ayrılır.

İnce Agregalar; Doğal kum, kırma kum (ince mıcır) veya bunların karışımından elde edilen ve 4 mm göz açıklıklı kare gözlü veya kare delikli elekten geçen agregalardır. İnce agrega taneleri sert ve sağlam olmalıdır (Yapıcı, 2002). İnce agrega (kum) doğada bulunuşları bakımından; deniz kumu, dere kumu ve ova kumu olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır (Postacıoğlu, 1987, Çakır, 1992). Doğal ince agrega kırılmamış tanelerden oluşuyorsa kum, kırılmış tanelerden oluşuyorsa kırma kum olarak adlandırılır. Yüksek fırın cüruf kumu gibi sanayi ürünü olan kırılmış veya kırılmamış ince agrega, yapay kum olarak tanımlanır (Özyürek, 1995).

İri Agregalar (Çakıl); İri agrega, 4 mm göz açıklıklı kare gözlü elek üzerinde kalan agregadır. Doğal iri agrega kırılmamış tanelerden oluşuyorsa çakıl, kırılmış tanelerden oluşuyorsa kırma taş olarak adlandırılır. Yüksek fırın cüruf taşı gibi sanayi ürünü olan kırılmamış veya kırılmış iri agrega, yapay taş olarak tanımlanır (Anonim, 2006).

Karışık (Tüvenan) Agregalar; Direk olarak malzeme ocağından alınan iri ve ince agrega karışımına karışık agrega denir (Katrancı, 1999). Yapılarda doğal agrega ocağından doğrudan doğruya elde edilen, elenmemiş ince ve iri agrega kullanılması istenmemektedir (Anonim, 2008a).

2.3. Agregaların Özellikleri

Beton üretimindeki ilk aşama kullanılacak malzemelerin uygun seçimidir. Beton hacminin yaklaşık 3/4'ünü oluşturan agreganın özellikleri taze ve sertleşmiş betonun birçok özeliğini etkiler (Şengül, 2000). Bu nedenle agrega özelliklerinin agregaların jeolojik ve petrografik özellikleri, fiziksel özellikleri, mekanik özellikleri, agregalarda bulunan kısıtlı (zararlı) maddeler başlıkları altında incelenmesi uygun olur (Ekmekyapar ve Örüng, 1997).

2.3.1. Agregaların Jeolojik ve Petrografik Özellikleri

Kayaçlar magmatik, tortul ve metamorfik olarak üç grupta toplanırlar. Doğada kalker, kuvars ve jips gibi yalnız bir mineralden oluşmuş kayaçlar olabileceği gibi, büyük çoğunluğu iki ya da daha çok mineralin birleşimi ile oluşmuşlardır. Agregalar söz konusu kayaçlardan oluştuğundan, petrografik yönden bu kayaçların özelliklerini taşırlar. Bazı taşlardan oluşan agregalar beton agregası olarak kullanılmazlar. Magmatik ve metamorfik kayaçlar ayrışmamışlarsa genellikle agrega olarak kullanılmaya uygundur. Özellikle magmatik kayaçlardan granit, siyenit, diyorit ile gabro grubuna ilişkin bazaltlar ve metamorfik kayaçlardan mermer, kuvarsit ile gnayslar sağlam ve kaliteli agrega verirler. Metamorfik kayaçlardan ayrışmış şistler kolayca parçalandıklarından, agrega olarak kullanılmaya uygun değildir (Erguvanlı, 1983; Ekmekyapar ve Örüng, 1997).

2.3.2. Agregaların Fiziksel Özellikleri

Agreganın fiziksel özelliklerinden; tanelerin nem içeriği, birim ağırlık, özgül ağırlık, en büyük tane büyüklüğü, granülometri, dona dayanıklılık ve boşluk oranı gibi özellikler anlaşılmaktadır (Ekmekyapar ve Örüng, 1997).

Tane çapı 100 mm'den küçük doğal taşlardan oluşan agreganın fiziksel özellikleri, doğal taşlarla aynı özellik göstermektedir. Ancak agreganın küçük boyutlarda olmaları ve bağlayıcı maddelerle birlikte kullanılmaları, bu grup doğal taşın fiziksel özelliklerinin belirlenmesinde ve değerlendirilmesinde bazı değişikliklerin yapılması ve bazı özelliklerin bilinmesini gerektirir (Postacıoğlu, 1975; Baradan, 1996).

Agregalarda Nem İçeriği; Agregalardaki nemin beton karışım hesapları yönünden önemi vardır. Agregaların mevcut su içeriği göz önüne alınarak beton karışım hesabı sırasında gerekli düzeltmeler yapılır (Yapıcı, 2002). Agregalardaki nem içeriği, agregalardaki boşluklarla agrega yüzeyinde ne kadar su bulunduğunu gösteren büyüklük olup, agregadaki su miktarının agrega kuru ağırlığına veya doymuş kuru yüzey durumundaki ağırlığına oranıdır (Ekmekyapar ve Örüng, 1997).

Agreganın çimento hamuruna yapışması ve agrega tanelerinin viskoz hamur ortamında hareket edebilmeleri için tane yüzeylerinin ıslanması, yani çok ince su tabakasıyla kaplanması gerekir. Buna yoğurma suyu, ıslatma suyu veya karma suyu denir. Beton üretiminde yoğurma suyu miktarını belirleyen agrega özellikleri, agreganın nem içeriği ve inceliğidir. Betonun dayanım ve dayanıklılığını etkileyen en önemli birleşim parametresi su/çimento oranı, yani 1 m³ betona konulan su ağırlığının çimento ağırlığına oranıdır. Su miktarını etkileyen etken ise betonun işlenebilme niteliğine sahip olması gereğidir. Su miktarının belirlenmesinde agreganın niteliği ve niceliği de önemli etkiye sahiptir (Ekmekyapar ve Örüng, 1997).

Agregaların az su emmesi, yani suya doymuş konumda olması ve böylece en az karışım suyuna gereksinim göstermesi istenir (Akman,1990). Agregadaki su miktarı agreganın birim ağırlığına, hatta özgül ağırlığına da etki eder. Birim ve özgül ağırlık doymuş kuru yüzey durum için verilir. Agregada boşlukların fazla olması agreganın donma ve çevre etkilerine karşı dayanıklılığını azaltır. Su emme yüzdesi yüksek agreganın beton üretiminde kullanılması, betonun dayanım ve dayanıklılığını azaltır (Anonim, 2008a).

Agrega taneleri nem içeriği yönünden tam kuru (agrega tanesi içindeki tüm boşlukların kuru olması), kuru yüzey (agrega tanelerinin içindeki boşlukların bir kısmının su ile dolu, tanelerin yüzeyinin tamamen kuru olması), doymuş kuru yüzey (yüzeyi kuru içi suya doymuş) ve ıslak (agrega tanelerinin tüm boşluklarının su ile dolu, yüzeyinin ıslak olması) olmak üzere dört durumda olabilir (Ekmekyapar ve Örüng, 1997; Yapıcı, 2002).

Birim Ağırlık; Belirli hacmi dolduran agreganın ağırlığına birim ağırlık denir. Agregayı kuru haldeyken gevşek olarak bir kaba boşaltarak bulunan birim ağırlığa gevşek birim ağırlık, kuru iken belli sayıda çubuk darbesi ile sıkıştırılarak bulunan birim ağırlığa ise sıkışık birim ağırlık denir (Anonim, 2008a).

Beton bileşiminin belirlenmesinde ve beton üretiminde malzeme miktarının ölçülmesinde, agreganın birim ağırlığının bilinmesi gereklidir. Betonarme betonları için kullanılacak agregaya ilişkin birim ağırlıkların 1,50-1,85 g/cm³, kırma taşlarda ise 1,30-1,50 g/cm³ arasında bulunduğu belirtilmektedir. Agreganın birim ağırlığı agreganın granülometrisine, pürüzlü malzeme miktarına, yerleştirme şekline ve özgül ağırlığına bağlı olarak değişir (Postacıoğlu, 1975; Baradan, 1996).

Birim ağırlıktan agreganın içindeki boşluk miktarı hesaplanabildiği gibi, özel amaçlar için agreganın uygun olup olmadığı da değerlendirilebilir. Birim ağırlığı yüksek betonun dayanımı, dayanıklılığı ve taşıma gücü fazladır. Agreganın sıkışma oranı ne kadar yüksek olursa basınç dayanımı ve dış etkilere dayanımı da o kadar yüksek olur (Anonim, 2008a).

Özgül Ağırlık; Agreganın yığını içindeki taneler arası boşluk (v) herhangi bir yöntemle ölçülse (örneğin kaba su doldurularak), V-v hacmi agregaların mutlak hacmini verir. Pratik olarak bu hacim kaba doldurulan agreganın taşıdığı su miktarı ile bilinir. Agreganın ağırlığının mutlak hacmine oranına agreganın özgül ağırlığı denir (Ekmekyapar ve Örüng, 1997). Özgül ağırlık, belirli hacim ve sıcaklıktaki agreganın havadaki ağırlığının, aynı hacim ve sıcaklıktaki damıtık suyun havadaki ağırlığına oranıdır. Özgül ağırlık, agreganın tanelerinin kapladığı mutlak birim hacim ağırlığıdır. Bu değer hesabında taneler arası boşluk değeri göz önüne alınmaz (Anonim, 2008a).

Özgül ağırlık agreganın kökeni hakkında bilgi verir ve beton bileşenlerinin hesabında kullanılır. Düşük özgül ağırlık sağlam olmayan malzemeyi, yüksek özgül ağırlık kaliteli betona uygun agregayı tanımlar. Agreganın uygunluğunu belirten özgül ağırlık beton karışım hesabında, bu hesapların düzeltilmesinde ve beton homojenliğinin zorunluluğu durumlarında gereklidir. Düşük özgül ağırlık agreganın boşluklu ve zayıf olduğunu gösterir (Anonim, 2008a). Beton agregalarının özgül ağırlığı 2,2-2,7 kg/dm³ arasında olmalıdır (Postacıoğlu, 1987).

Agreganın Kompasitesi; Kompasite agrega içindeki katıların toplam hacme oranı olarak tanımlanmaktadır. Agreganın kompasitesi, belirli hacim içerisindeki tanelerin gerçek hacmini tanımlar ve birim ağırlığın, özgül ağırlığa bölünmesiyle bulunur. Agreganın kompasitesi hiçbir sıkıştırma işlemi olmadan 0,45-0,70 arasında değişmelidir. Küçük kompasiteli agrega ile üretilen betonların kompasitesi de düşük olur ve çimento tüketimi artar (Postacıoğlu, 1987).

Kullanılacak agreganın boşluklarının olanaklar ölçüsünde az olması istenir. Böylece daha az bağlayıcı madde kullanılmış olur. Yapılan hesaplamalar sonucu en sıkı yerleştirme şekli olan yüzey merkezli kübik sistemde kompasite oranı % 74, porozite oranı ise % 26 olarak bulunmuştur. Agregada içindeki bu boşlukları doldurabilmek, yani kompasiteyi artırmak için daha küçük çapta tanelere gerek vardır (Kocataşkın, 1975; Çakır, 1992).

Agrega kompasitesinin küçük olmasının betonun kompasitesi ve dayanımını düşürmesi, kullanılan çimento miktarını artırması, maliyeti yükseltmesi, kusurlu malzeme miktarını artırması, dayanımı düşürmesi ve dış etkilere karşı dayanıklılığı azaltması gibi zararları vardır (Anonim, 2008a).

Agregaların Tane Şekli ve En büyük Tane Büyüklüğü; Doğal agregalar oluşumları gereği dış etkilere küresel şekil almışlardır. Tanenin en büyük boyutunun en küçük boyutuna oranı 3'ten büyük olan tanelere şekilce kusurlu taneler denir. Doğal agregada ocağından çıkan malzemeler genel olarak yuvarlak, yassı, uzun ve keskin köşelidirler ve bu şekillerine göre sınıflandırılır. Aynı zamanda kırma agregada da keskin köşeli agregada grubuna girer (Anonim, 2008a).

Uzun taneler; en büyük boyutunun küçük boyutuna oranı 2,80'den büyük olan taneler olup yassı taneler ise; kalınlığının en büyük boyutuna oranı 0,35'den küçük olan tanelerdir (Postacıoğlu, 1987). Agreganın tane şekli, betonun işlenebilme özelliğini ve kompasitesini etkiler (Kocataşkın, 1975). Eni, boyunun üçte biri veya fazla olan ince uzun agregalar kolay kırılacaklarından, beton dayanımını düşürürler. Bu nedenle 8 mm'nin üzerindeki beton agregasında ağırlıkça % 50'den fazla yassı agregada bulunmamalıdır (Anonim, 1980a).

Agrega tanelerinin olabildiği kadar küre veya küreye yakın olması istenir. Böylece agregayı daha iyi yerleşir, taneler arası boşluk en aza iner. Verilen kıvam için daha az suya gereksinim duyulur. Küreden büyük oranda farklı geometriye sahip taneler kütle içinde kenetlenir, işlenebilme azalır. Kayacın yapısı ve kırma işlemleri agreganın tanelerinin şeklini etkiler (Akman, 1990; Şengül, 2000).

Agreganın en büyük tane büyüklüğünü, çapını ve boyutunu, agreganın % 90-100 oranında geçtiği en küçük elek boyutu belirler. Beton üretiminde olanaklar ölçüsünde en büyük tane büyüklüğü yüksek olan agreganın seçimi yararlıdır. Ancak bu şekilde beton için gerekli çimento ve yoğurma suyu miktarları azaltılır ve bunun sonucu olarak da betonun niteliği yükselir. Ekonomik, yüksek dayanımlı ve dayanıklı betonun elde edilmesi, beton üretiminde en büyük tane büyüklüğü yüksek ve uygun granülometriye sahip agreganın kullanılmasıyla olasıdır (Ekmekyapar ve Örüng, 1997).

Agreganın en büyük tane büyüklüğü, betonun kullanılacağı yapı elemanının cinsi ve en dar kesitinin boyutu ile sınırlandırılmıştır. Beton üretiminde agreganın en büyük tane büyüklüğünün seçiminde göz önünde bulundurulması gereken ilke; agreganın en büyük tane büyüklüğü yapı elemanının en dar kesitinin kalıp genişliğinin 1/5'inden, döşeme derinliğinin 1/3'ünden, donatılı betonun en küçük donatı aralığının 3/4'ünden küçük olmasıdır (Ekmekyapar ve Örüng, 1997).

Agregaların Granülometrisi (Tane Büyüklüğü Dağılımı); Agregayı oluşturan taneler değişik boyuttadır. Ancak bir agreganın örneğinde belirli büyüklükteki taneler daima belirli miktarda bulunur. Granülometri bileşimi, agregada boyutları belirli sınırlar içinde kalan tanelerin ne oranda olduğunu açıklamaktadır (Postacıoğlu, 1975; Baradan, 1996). Agreganın yığımında tanelerin boyutlarına göre dağılımlarının belirlenmesi, beton üretimindeki ilk önemli aşamadır. Bu dağılımın incelenmesine elek analizi veya diğer adıyla granülometri adı verilmektedir (Cimilli, 1986; Akman, 1990).

Bir agreganın granülometrisinin betonun özellikleri üzerinde olumlu veya olumsuz etkileri vardır. Kaliteli beton yapımında kullanılacak agreganın boyutsal dağılımı, söz konusu beton için istenilen nitelikleri sağlamalıdır. Bu amaçla kullanılmadan önce agreganın granülometrisinin deneylerle belirlenip belirli sınırlar içinde kalıp kalmadığı kontrol edilmelidir (Baradan, 1996).

İyi kalitede ve istenilen kıvamda beton üretilebilmesi için kullanılan kum ve çakıldaki çeşitli tane çaplarının karışım içinde belirli oranlarda bulunması, diğer bir anlatımla kum ve çakıl karışımının granülometrisinin belirli sınırlar içinde kalması gerekmektedir. Granülometri taze betonda işlenebilme, sertleşmiş betonda mekanik dayanım, kompasite, geçirimsizlik, rötre vb. özellikleri üzerinde etkili olduğundan betonda kullanılacak agregaların özelliği olmayan işlerde kullanılmalarında dahi granülometrilere belirlenmelidir. Agreganın granülometrisi doluluk oranını artıracak şekilde az boşluklu olmalıdır. Tek bir tane büyüklüğü kullanılması durumunda sağlanabilecek doluluk belli değerden fazla olamaz (Akman, 1990; Anonim, 2008a). Aradaki boşlukları doldurmak için daha küçük taneler gereklidir. Ancak tane boyutları küçüldükçe toplam yüzey alanı artar ve bunun sonucu su gereksinimi fazla olur (Şengül, 2000).

İyi beton elde edebilmek için betonun bünyesine giren her sınıf malzeme, kendinden bir üst irilikteki malzemede bulunan boşlukları dolduracak miktarda olmalıdır. Yani çimento ince agreganın, ince agreganın ise iri agreganın içerdiği boşlukları doldurmalıdır. Bu nedenle granülometrinin belirlenmesi için yapılan elek analizi önemlidir. Yine bu deneyle incelik modülü ve iri agreganın maksimum tane boyutu da belirlenir. İri agreganın maksimum büyüklüğü, inşaat elemanları veya betonarme demirlerine ve betonun dozajına göre seçilir. Agreganın boyutu irileştikçe çimento hamuru ve dolgu malzemesi miktarı azalır, istenen kalitede beton için daha az su ve çimentoya gereksinim duyulur (Katrancı, 1999).

Granülometri eğrileri, her bir elekten geçen malzeme ağırlığının toplam ağırlığa oranının, elek delik çapının bir fonksiyonu olarak çizilmesi ile elde edilir (Ersoy, 1987). Agreganın uygun granülometriye sahip olmasını sağlamak için ideal granülometri eğrileri önerilmektedir. Bu eğriler, uygulama kolaylığı yönünden tek bir eğri yerine eğrilerle sınırlandırılmış bölge olarak verilir. Beton üretiminde kullanılacak agreganın karışımlarının

granülometri eğrilerinin bu bölgeler dışına taşmaması istenir. Bu bölgelerin sınırlarını oluşturan eğrilere granülometri eğrileri denir. İster doğal karışık agregası olsun, isterse ince ve iri agreganın veya birkaç tane sınıfına ayrılmış agregaların belirli oranlarda karıştırılmasıyla hazırlanan karışık agregası olsun, beton üretiminde kullanılacak agregası karışımları için bu koşul aranmaktadır (Ekmekyapar ve Özüng, 1997).

Beton agregasında kullanılacak agreganın granülometrisi ideal granülometri eğrileri ile uyumlu veya ideal bölge sınırları içinde yer almalıdır. Çünkü agreganın granülometrisi betonun yerleştirilmesine, sıkıştırılmasına veya sertleşmiş betonun kompasitesine büyük ölçüde etki eden bir faktör olduğundan önemlidir. Anonim (2006)'de maksimum tane boyutuna bağlı olarak kabul edilen referans eğrileri ve bunlar arasında kalan bölgeler tanımlanmaktadır (Özyürek, 1995).

Agregaların incelik modülü, karışık agregası granülometri eğrisinin her bir eleğe ait ordinatının 1 (bir)'den çıkarılmasıyla elde edilen değerlerin toplamıdır. Agregası yığını içerisindeki tane boyutları küçük olan tanelerin oranı arttıkça, incelik modülü küçük değerler alır (Postacıoğlu, 1987). İncelik modülü, agreganın granülometrik bileşimi hakkında bilgi veren sayıdır. Birbirinin iki katı olan eleklerle karşı gelen kümülatif % değerlerinin toplamının 100'e bölünmesiyle elde edilen incelik modülü agregası taneleri küçüldükçe azalır, taneler irileştikçe artar. Aynı incelik modülüne sahip agregaların granülometri eğrileri farklı olabilir. Diğer bir anlatımla farklı granülometri eğrilerine sahip agregaların incelik modülleri aynı çıkabilir (Yapıcı, 2002).

İnce agreganın incelik modülü beton karışımı için gerekli olan kum yüzdesini ve karışım suyu miktarını etkiler (Cimilli, 1986). Sınır değerler içinde olmak koşulu ile incelik modülünün artışına paralel olarak betonun dayanımının da artabileceği, fakat işlenebilirliğin azalacağı söylenebilir (Özyürek, 1995). Agregası ne kadar ince olursa beton üretimi için o kadar fazla suya gereksinim duyulur. Buna karşılık agreganın tane büyüklüğünün artmasıyla yüzey alanı küçüleceğinden karışımında daha az su kullanılır (Uluata, 1981).

Dona Dayanıklılık ve Boşluk Oranı; Dayanıklılık agreganın iklim koşullarına, özellikle donma-çözölmeye, ıslanma-kurumaya, ısınma-soğumaya ya da aşındırıcı etmenlerle su hareketlerine karşı gösterdiği dirençtir. Üretilen betonun soğuk iklim koşullarına karşı da dayanıklı olması gerekir. Betonun dona karşı dayanımında agrega çok önemli rol üstlenir. Bu nedenle beton üretiminde kullanılacak agrega dona karşı dayanıklı olmalıdır (Yapıcı, 2002).

Betonun donma sonucu parçalanması birçok etmenin etkisi altındadır. En önemli fonksiyon ise agrega tanelerininidir. Agreganın donma sonucunda parçalanması, betonun dondan zarar görmesine neden olmaktadır (Postacıoğlu, 1987). Özellikle su yapılarındaki beton yüzeylerde agrega tanelerinin dondan zarar görmesi olasıdır (Anonim, 1980a).

İnce ve iri agreganın cinsi, petrografik özellikleri, tane şekli ve boyutu ile granölometrisi, dona dayanımı etkileyen etmenlerin başında gelmektedir. Agregaların dona karşı dayanıklılığının çok önemli olduğu, su emmeyen ve oldukça kompozit malzemelerin donma ve çözölmeye karşı dayanıklı oldukları, agregaların su emme özellikleri ne kadar fazla ise dona karşı dayanıklılıkların buna bağlı olarak azaldığı bilinmektedir (Özturan, 1984; Ekmekyapar ve Örüng, 1997).

Agregalarda bir miktar boşluk bulunur. Agregalardaki boşluk miktarı, bunların doygun kuru yüzey durumuna gelmeleri için gerekli su miktarı kadardır. Boşlukların fazla olması, agreganın donma ve çevre etkilerine karşı dayanıklılığını azaltır (Ekmekyapar ve Örüng, 1997). İri agrega tanelerinin porozitesinin küçük olması, bu tanelerin dayanımının yüksek değeri almasına neden olmaktadır. Dayanımı yüksek olan taneler kullanılarak üretilen betonların mekanik dayanımı da artırılabilir. Bu nedenle beton üretiminde kullanılacak agregada porozite değeri belirli değeri büyük olmaması istenir (Postacıoğlu, 1975; Anonim, 2008a).

2.3.3. Agregaların Mekanik Özellikleri

Yol, hava alanı, sulama yapıları vb. yapılarda beton çarpma ve aşınma etkileri altındadır. Bu gibi yerlerdeki betonun bu etkilere dayanabilmesi için, yapımında kullanılan iri agreganın aşınmaya ve çarpmaya karşı dayanımının yüksek olması gerekir. Agregaların mekanik özellikleri arasında basınç dayanımı, aşınma dayanımı, tane sertliği vb. özellikler sayılabilir.

Agregaların Basınç Dayanımı; Agregataneleri, istenilen özellikte betonun yapımına uygun olacak kadar dayanıklı olmalıdır. Bu özellik, doğal olarak oluşmuş kum ve çakılda veya bunlardan kırılarak elde edilen agregalarda doğada uğradıkları ayıklanma olayı ile sağlanmaktadır (Özyürek, 1995). Basınç ve aşınma dayanımı küçük olan agregaları kullanarak, yüksek dayanımlı beton elde etmek olanaksızdır (Postacıoğlu, 1987).

Agregalarda aranılan en önemli özelliklerinden biri, basınç dayanımının yüksek olmasıdır. Basınç dayanımının malzemenin porozitesi ile yakın ilişkisi vardır. Porozitenin küçük olması agreganın dayanımını artırır. Agreganın jeolojik bakımdan durumu bize mekanik dayanımı ile ilgili kuvvetli fikirler verir (Anonim, 2008a). Agreganın dayanımı ve elastisite modülü elde edildiği kayacın mineral bileşimi, kristal boyutları, çimentolayıcı miktarı, yüzey yapısı gibi jeolojik özelliklerine bağlıdır. Düşük dayanım iç yapı, bileşen tanelerin zayıflığı veya bunların yeterince birbirlerine bağlanamaması sonucu olabilir. Kayacın basınç dayanımına etki eden etmenler elastisite modülü üzerinde de etkilidir. Aynı kayaç türünün elastisite modülü değerlerinde de büyük dağılımlar gözlenebilmektedir (Şengül, 2000).

Normal dayanımlı betonda yalnızca agreganın dayanımının etkisi oldukça azdır. Agreganın granülometrisi en önemli etkenlerden biridir ve agreganın şekli, yüzey yapısı, zararlı maddelerin bulunması ortaya çıkacak betonun özellikleri üzerinde etkilidir. Hafif betonların dayanımının kullanılan agreganın dayanımından büyük olması örneğinden bilindiği gibi agreganın dayanımı betonun dayanımını her zaman sınırlayan bir etmen değildir (Şengül, 2000).

Agreganın tane dayanımı, taşın cinsi ve petrografik yönden incelenmesiyle yaklaşık olarak belirlenir. Eğer kullanılan agrega kırma taş ise, taşın suya doygun haldeki küp veya çapın yüksekliğine eşit silindir basınç dayanımı en az 1000 kg/cm^2 olmalıdır. Basınç dayanımı 1000 kg/cm^2 den az ise, kuşku durumlarında aşınmaya dayanıklılık deneylerine bakılır. Eğer iri agrega olarak çakıl kullanılıyorsa basınç deneyinden sağlıklı sonuç alınamayacağından, bu agregalar üzerinde aşınmaya dayanıklılık deneyleri uygulanarak çakılların sağlamlığı hakkında bilgi edinilir (Yapıcı, 2002; Anonim, 2006). Betonda kullanılacak agregaların basınç dayanımları en az 600 kg/cm^2 olmalıdır (Anonim, 2008a).

Agreganın Aşınmaya Dayanımı; Agregaların ve özellikle yol kaplaması, hava alanı yapımında kullanılan agregaların aşınma ve darbe dayanımı önemli bir özelliktir (Ekmekyapar ve Örüng, 1997). Aşınma dayanımı, her hangi bir malzemenin darbe altında kırılmaya, parçalanmaya veya dağılmaya karşı gösterdiği dirençtir. Agregaların aşınma dayanımları, özgül ağırlık ve sertlik gibi özellikleriyle ilgilidir (Katrancı, 1999). Çarpma ve aşınma etkisi altındaki betonların bu etkilere dayanabilmesi için yapımında kullanılan iri agreganın aşınma ve çarpmaya karşı büyük dayanıma sahip olması gerekir. Deneyler sonucu belirlenen kayıpların bu değerlerden büyük olması durumunda, söz konusu agrega ile beton yeterlik deneyi yapılmalıdır. Camsı agregalar, şistler, marnlı kireçtaşları, iri kristalli taşlar aşınmaya karşı dayanım gösteremezler. Özgül ağırlığı fazla ve sert olan taşların (bazalt) ise aşınmaya karşı dayanımları yüksektir. Aşınmaya karşı dayanımları yüksek olan agregaların basınç dayanımları da yüksek olur (Anonim, 2008a).

Agreganın Çarpmaya Dayanıklılığı; Betonun çarpmaya dayanıklı olmasında, kullanılan agreganın önemli etkisi vardır. Bu nedenle kullanılmadan önce kontrol edilmelidir. Basınç deneyinden pek farklı olmayan çarpma deneyinde agrega çelik silindir içine yerleştirilir ve belirli yükseklikten belirli ağırlık ve sayıda düşürülerek malzeme çarpma etkisi altında tutulur. Elekten elenerek çarpma etkisi altındaki agreganın dayanıklılığı hakkında fikir edinilir (Anonim, 2008a).

Agreganın Tane Sertliği; Tanelerin sertliği standart bir pirinç çubukla çizilerek yapılır. Bu deney mekanik dayanım ve dayanıklılık konusunda daha hızlı ve basit yoldan fikir edinmeyi amaçlar. Ancak güvenilirlikleri diğer deneylere oranla zayıftır (Ekmekyapar ve Örüng, 1997).

2.3.4. Agregalarda Bulunabilecek Zararlı Madde ve Taneler

Zararlı maddeler betonun prizine veya sertleşmesine zarar veren, dayanımını veya kompasitesini azaltan, parçalanmasına neden olan veya donatının korozyona karşı korunmasını tehlikeye düşüren maddelerdir. Beton üretiminde kullanılan agregalar, genel olarak temiz ve her türlü zararlı maddelerden, bağlayıcının ya da oluşturdıkları karışımın dayanıklılığını olumsuz yönde etkilemeyecek kadar arınmış olmalıdır. Dağılıp ve miktarlarına bağlı olarak yıkanabilir maddeler organik kökenli maddeler, sertleşmeye zarar veren maddeler, bazı kükürtlü bileşiklerle yumuşayan, şişen ve hacmi artıran maddeler vb. korozyona neden olan maddeler olarak sınıflandırılırlar (Anonim, 2006).

Silt, mika, kömür, humus, tahta parçaları ve diğer organik maddeler, kimyasal tuzlar, yumuşak kısımlar, killi topraklar, agrega etrafını saran yabancı kısımlar zararlı maddeler olarak isimlendirilmektedir. Bunlar betonun dayanıklılığını ve dış görünüşünü etkiler. Betonun işleme ve karışım işlemlerini güçleştirir ve su gereksinimini artırır. Hava koşullarına göre betonun bozulmasına neden olabilirler (Katrancı, 1999). Agregada içinde bulunabilen zararlı maddelerin bir kısmı bağlayıcı maddenin ayrışmasına veya genişlemesine neden olur. Betonun parçalanmasına yol açar. Bir kısmı da agrega ile çimento hamuru arasında kuvvetli bir aderansın oluşmasına engel olur ve beton dayanımı düşer. Şeker vb. maddeler betonun prizini geciktirici etki yapar. Nitrat gibi tuzlar donatının korozyonuna yol açan olumsuz etkiler oluşturabilir (Anonim, 2008a).

Yıkanabilir Maddeler; Yıkanabilir maddeler; agregada ince halde dağılmış veya topraklar halinde veya agrega tanelerine yapışık olarak bulunabilen kil, silt ve çok ince taş unlarıdır (Yapıcı, 2002). Boyutu 0,063 mm (63µ)'den küçük olan taneleri içeren malzeme ince madde olarak tanımlanır. Bunlar agregada kısıtlı miktarda bulunması gereken, istenmeyen malzemelerdir. Bu sınırların üzerindeki kil ve silt bulunan agregalar kesinlikle kullanılmamalıdır (Anonim, 1980b).

Anonim (1980b)'e göre 0,05-0,005 mm irilikteki malzeme silt, 0,005 mm'den küçük malzeme kil olarak adlandırılırlar. Koloidal yapılı kil, silt ve taşunu gibi tanelerin fazla bulunması beton için zararlıdır. Fransız normuna göre kil miktarının, yüksek dayanımlı beton elde edilmek istendiği zaman % 2'den, normal kaliteli beton üretilmek istendiği zaman ise % 5'den küçük olması gerekmektedir (Postacıoğlu, 1975).

Kil ve silt gibi ince taneli malzemeler genelde agrega yüzeyine yapışmış olarak bulunurlar. Bu en istenmeyen durumdur. Çünkü bu durum agrega ile çimento hamuru arasındaki bağı zayıflatır. Özellikle eski göl ve dere yataklarında bulunan agregalarda karşılaşılan bu durumdan zarar görmemek için bu agregalar en iyi şekilde yıkanmalıdır. Kil ve silt agregada fazla miktarda bulunduğunda, üretilen betonun dayanımının azalmasına ve miktarının belli sınırları geçmesi durumunda ise çimentonun priz yapamamasına neden olabilmektedir (Özyürek, 1995; Yapıcı, 2002). Fazla miktarda kil, betonda elde edilmek istenen plastisiteyi engellemektedir. Bu nedenle kil, beton karışım suyunu artırarak betonun basınç dayanımını olumsuz yönde etkilemektedir. Ayrıca kil, betonun fazla hacim değişikliği yapmasına ve çatlamasına neden olmakta, çimento hidratasyonunu geciktirmektedir (Baradan, 1996; Gürbüz, 1998).

Organik Kökenli Maddeler; Agregalar içerisinde odun parçacıkları, bitki artıkları ve humus gibi organik maddeler bulunabilir. Bu maddeler, çimentonun hidratasyonuna engel olan organik asitleri içerirler (Bayazıt, 1988). Organik maddelerin dayanımları çok düşüktür ve hacim sabitliği özellikleri yoktur (Postacıoğlu, 1987). Zaman içerisinde renk değiştirerek veya şişerek zararlı etkilerini gösterirler (Özyürek, 1995).

Humuslu ve diğer organik maddeler ince dağılmış halde iken betonun setleşmesine zarar verebilirler. Humus, turba ve organik balçık gibi organik maddeler, betonun prizini ve sertleşmesini geciktirerek dayanımın düşmesine ve hatta betonun bozulmasına neden olabilirler (Yapıcı, 2002). Bitki artıkları ve humus gibi organik maddeler çimentonun hidratasyonuna engel olan organik asitler içerirler. Beton kalitesini düşüren sülfat, klorit, karbonat, fosfat gibi kimyasal tuzlar agregada bulunabilir ve çimentonun prizine engel olabilirler. Agregada az da olsa organik madde bulunması, betonun sertleşmesini geciktirebileceği veya tamamen durdurabileceği için sakıncalıdır (Gürbüz, 1998).

Organik maddelerin bu olumsuz etkileri iki nedene dayanmakta olup, ilki organik maddelerin bir kısmının hidrofob (suyu iten) olması ve bunların çimentoda hidrate kristallerin oluşmasına engel olmasıyla oluştuğu, diğeri organik maddelerin bazılarının çözünmeyerek çimentoda hidrate kristallerin oluşmasını önlemesidir. Agregada organik

maddelerin fazla bulunması bunlarla üretilen betonun dayanımının % 50'ye yakın oranda azalmasına neden olması yanında, betonun sertleşmesine zarar verir, çiçeklenmeye, çimentonun priz yapamamasına ve korozyona yol açabilir. Diğer yandan kumlarda fazla miktarda organik madde bulunma olasılığının daha yüksek olması nedeniyle daha dikkatli davranılması gerekmektedir (Gürbüz, 1998; Anonim, 2008a).

Anonim (1980a)'e göre ince dağılmış, sertleşmeye zarar veren organik maddelerin varlıkları, agreganın NaOH ile test edilmesinden veya yoğunluğu $2,0 \text{ kg/dm}^3$ olan sıvıda yüzdürülmesiyle bulunabilir. Organik maddeler agreganın yoğunluğu $2,0 \text{ kg/dm}^3$ olan sıvıda yüzdürülmesiyle belirlenmeye çalışılıyorsa, yüzdürülerek bulunan taneli organik maddelerin miktarı % 0,5'den çok olmamalıdır. Kömür parçacıkları ve diğer düşük yoğunluktaki maddeler, agreganın uygun yoğunluktaki sıvı içerisinde yüzdürülmesiyle belirlenir (Özyürek, 1995; Anonim, 2006).

Setleşmeye Zarar Veren maddeler; Sertleşmeye zarar veren maddelerin az miktarda bulunması bile betonun prizini ve sertleşmesini değiştirir. Betona zarar veren şeker vb. maddelerin veya çözünen tuzların bulunduğu kuşku duyuluyorsa, agrega karşılaştırmalı beton deneyleri ile incelenmelidir. İncelenen agrega ile yapılan betonun basınç dayanımı, karşılaştırma betonunun basınç dayanımının % 85'inden daha düşükse, incelenen agregada betonun sertleşmesine zarar veren maddelerin bulunduğu varsayılır (Anonim, 2006).

Sülfatların Varlığı; Sülfatların agregalar içinde bulunması, bu maddenin çimento ile sülfato-alüminat denilen genişleyen bir tuzun oluşmasına neden olması bakımından zararlıdır. Zamanla büyüyen kristaller şeklinde gelişen bu olay sonucu beton parçalanabilir. Bu nedenle sülfat (SO_3) miktarının ağırlıkça % 1'den fazla olmamasına dikkat edilmelidir. Betonun 1 dm^3 'ünde 1,4 g'dan az olacak şekilde sülfat bulunmasına izin verilebilir (Anonim, 2008a).

Sülfatlar betondaki kireç ve alüminyum bileşikleri ile reaksiyona girerler ve zamanla büyüyen kristaller oluşturarak betonun parçalanmasına neden olurlar. Bununla birlikte barit (BaSO_4) nemli ortamda bile yapısını değiştirmedikinden, beton agregası olarak kullanılabilir. Barit dışındaki sülfatların varlığından kuşku duyuluyorsa agregadaki sülfat miktarı belirlenir (Ekmekyapar ve Örüng, 1997).

Çeliğe Zarar Veren Maddeler; Donatılı betonlarda kullanılacak agregalarda, donatının korozyona karşı korunmasını tehlikeye sokan nitratlar, halojenürler (flörürler hariç) gibi tuzlar zararlı miktarda bulunmamalıdır. Ön gerilmeli yapı elemanı üretiminde kullanılacak betonlarda bulunan agregalar, ağırlıkça % 0,2'den daha fazla suda çözünen klorürleri içermemelidir (Ekmekyapar ve Örüng, 1997).

Alkali Reaktivitesi Oluşturan Maddeler; Alkali-agrega reaksiyonu betonda çatlamalara yol açan kimyasal bir reaksiyondur. Bu reaksiyon bazı agregalarda bulunan aktif mineral bileşenler ile betona genellikle çimentodan gelen sodyum ve potasyum alkalileri arasında oluşur. Bu reaksiyon türünün başlıca türü, alkali-silika reaksiyonudur (Yapıcı, 2002).

Çimentoların içinde bazı durumlarda Na_2O , K_2O gibi alkali oksitler bulunabilir. Bu, çimentonun ham maddelerinin bir sonucudur. Bu alkali oksitler agregada içinde reaksiyon yapabilen silis (aktif silis) bulunması durumunda bir silikat jeline dönüşürler. Sodyum potasyum ve kalsiyum silikası olan bu jel şişme ve genişleme eğiliminde olduğundan, betonun hacim sabitliğini bozar ve ağ şeklinde sık çatlamalar oluşturarak zarar neden olur (Ekmekyapar ve Örüng, 1997).

Alkali-agrega reaksiyonunun olabilmesi çimentodaki alkali oksit ($\text{Na}_2\text{O}+0,658 \text{ K}_2\text{O}$) miktarına (% 0,6'dan büyük olması), agregada alkaliye duyarlı silisli minerallerin bulunmasına, betonda yeterli miktarda nem olması etmenlerine bağlıdır (Anonim, 2006).

2.4. Betonun Tanımı ve Özellikleri

Çağımızın önemli yapı malzemelerinden olan beton kum, çakıl (kırmataş, hafif agrega vb.) çimento su ve gerektiğinde katkı maddelerinin karıştırılmasından elde edilen yapı malzemesidir. Bu malzemeler belirli oranda karıştırıldığında, kalıplarda istenilen biçimi alabilecek plastik malzeme elde edilir. Betonu diğer yapı malzemelerine üstün kılan en önemli özelliklerden biri, istenilen biçimin verilmesini sağlayan plastik kıvamıdır. Beton, karıştırılıp kalıba döküldükten sonra kısa sürede katılaşıp ve zamanla dayanım kazanır (Ersay, 1987).

Taze betona istenilen şeklin verilebilmesi, iskeletini oluşturan agreganın kolay sağlanabilmesi, çelik donatıyla birlikte betonarmede iyi bir şekilde kullanılabilmesi, istenilen boyutlarda bireysel betonarme elemanların yapılabilmesi, beton dayanımının taş, tuğla, briket ve kerpice oranla yüksek olması nedeniyle yapı elemanları boyutlarının küçültülebilmesi ve böylece yapı alanında ekonomikliğin sağlanması, dış etkilere dayanıklı olması, beton işçiliği için fazla uzmanlaşmaya gerek olmaması gibi betonun önemli yararları bulunmaktadır (Ekmekyapar ve Örüng, 1997). Betonların dayanımları, sağlamlıkları ve diğer özellikleri karışım içerisindeki malzemelerin oranına, karışım şekline, sıkıştırma yöntemine ve kürüne bağlıdır (Postacıoğlu, 1987).

2.4.1. Taze Betonun Özellikleri

Taze beton; karıştırma işlemi tamamlanmamış, fakat henüz priz yaparak plastikliğini kaybetmemiş betondur. Taze betonun taşınması, yerleştirilmesi ve sıkıştırılması sırasında uygulanan işlemler betonun sertleşmiş durumdaki özelliklerine etki eder. Taze betonda aranan önemli özellikler işlenebilme, birim ağırlık ve hava miktarıdır (Ekmekyapar ve Örüng, 1997).

İşlenebilme; İşlenebilirlik betonun homojenliğinden en az kayıpla kolayca taşıma, yerleştirme ve sıkıştırma özelliği olarak tanımlanmaktadır (Gürsu ve Öztürk, 1990). Betonun işlenebilme özelliği su oranına, agreganın granülometrisine, tanelerin boyutuna, biçimine, çimento oranı vb. etkenlere bağlı olarak değişir (Neville, 1995).

Birim ağırlık; Taze betonun birim ağırlığını ifade eder. Taze betonun birim ağırlığının düşük olması betonun bünyesinde dolayısıyla sertleşmiş betonun bünyesinde fazla boşluk olduğunu gösterir (Ekmekyapar ve Örüng, 1997).

Hava miktarı; Betonun bünyesinde bir miktar hava bulunur. Normal betonda hava miktarı agreganın en büyük tane büyüklüğüne bağlı olarak % 0,5-3,0 arasında değerler alır. Betona hava kendiliğinden girdiği gibi özel katkılarla da sürüklenebilir. Bu ikinci durumda amaç, beton içinde ufak hava kabarcıkları oluşturmak ve dona karşı dayanıklılığını artırmaktır (Ekmekyapar ve Örüng, 1997).

2.4.2. Sertleşmiş Betonun Özellikleri

Dayanımını kısmen de olsa kazanmış betona sertleşmiş beton denir. Ancak genelde sertleşmiş beton denildiğinde 28 günlük veya daha yaşlı betonlar anlaşılmaktadır (Ekmekyapar ve Örüng, 1997). Uzun zaman devam eden sertleşmeye çimento ile su arasındaki kimyasal reaksiyonlar neden olur ve sertleşme olayının devam edebilmesi için belirli sıcaklık ve neme gereksinim vardır (Neville, 1995).

Basınç Dayanımı; Betonun mekanik dayanımları arasında en büyük öneme sahip olanı basınç dayanımıdır. Betonun diğer özellikleri ile basınç dayanımı arasında sıkı ilişkiler bulunmaktadır. Betonun diğer mekanik özellikleri basınç dayanımı ile aynı yönde değişim gösterir. Betonların sınıflandırılması genelde basınç dayanımına göre yapılır. Basınç dayanımı standart küp veya standart silindir beton örneklerinde belirli süre ve bakım koşullarına bağlı olarak yapılır ve değerlendirilir (İhtiyaroğlu, 1974; Özcan, 1999).

Beton basınç dayanımına etkiyen etkenler çimento ile ilgili etkenler yoğurma suyu miktarı, beton kompasitesi, dış etkiler (kür koşulları) ve deney koşulları olarak sıralanabilir (Ekmekyapar ve Örüng, 1997). Betonun basınç dayanımını artırmak için kullanılan çimento miktarı artırılır veya dayanımı yüksek çimento kullanılır, karışımda kullanılan su/çimento oranı düşürülür. Ayrıca betonun kompasitesi arttıkça basınç dayanımı da artmaktadır. Beton bünyesindeki boşluğun % 10 artması durumunda dayanımda % 50-60 düşme görülür (Gürsu ve Öztapak, 1990).

Çekme Dayanımı; Beton gevrek (kırılgan) bir malzeme olduğundan, çok küçük çekme gerilmesine sahiptir. Bu değer basınç dayanımının yaklaşık % 8-14'ü kadardır. Betonarme hesaplarında betonun çekme gerilmesi olmadığı varsayılsa da, beton 15-25 kg/cm² arasında değişen çekme gerilmesine sahiptir (Ekmekyapar ve Örüng, 1997).

Rötre; Betonlar döküldükten sonra sertleşmelerini tamamlayıncaya kadar mm/m düzeyinde boyutları küçülür. Bu olaya büzülme (çekme) ya da rötre denir. Büzülme hızı ve miktarı değişik olan malzemelerin yapıda birlikte kullanılması, çatlamalara ve sıva dökülmelerine neden olabilir. Rötrenin büyüklüğü agregaların mekanik dayanımlarına, inceliği ile çimento dozajına bağlıdır. Rötre normal betonlarda 0,6 mm/m'den az; genleşmiş kil ve şist betonlarında ise 1 mm/m'den az; sünger taşı, genleşmiş yüksek fırın cürufu betonlarda 0,5-1,5 mm/m dolayındadır (Urhan, 1993). Rötreyi azaltmak için fazla çimento kullanmamak, karışım suyunu azaltmak, betonun kompasitesini artırmak, taze betonu ilk günler nemli ortamda korumak gerekmektedir (Bayazıt, 1988).

Dış Etkilere Dayanıklılık

Betonun Geçirgenliği; Su yapılarında betonun geçirgenliğinin olmaması istenir. Betonun su geçiren yapıda olması önemli su kayıplarına neden olduğu gibi, donma olayına da neden olabilir. Ayrıca çimentonun hidratasyonu sonucu oluşan serbest kireç (Ca(OH)_2) suda çözünür. Buna bağlı olarak porozite artışı betonda onarılması güç hasarlara yol açmakta ve beton içindeki donatıların korozyonunu artırmaktadır. Genel olarak diğer koşullar aynı olduğunda, düşük geçirgenlik değeriyle yüksek dayanımlı ve atmosfer etkilerine dayanıklı beton elde edilmesi olasıdır. Betonun geçirgenliği betona giren maddelerin etkisi (su, çimento, agrega, katkı maddeleri), beton hazırlama yöntemlerinin etkisi, (karıştırma, sıkıştırma, yüzey bitirme işlemleri) ve betona daha sonradan uygulanan işlemler (kür, deney koşulları vb.) olmak üzere üç gruba ayrılır (Uğurlu, 1989).

Donma Çözülme Dayanıklılığı; Betonun içinde donan suyun oluşturduğu iç basınç, betonda çatlaklara veya betonun bütünüyle dağılmasına neden olabilir. Betonun donma-çözülmeye karşı dayanıklılığını artırmanın en etkili yolu, suyun beton içine girmesini önlemektir. Bu her zaman mümkün olamadığından beton içinde genleşen suyun yerleşebileceği boşluklar (gözenek) oluşturmak da etkili yöntem olabilir. Hafif betonlar donma-çözülmeye normal betonlardan daha dayanıklıdır (Urhan, 1993).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu bölümde çalışmaya konu olan materyal, araştırma yöresi hakkında bilgiler, agrega ocaklarının seçimi, agrega ve beton deneylerinin yapılışında uygulanacak yöntemler açıklanmıştır.

3.1. Materyal

Tokat ili Merkez İlçesindeki doğal agrega ocaklarından elde edilen agregaların önemli özelliklerini araştırmak amacıyla yapılan bu çalışmada, Yeşilırmak nehrinin biriktirdiği kum-çakıl yataklarından sağlanan agrega örnekleri, bağlayıcı olarak Sivas Çimento Fabrikasından alınan Portland Kalkerli Çimentosu ve karışım suyu olarak şebeke suyu deneme materyali olarak kullanılmıştır. Deneysel çalışmaların tamamında Türk Standartları Enstitüsü'nün agrega ve beton deneyleri için belirttiği standartlar kullanılmıştır.

Topraklarının küçük bir bölümü İç Anadolu Bölgesi, daha büyük bölümü de Karadeniz Bölgesi'nde yer alan Tokat, kuzeyinde Samsun, kuzeydoğusunda Ordu, güney ve güneydoğusunda Sivas, güneybatısında Yozgat, batısında Amasya ile çevrilidir. İlin yüzölçümü 9958 km²'dir ve Türkiye topraklarının % 1,3'ünü kaplamaktadır. Rakımı 623 m olup 39°51'-40°55' kuzey enlemleri ile 35°27'-37°39' doğu boylamları arasındadır (Anonim, 2007a).

İl genel nüfusu 828 027 kişi olup bunun 401 762'si şehir ve ilçe merkezlerinde, 426 265'i köylerde yaşamaktadır. Merkez ilçe toplam nüfusu 174 700 olup bunun 113 100'ü kent merkezinde, 61 600'ü köylerde yaşamaktadır (Anonim, 2007a).

Tokat ili İç Anadolu, İç-Doğu Anadolu, Karadeniz ardı ve Orta Karadeniz iklimi arasında geçit özelliği gösterir. Uzun yıllar ortalamasına göre yıllık ortalama sıcaklık, en düşük 8,1 °C ve en fazla 14,2 °C'dur. Şubat ayı ortalama sıcaklığı -1,8 ile 6,0 °C, temmuz ayı ortalama sıcaklığı ise 18,0 ile 23,6 °C arasındadır. Uzun yıllar ortalamasına göre ortalama yağış 381,8-586,2 mm, ortalama bağıl nem % 56-73 arasında değişmektedir (Anonim, 2007a; Anonim, 2007b).

Agrega örneklerinin alındığı Yeşilırmak (519 km), ilin en önemli akarsu kaynağı olup güneyde Tekeli dağları arasındaki vadilerden geçerken birçok yan dereleri alarak Almus barajına gelmektedir. Barajdan alınan sulama suyu ile Kazova ve Omala ovaları sulanmaktadır. Gümenek regülatöründen Turhal'a kadar, Yeşilırmak'a bir çok yan dere karışmakta olup bunlardan bir kaçı Behzat, Gülüt ve Hotan'dır. Sulama suyu kalitesi yönünden sorunsuz olan Yeşilırmak, Karadeniz'e dökülmektedir (Anonim, 1997a).

Yöredeki agrega ocaklarından elde edilen yıllık toplam agrega üretimi hakkında yeterli istatistiksel bilgi bulunmadığından, konuya ilişkin yapılan envanter çalışmaları sonucunda Tokat ili Merkez ilçesindeki doğal agrega ocaklarının sayısının yedi adet olduğu ve tamamının Yeşilırmak üzerinde işletildiği, yıllık üretimlerinin de 21 022 m³ olduğu belirlenmiştir. Tokat Merkez İlçede bulunan agrega ocaklarının özellikleri Çizelge 3.1'de, agrega ocaklarının harita üzerindeki dağılımı Şekil 3.1'de seçilen agrega ocaklarının görünüşleri de Şekil 3.2, Şekil 3.3 ve Şekil 3.4'te görülmektedir.

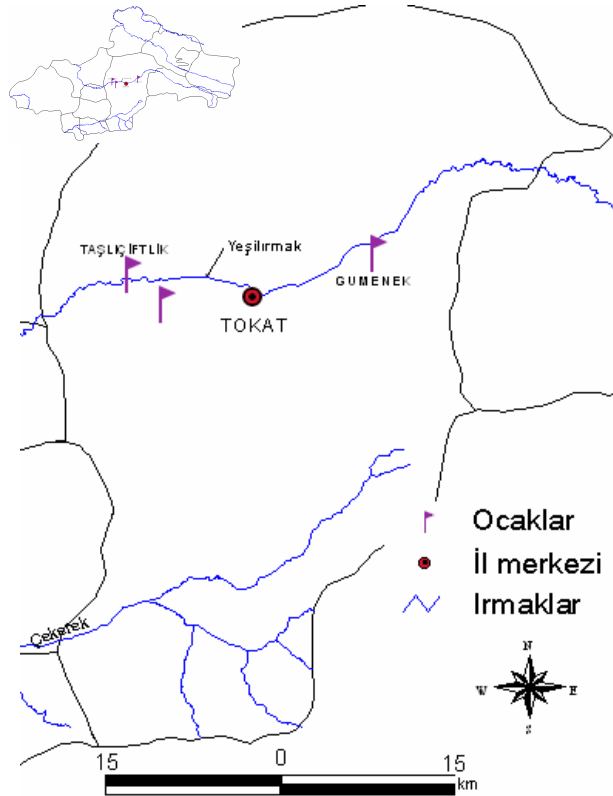
Çizelge 3.1. Tokat İli Merkez İlçesinde bulunan agrega ocaklarının bazı özellikleri

Ocak	Bölge	İl Merkezine Uzaklığı (km)	Üretim (m ³ /yıl)
A	Gümenek	14	2223
B	Taşlıçiftlik	12	5000
C	Taşlıçiftlik	9	5050
D	Büyükbağlar	15	1000
E	Güryıldız	12	4351
F	Güryıldız	12	2068
E	Güryıldız	13	330

Araştırma yöresinde yapılan envanter çalışmaları sonucunda Gümenek bölgesinde 1 adet, Taşlıçiftlik bölgesinde 2 adet olmak üzere toplam 3 adet agrega ocağı araştırma materyali olarak seçilmiştir. Seçilen ocaklar Yeşilırmak üzerinde bulunmakta olup, yöredeki tarımsal yapılarda beton üretiminde kullanılan agregaların önemli kısmını karşılamakta ve sıva, grobeton, duvar vb. amaçlarla kullanılmaktadır. Özel İdare tarafından şahıslara kiralandan ve 2005-2007 yılları arasında kurulan işletmelerde, geniş alanı kaplayan ve üzerlerinde toprak tabakası bulunmayan veya çok az bulunan alanlarda açık işletme yapılmaktadır. Yörede nehrin değişik kısımlarından da zaman zaman agrega çıkarılmaktadır. Yeşilırmak oluşan taşkınlarla ocaklara malzeme getirerek kendini yenilemektedir. Ocaklardan Ocak ve Şubat ayları dışında tüm aylarda malzeme alınabilmektedir.

Gümenek parkı yanında Döllük bölgesinde bulunan malzeme alanı, Tokat ilinin doğusunda ve İl merkezine 14 km uzaklıktadır. Yolun 12 km'si asfalt, 2 km'si ham yoldur. Taşlıçiftlik bölgesindeki 2 agrega ocağı ise il merkezinin batısında olup, il merkezine 9 ve 12 km uzaklıklardadır ve yolun tamamı şantiye alanı dışında asfalttır.

Gümenek ocağında 1 adet ekskavatör, lastikli yükleyici, halatlı kepçe, konkasör, elek tesisi ve yükleyici olarak 4 adet kamyon bulunmaktadır. Taşlıçiftlik ocaklarının birinde ise 1 adet lastikli yükleyici, paletli yükleyici, ekskavatör, halatlı kepçe, elek tesisi, 4 adet kamyon; diğer ocakta 1 adet lastikli yükleyici, ekskavatör, halatlı kepçe, elek serisi ve 5 adet kamyon bulunmaktadır. Taşlıçiftlik alanındaki agrega ocaklardan biri araştırma yöresinde faaliyet gösteren bir hazır beton firmasına aittir.



Şekil 3.1. Araştırma yöresindeki doğal agrega ocaklarının dağılımı



Şekil 3.2. Örneklerin alındığı agrega ocağı (Gümenek)



Şekil 3.3.Örneklerin alındığı agrega ocağı (Taşlıçiftlik-1)



Şekil 3.4. Örneklerin alındığı agrega ocağı (Taşıçiftlik-2)

Araştırma yöresinden elde edilen agregaların kimyasal analizleri Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümünde yaptırılmıştır. Kimyasal analiz sonuçları Çizelge 3.2’de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Tokat yöresinden elde edilen agregaların kimyasal analizi

Kimyasal bileşim (%)	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O
Gümenek	78,3	14,6	3,6	5,7	2,3	0,04	0,04
Taşıçiftlik-1	82,4	11,4	2,45	2,28	1,02	0,03	0,03
Taşıçiftlik-2	75,8	13,5	2,8	4,8	2,8	0,03	0,03

Araştırma alanı Yeşilırmak çevresinde yer alan alüvyonlardan daha üste kalan ve vadinin iki yamacında uzanan metamorfik kayaların bulunduğu yöreyi kapsamaktadır. Bölge nehir ve kollarının getirdiği genç, pekişmemiş kum, çakıl, silt ve kilden oluşmuş örtüdür. Bu örtü tarıma uygun ova ve vadi tabanlarını oluşturmaktadır. Yeni ve eski alüvyonlarla kaplı olan alan Yeşilırmak ile diğer yan dereler tarafından aşındırılıp sürüklenen ve fosilli eosen ve karasal neojen formasyonlarının üzerinde diskordan duran depolar halindedir (Kılıç, 1987).

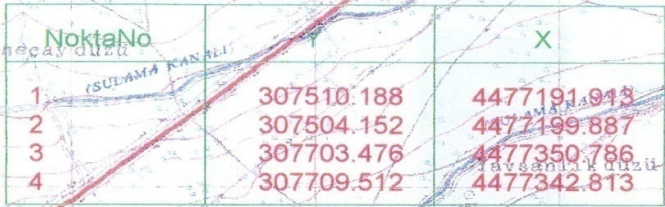
Çalışma alanlarında quaterner yaşlı alüvyonlar, neojen yaşlı kil, kum, çakıl, marn ve gevşek çimentolu konglomera ve kumtaşları, eosen yaşlı fliş serisi, kretase yaşlı kalker ve fliş serisi ile paleozoik yaşlı rekristalize kalker, şist ve mermerler yer almaktadır. (Bozkurt ve Koçyiğit, 1992).

İki agreg acağının bulunduğu Taşlıçiftlik toprakları kireçli ana materyaller üzerine kurulmuş, tarıma uygun olmayan sığ topraklardır. Yüzey horizonunda tınlı olan tekstür, yüzey altında killi tınlıdır. Renk profil boyunca kahverengidir. Üst kısımları kayalık olup üzerinde doğal bitki örtüsü olan çalılıklar bulunmaktadır (Taşova, 1992).

Çok fazla yük taşıyan nehirler aniden akış hızlarında azalma olduğunda örgülü kanal şeklini alırlar. Bu tip kanallar daha çok derenin uzunlamasına profilinde eğimin azaldığı noktalarda gözlemlenirler. Örgülü derede, ana kanal birden fazla birbirlerine kilitlenmiş veya örgülü haldeki kanallara bölünür. Örgülü kanallar genellikle daha geniş ve daha sığ olurlar, çünkü yataktaki malzeme genellikle kaba (kumlar ve gravel) ve yapışkan olmayan malzemedir (Özçağlar, 1988).

Nehirlerin düzlüklere ulaştığı kısımlarda, rölyefteki değişiklik dere yatağının değişmesine neden olabilmektedir. Bu durumda dere, dağlık alanları terk edip eğimin daha az olduğu alanlara girmek üzeredir. Bu değişiklik derenin akış hızında ani azalmaya neden olur. Dereler bu değişikliklere kendilerini ancak taşıdıkları kaba boydaki yükün bir kısmını bu alanlara depolayarak ortama ayak uydurabilirler. Dere bu durumda örgü şeklini alır. Bu kanallar devamlı olarak derenin boşaltımındaki zamana bağlı olarak oluşan değişmeye bağlı olarak büyüklükleri, sayıları ve yerleri değişmektedir. Taşkın düzlüklerindeki sediment miktarı, akıştaki zamana bağlı olarak oluşan dalgalanmalara göre önemli ölçüde değişiklik gösterir (Özçağlar, 1988).

Seçilen agreg ocaklarından birine ilişkin jeolojik harita Şekil 3.5’de verilmiştir.



Şekil 3.5. Agregat ocaklarından birine ilişkin jeolojik harita (Gümenek)

Beton üretiminde, yörede en fazla kullanılan ve özellikleri fabrika kontrol laboratuvarından elde edilerek Çizelge 3.3’de verilen Sivas Çimento Fabrikası üretimi Portland Kalkerli (CEM II /A-LL 42,5 R) çimentosu kullanılmıştır (Anonim, 2008b).

Çizelge 3.3. Araştırmada kullanılan çimentonun kimyasal ve fiziksel özellikleri

Özellik	Değer
Priz başlangıç (dk)	Min 60
Hacim genişmesi (mm)	Max 10
Kızdırma kaybı	Max 5,00
2 günlük basınç dayanımı (kgf/cm ²)	Min 20
28 günlük basınç dayanımı (kgf/cm ²)	Min 42,5 max. 62,5
SO ₃ (%)	Max 4,00
Cl - (%)	Max 0,10

Agregalarda organik kökenli madde tayini deneylerinde saf su kullanılmıştır. Diğer agrega deneylerinde ve beton yapımında ise içinde silt, organik madde, alkaliler ve tuz bulunmayan şehir içme suyu kullanılmıştır (Kocaçıtak, 1978; Anonim, 2000a).

3.2. Yöntem

3.2.1. Arazi Çalışmaları

Araştırma yöresinde beton üretiminde kullanılan doğal agreganın elde edildiği agrega ocaklarına ilişkin yeterli istatistiksel veri bulunmadığından, öncelikle ilgili kamu ve özel kuruluş yetkilileri ile görüşülerek agrega ocaklarının sayıları, yerleri ve özellikleri hakkında envanter bilgileri elde edilmiştir.

Envanter çalışmaları sonucunda belirlenen agrega ocakları yerinde incelenerek, ocakların seçiminde ırmak üzerinde farklı konumda olmaları, ocak kapasiteleri, beton üretimi yapan kişi veya kuruluşların en çok agrega aldığı ocaklar olması durumu göz önüne alınmıştır. Sonuç olarak Tokat Merkez İlçesinde beton üretiminde kullanılan agreganın önemli kısmını (toplam üretimin % 60'ını) karşılayan Gümenek ve Taşlıçiftlik bölgelerindeki üç agrega ocağı araştırma materyali olarak seçilmiştir. Diğer agrega ocaklarının üretimlerinin düşük ve sürekli olmaması nedeniyle çalışma kapsamına alınmamıştır.

3.2.2. Laboratuvar Çalışmaları

Seçilen agrega ocaklarından ayrı ayrı agrega örneklerinin alınmasında, Anonim (1980c)'de verilen ilkelerden yararlanılmıştır. Ocaklardan alınan malzemelerin deneyleri, Gaziosmanpaşa Üniversitesi Tokat Meslek Yüksek Okulu İnşaat Programı Beton Laboratuvarlarında agregaya uygulanan TSE deney yöntemlerine göre yapılmıştır. Agregaların minerolojik analizleri ise TÜBİTAK MAM Test Analiz Hizmetleri Malzeme Enstitüsünde yapılmıştır.

Örneklerin alınmasında Anonim (1980c), Anonim (1997b), Anonim (1999a)'de belirtildiği gibi ocağı temsil edebilecek şekilde, çeyrekleme yöntemiyle ocağın değişik yerlerinden alınan örnekler daire şeklinde yığılmış ve yığın dört eşit kısma ayrılarak karşılıklı iki kısım örnek olarak alınmıştır (Şekil 3.6).

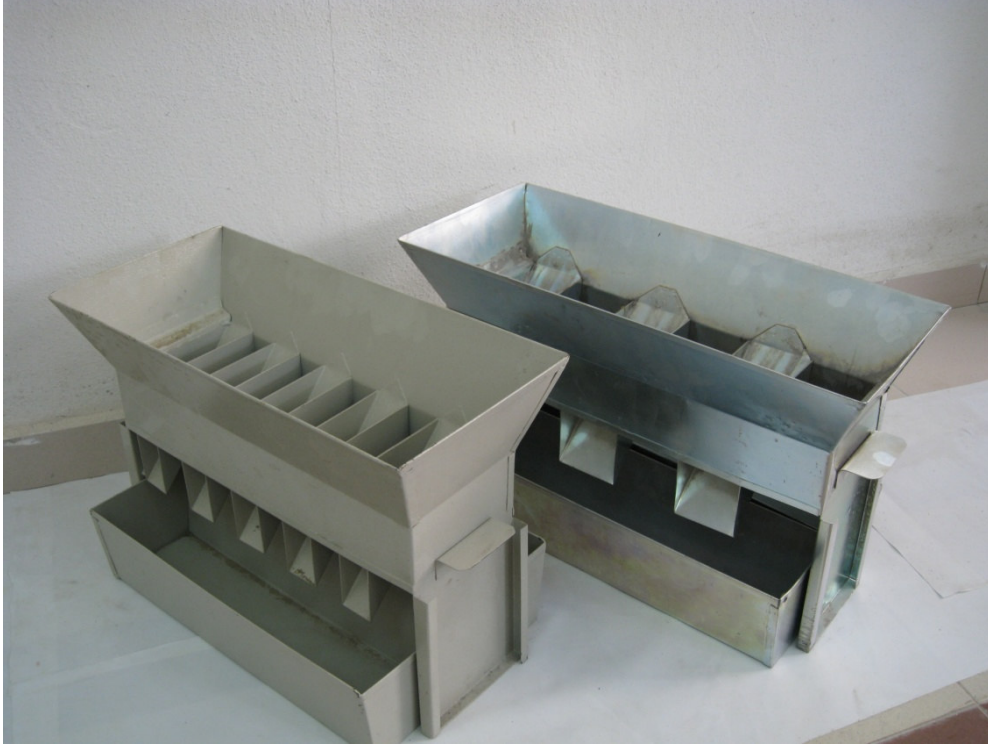
Araştırma materyali olarak kullanılmak üzere doğal agrega ocaklarından alınarak laboratuara getirilen, nem ve sudan korunacak şekilde depolanan agrega örnekleri, 4 mm'lik standart elekten elenerek ince ve iri agrega olarak iki kısma ayrılmıştır. Agregaların elek analizinde ve diğer eleme gerektiren işlemlerde Şekil 3.7'de verilen kare açıklıklı standart elek serisinden yararlanılmıştır (Anonim, 1978a; Anonim, 1996a; Anonim, 1996b). Örneklerin deneylere hazırlanması ve ayrılmasında Anonim (1980c)'de belirtildiği şekilde çeşitli büyüklüklerdeki bölgeçler (örnek ayırıcı) kullanılmıştır (Şekil 3.8). Tartımlarda 0,1-1 g'a duyarlı terazi ve sıvı ölçümlerinde 1000 ml'lik silindirik cam ölçü kabı kullanılmıştır.



Şekil 3.6. Araştırmada kullanılan agregalar



Şekil 3.7. Standart elek serisi



Şekil 3.8. Agregalar örneklerinin hazırlanması ve ayrılmasında kullanılan bölgeçler

Agrega Deneyleri

Agregalar üzerinde granülometrik bileşim (tane büyüklüğü dağılımı), sıkışık ve gevşek birim ağırlık, özgül ağırlık ve su emme, ince madde oranı ve organik madde miktarı deneyleri ve minerolojik analizleri yapılmıştır. Agregaların tane büyüklüğü dağılımı Anonim (1999b), sıkışık ve gevşek birim ağırlıkları Anonim (1980d), özgül ağırlık ve su emme oranı Anonim (1980a), ince madde oranı Anonim (1980b), zararlı oranda organik madde miktarı Anonim (2000a) ve aşınmaya dayanıklılık Anonim (2000b), kimyasal ve minerolojik analizleri Anonim (2000a), Anonymous (2000) ve Anonim (1997c)'e göre belirlenmiştir.

3.2.2.1. Granülometri (Tane Büyüklüğü Dağılımı)

Agregaların tane büyüklüğüne göre dağılımını ve tane sınıflarını belirlemek amacı ile Anonim (1980c)'e göre alınan örnekler üzerinde, Anonim (1999b) ve Anonim (2007c)'e uygun olarak deney yapılmış ve Anonim (1996a) ile Anonim (1996b)'de belirtilen ilkelere göre agregaların bir takım seri eleme işlemi yardımıyla, azalan boyutlardaki farklı tane boyutları halinde belirlenmesi sağlanmıştır. Elde edilen sonuçlar değerlendirilerek örneklerin granülometri eğrileri çizilmiştir (Anonim, 1985).

Agreganın incelik veya kalınlığını ifade eden incelik modülü, birbirinin iki katı artan elek açıklığına sahip eleklerde kalan kümülatif malzeme miktarının yüze bölünmesiyle elde edilen değerdir (Yıldırım ve Yılmaz, 2002). Beton karışım hesaplamalarında kullanılacak agreganın incelik modülü 0,25, 0,50, 1, 2, 4, 8, 16, 31,5 ve 63 mm tane büyüklüklerindeki agreganın yığılımlı ağırlık yüzdelерinin toplanarak 100'e bölünmesi ile elde edilmiştir (Anonim, 1999b; Anonim 2003a).

3.2.2.2. Sıkışık ve Gevşek Birim Ağırlık

Agreganın yerleştirilme şekli belli bir hacme giren agrega miktarını etkilediğinden, sıkışık birim ağırlık ve gevşek birim ağırlığı söz konusudur (Ekmekyapar ve Örüng, 1997). Sıkışık birim ağırlığın belirlenmesinde Anonim (1980c) ve Anonim (1980d)'e uygun olarak alınan ve hava kurusu durumuna getirilen örnekler, birim ağırlık kovalarına her defasında yüksekliğinin 1/3'ü kadar yerleştirilip şişleme çubuğu ile 25 defa şişlenerek üç defada yerleştirilmiş, kova yüzeyi düzeltilerek tartılmış ve hesaplamalarda aşağıdaki eşitlik kullanılmıştır (Anonim, 1980d).

$$B_s = \frac{W_2 - W_1}{V} \dots\dots\dots (3.1)$$

Eşitlikte;

B_s = Sıkışık birim ağırlık (kg/dm³),

W_2 = Sıkışık agrega ile dolu ölçü kabı ağırlığı (kg),

W_1 = Ölçü kabı boş ağırlığı (kg),

V = Ölçü kabının iç hacmi (dm³),

değerlerini belirtmektedir.

Agregaların gevşek birim ağırlığının belirlenmesi için birim ağırlık kovası, kürek ile agreganın sıkışmamasına ve ayrışmamasına özen gösterilerek taşarcasına doldurulmuş, daha sonra kap yüzeyi düzeltilerek tartımları yapılmış ve aşağıdaki eşitlikle birim ağırlığı belirlenmiştir (Anonim, 1980d).

$$B_g = \frac{W_2 - W_1}{V} \dots\dots\dots (3.2)$$

Eşitlikte;

B_g = Gevşek birim ağırlık (kg/dm^3),

W_2 = Gevşek agregaya ile dolu ölçü kabı ağırlığı (kg),

W_1 = Ölçü kabı boş ağırlığı (kg),

V = Ölçü kabının iç hacmi (dm^3),

değerlerini ifade etmektedir.

Deneylerde 600 mm boyunda, 16 mm çapında, ucu yarım küre biçimli düz şişleme çubuğu kullanılmıştır. Birim ağırlığın belirlenmesinde Şekil 3.9'da görülen değişik boyutlardaki birim ağırlık kovalarından yararlanılmıştır (Anonim, 1980d).

3.2.2.3. Özgül Ağırlık ve Su Emme Miktarı

İnce agregaya için;

Örnekler 24 saat suda bekletildikten sonra, suyu süzülüp kurumaya bırakılarak doymun kuru yüzey (DKY) haline gelmeleri sağlanmıştır. Doymun kuru yüzey durumu, ince agreganın koyu renkten açık renge değişmeye başladığı anının hemen sonrasındır. Örneğin doymun kuru yüzey durumuna gelip gelmediğine gözle karar verilemediğinde, kesme yöntemi uygulanmıştır (Anonim, 2002a).



Şekil 3.9. Agregaya birim ağırlıklarının belirlenmesinde kullanılan kovalar

Doymun kuru yüzey haline getirilen örnekler tartılıp etüv kurusu haline getirildikten sonra oda sıcaklığına gelinceye kadar bekletilmiş ve cam ölçü kabına konarak

tartılmıştır. Ölçü kabının daha önceden belirlenen darası bu tartıdan çıkarılarak örneğin kuru ağırlığı belirlenmiştir. Su emme deneyi için ayrılan kısım tartıldıktan sonra etüvde kurutularak su emme miktarı bulunmuştur. Soğumuş örnekler cam ölçü kabında tartıldıktan sonra 20 °C'daki suyla yarıya kadar doldurulmuş, ölçü kabına hafifçe vurularak hava kabarcıklarının çıkması sağlandıktan bir saat sonra su ile 500 ml doldurularak tartılmıştır. Hesaplamalarda aşağıdaki eşitliklerden yararlanılmıştır (Anonim, 2002a).

$$\delta_k = \frac{W_1}{W_2 + W_4 - W_3} \dots\dots\dots (3.3)$$

$$\delta_d = \frac{W_2}{W_2 + W_4 - W_3} \dots\dots\dots (3.4)$$

$$\delta_g = \frac{W_1}{W_1 + W_4 - W_3} \dots\dots\dots (3.5)$$

$$m_1 = \frac{W_2 - W_1}{W_1} \times 100 \dots\dots\dots (3.6)$$

Eşitliklerde;

δ_k = İnce agreganın kuru özgül ağırlığı (g/cm³),

δ_d = İnce agreganın doymun kuru yüzey özgül ağırlığı (g/cm³),

δ_g = İnce agreganın görünen özgül ağırlığı (g/cm³),

m_1 = İnce agreganın su emme oranı (%),

W_1 = Örneğin etüv kuru ağırlığı (g),

W_2 = Örneğin doymun kuru yüzey durumundaki ağırlığı (g),

W_3 = Ölçü kabı, su ve örneğin toplam ağırlığı (g),

W_4 = 500 ml çizgisine kadar su ile dolu ölçü kabı ağırlığı (g),

değerlerini göstermektedir.

İri agrega için;

Örnekler 20 °C sıcaklığındaki suya konulmuş ve hafifçe sallanarak taneler üzerindeki toz ve diğer yabancı maddelerden temizlenmiştir. Suda 24 saat bırakıldıktan sonra süzülüp, tanelerin üzerinde gözle görülebilen su tabakası kalmayıncaya kadar kurutulmuştur. Kurutma biter bitmez tartılarak malzemenin doymun kuru yüzey ağırlığı bulunmuş, daha sonra da kafes örgülü sepet içerisine konularak su dolu kovanın içine daldırılmıştır. Su yüzeyine çıkarılmadan kovanın içinde 10 kez indirilip kaldırılarak taneler arasında kalabilecek havanın dışarı çıkması sağlandıktan sonra, tel sepet özel düzeneğe teraziye bağlanarak doymun maddenin sudaki ağırlığı bulunmuştur. Son olarak agregalar etüvde kurutulup oda sıcaklığına kadar soğutulduktan sonra, havadaki kuru ağırlığı kaydedilmiştir. Hesaplamalarda aşağıdaki eşitlikler kullanılmıştır (Anonim, 1980a; Anonim, 2002a).

$$\delta_k = \frac{W_1}{W_2 - W_3} \dots\dots\dots(3.7)$$

$$\delta_d = \frac{W_2}{W_2 - W_3} \dots\dots\dots(3.8)$$

$$\delta_g = \frac{W_1}{W_1 - W_3} \dots\dots\dots(3.9)$$

$$m_c = \frac{W_2 - W_1}{W_1} \times 100 \dots\dots\dots(3.10)$$

Eşitliklerde;

δ_k = İri agreganın kuru özgül ağırlığı (g/cm³),

δ_d = İri agreganın doymun kuru yüzey özgül ağırlığı (g/cm³),

δ_g = İri agreganın görünen özgül ağırlığı (g/cm³),

m_c = İri 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),

değerlerini göstermektedir.

3.2.2.4. İnce Madde Oranı

Anonim (1980c)'e göre oluşturulan agrega örneklerindeki kilt-silt miktarının belirlenmesinde, Anonim (1980c)'de belirtildiği şekilde yıkama yöntemi ile ince madde oranı belirlenmiştir. Bu amaçla örnekler sabit ağırlığa kadar kurutulup tartılmış, daha sonra su banyosunda 12 saat bekletildikten sonra 0,063 mm'den geçecek şekilde ince tanelerin ayrışması için 5 dakika karıştırılmıştır. Elekler 8 mm, 1 mm ve 0,063 mm göz açıklıklı elekler sırasıyla dizildikten sonra, malzeme su altında berrak su elde edilinceye kadar elenmiştir. Daha sonra eleklerin üzerinde kalan agregalar etüvde kurutulup, hassas terazi ile tartılmış ve aşağıdaki eşitlikle yıkanabilen ince madde oranı hesaplanmıştır (Anonim, 1980b).

$$m_y = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100 \dots\dots\dots (3.11)$$

Eşitlikte;

m_y = Yıkanabilen ince madde (kil-silt) oranı (%),

W_1 = Örneğin deney öncesi etüv kuru ağırlığı (g),

W_2 = Örneğin deney sonrası etüv kuru ağırlığı (g),

değerlerini göstermektedir.

3.2.2.5. Organik Madde Miktarı

Anonim (1980c)'e uygun olarak alınan agrega örneklerinin organik madde miktarını bulmak için, örnekler cam şişede % 3'lük NaOH çözeltisi eklenerek 24 saat bekletilmiş ve bu süre sonunda çözeltinin aldığı renge göre agregada zararlı oranda organik madde bulunup bulunmadığına karar verilmiştir (Ekmekyapar ve Örüng, 1997; Anonim, 2000a).

3.2.2.6. Dona dayanıklılık

Bu deney uzun zaman hava etkileri altında kalan agregaların donma çözölmeye karşı dayanımlarının ölçülmesinde çabuklaştırılmış bir deneydir. Aynı zamanda elde edilen deney sonuçları, agreganın atmosferik etkiler nedeniyle bozunum biçimine karşı gösterdiği direncini de belirler. Bu deneyde Sodyum Sülfat (Na_2SO_4) veya Magnezyum Sülfat (MgSO_4) kullanılabilir. Ancak Na_2SO_4 çözeltisi ile yapılan deney ucuz ve

kullanışı kolay olduğundan, daha fazla yeğlenir (Batmaz, 2006). Anonim (2008c)'e göre ince ve kaba agrega için ayrı ayrı yapılan deneylerde kimyasal çözelti olarak kristalleştiğinde hacmi artan Na₂SO₄ çözeltisi kullanılmıştır. Hazırlanan örnekler 16-18 saat kalacak şekilde çözeltiye daldırıldıktan sonra, etüvde sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuştur. Etüvden çıkarılan örnekler 20 °C'a kadar soğumaya bırakıldıktan sonra tekrar çözeltiye daldırılmış, bu işlem 5 defa tekrarlanmıştır. Son olarak örnekler çözeltilerden temizleninceye kadar su ile yıkanmış, kurutulup tartıldıktan sonra üzerinde kaldığı elekten elenerek elek üzerindeki agrega tartılmıştır. Hesaplamalarda aşağıdaki eşitlik kullanılmıştır (Anonim, 2008c).

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

Eşitlikte;

D = Don kaybı oranı (%),

G₁= Örneğin deney başlangıcındaki etüv kuru ağırlığı (g),

G₂= Örneğin deney sonunda elek üstünde kalan kısmının etüv kuru ağırlığı (g),

değerlerini göstermektedir.

3.2.2.7. Aşınmaya Dayanıklılık

Darbe ve aşınmaya karşı dayanımı bakımından agrega kalitesini araştıran aşınmaya dayanıklılık deneyi Los Angeles aşınma yöntemine göre yapılmıştır. Denemede Los Angeles aşınma makinesi (Şekil 3.10) kullanılarak 100 devir yapıldıktan sonra örneklerin aşınma yüzdesi aşağıdaki eşitlik ile hesaplanmıştır (Anonim, 2000b).

$$a_1 = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100 \dots\dots\dots(3.13)$$

Eşitlikte ;

a₁ = Aşınma Yüzdesi (%),

W₁ = Örneğin deney öncesi ilk ağırlığı (g),

W₂ = Örneğin 100 dönüş sonunda aşınmayan kısmın ağırlığı (g),

değerlerini göstermektedir.



Şekil 3.10. Agrega aşınma aleti (Los Angeles aşınma deney aleti)

3.2.2.8. Kimyasal ve Minerolojik Analiz

Agregaların kimyasal analizleri Anonymous (2000)'da verilen ilkelere göre yapılmıştır. Agregaların içerdikleri minerallerin belirlenmesi için laboratuara getirilen agregalar, 2 mm'lik elekten geçirildikten sonra her mineralin farklı yansıma vereceği ilkesine dayanılarak var olan mineral madde veri tabanları yardımı ile mineralojik analizleri yapılmıştır (Anonim, 1997c). Bu amaçla örnekler sıcak kum banyosunda eşit büyüklüğe getirildikten sonra SHIMADZU XRD-6000 aygıtı ile Cu X ışını tüpü ($\lambda=1,5405$) kullanılarak ve X-ray paternleri çekilmiştir. Mineral analizler yapılırken minerallerin 2 Theta (θ) 2° 'de X-ışınlarını kırılmaları ile elde edilen X-ray paternindeki yerleri esas alınmıştır. X-ray paterninde X-ışınının kırılmasından elde edilen piklerin intensiteleri (yoğunlukları) minerallerin miktarlarından çok, onların kristalliklerinin göstergesidir (Jackson, 1975).

Beton Deneyleri

Serleşmiş beton örnekleri üzerinde 7 ve 28 günlük basınç dayanımı deneyleri yapılmıştır.

Beton Karışım Hesap Yöntemi: Beton karışım hesabı; istenen kıvam, işlenebilme, dayanım, dayanıklılık, hacim sabitliği ve diğer aranan özelliklere sahip en ekonomik betonu elde etmek amacıyla gerekli agrega, çimento, su, hava ve gerektiğinde katkı maddesi miktarlarını belirlemek için yapılan hesaptır (Anonim, 1985). Karışım oranının belirlenmesinde genellikle betonun basınç dayanımı ve işlenebilirliği göz önünde bulundurulur (Postacıoğlu, 1975).

Üretilen betonun yapımında agrega en büyük tane boyutu 31,5 mm olarak kabul edilmiştir (Anonim 1985). Çalışmada çimento dozajı 300 kg/dm^3 alınmıştır. Dayanım düzeylerinin belirlenmesinde tarımsal yapıların durumları da göz önünde bulundurulmuştur. Tarımsal yapılar genellikle tek katlı yapılar olduklarından, taşıyıcı elemanlarında diğer yapılara oranla daha düşük dayanımlara gereksinim duyulabilir. Yöre iklim koşullarına dayanıklı ve yeterli dayanımda beton üretimi için gerekli su-çimento oranı, zemin üstü betonarme yapılar için önerilen şekilde 0,53, çökme değeri ise 5-7 cm olarak alınmıştır (Anonim, 1985).

Agregaların özgül ağırlıkları her tane sınıfına ayrıldığında yoğunlukları arasında hesapta etkili olacak düzeyde farklılık belirlenemediğinden 0/4 tane sınıfı için ince, 4/31,5 tane sınıfı için iri olmak üzere yalnızca iki farklı özgül ağırlık değeri kullanılmıştır. Tane sınıfları oranları 0/4 ve 4/31,5 için Gümenek agregasında % 56, % 44; Taşlıçiftlik-1 agregasında % 61, % 39; diğerinde % 65, % 35 olarak belirlenmiştir. Farklı granülometreleri ve değişik çimento oranları ile 1 m^3 beton üretimi için gerekli çimento, iri ve ince agrega, tane grupları için gerekli oranlar, bunların karışımında kapladıkları mutlak hacim olarak hesaplanmış, 1 m^3 'ten bu hacim toplamı çıkarılarak gerekli su miktarları bulunmuştur (Anonim, 1985).

Karışımların Üretilmesi ve Beton Örneklerinin Hazırlanması; Karışımların üretilmesi, deney örneklerinin hazırlanması ve bakımında Anonim (1978b) ve Anonim (2003b)'de belirtilen esaslara uyulmuş olup, her bir deney için üçer adet deney örneği hazırlanmıştır.

Sertleşmiş beton deneylerinde kullanılmak üzere beton örneklerinin hazırlanmasında Şekil 3.11'de görülen 15 cm çapında, 30 cm yüksekliğinde Anonim (1979)'e uygun standart silindir kalıplar kullanılmıştır. Kalıpların içi madeni yağla yağlandıktan sonra beton, kalıplara yerleştirilerek 25 şişlemeden sonra kalıp yüzeyi mala ile düzeltilmiştir.

Laboratuar koşullarında 24 saat bekletildikten sonra kalıpları sökülen örnekler 20 °C'luk su dolu kür havuzuna konulmuştur. Beton örnekler 7. ve 27. gün sonunda kür havuzundan çıkarılmış, 1 gün dışarıda laboratuar koşullarında bekletilerek deney yapılmıştır (Anonim, 1978b; Anonim,1979).



Şekil 3.11. Beton deney örneklerinin hazırlanmasında kullanılan silindir kalıplar

3.2.2.9. Beton Basınç Dayanımı

Beton basınç dayanımının belirlenmesinde Alfa marka 100 ton kapasiteli basınç dayanımı test aygıtı (Şekil 3.12) kullanılmıştır. Örnekler basınç dayanım deneyinden bir gün önce su tankından çıkarılarak noktasal yüklenmenin önlenmesi ve yükün düzgün şekilde yayılmasını sağlamak amacıyla üst yüzeyleri çimento hamuru ile başlıklanmıştır. Deney örnekleri basınç dayanım aygıtına alt yüzü alt plaka üzerine düşey olarak yerleştirilerek sabit yükleme hızıyla ve darbe etkisi oluşturmayacak şekilde deney örneği kırılincaya kadar devam edilmiştir (Anonim, 1979; Anonim, 2002b; Anonim, 2002c).

Hesaplamalarda aşağıdaki eşitliklerden yararlanılmıştır (Anonim, 2003b)

$$f_c = \frac{F}{A_c} \dots\dots\dots (3.14)$$

Eşitlikte ;

f_c = Beton deney örneğinin basınç dayanımı (kg/cm²),

F = Kırılma anında ulaşılan en büyük yük (kg),

A_c = Örneğin üzerine basınç yükünün uygulandığı en kesit alanı (cm²),

değerlerini göstermektedir.

Örneklerin 28. gündeki birim ağırlıkları ise Postacıoğlu (1987)'nda belirtilen yöntemle göre yapılmıştır.



Şekil 3.12. Beton basınç presi

4. ARAŞTIRMA BULGULAR ve TARTIŞMA

Bu bölümde farklı ocaklardan sağlanan agregaların elek analizi, incelik modülü, sıkışık ve gevşek birim ağırlığı, özgül ağırlığı ve su emme oranı, ince madde oranı, organik kökenli madde miktarı, hava etkilerine dayanıklılık, aşınmaya dayanıklılık ve minerolojik analizleri ile bu agregalarla üretilen betonun 7 ve 28 günlük basınç dayanımına ilişkin sonuçlar verilerek tartışılmıştır.

Gümenek, Taşlıçiftlik-1 ve Taşlıçiftlik-2 agrega ocaklarından sağlanan agregalara ilişkin özellikler Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Agrega örneklerinin bazı özellikleri

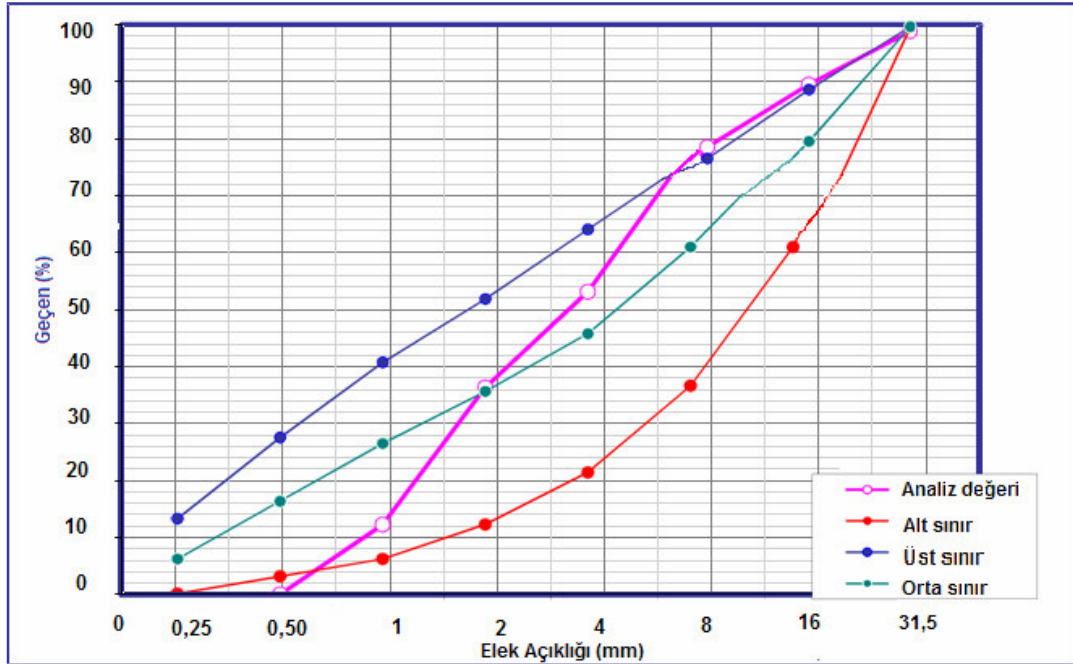
Deney adı		Gümenek	Taşlıçiftlik-1	Taşlıçiftlik-2
İncelik modülü		4,23	3,69	3,82
Sıkışık birim ağırlık (kg/dm ³)		1,81	1,86	1,84
Gevşek birim ağırlık (kg/dm ³)		1,71	1,75	1,77
Kuru özgül ağırlık (kg/dm ³)	İnce agrega	2,58	2,63	2,60
	İri agrega	2,58	2,60	2,59
Doygun kuru yüzey özgül ağırlık (kg/dm ³)	İnce agrega	2,61	2,66	2,64
	İri agrega	2,66	2,68	2,67
Görünen özgül ağırlık (kg/dm ³)	İnce agrega	2,65	2,70	2,70
	İri agrega	2,69	2,69	2,72
Su emme (%)	İnce agrega	0,90	1,22	0,98
	İri agrega	1,23	1,66	1,43
Dona dayanıklılık (%)	İnce agrega	4,31	4,12	4,29
	İri agrega	4,11	4,33	4,85
Aşınmaya dayanıklılık (%)		5,21	5,91	5,62
İnce madde oranı (%)		0,9	1,6	1,4
Organik madde		Yok	Yok	Yok

4.1. Elek Analizi ve Granülometri

İncelenen agregaya ocaklarından alınan agregaya örneklerinin elek analiz sonuçları Çizelge 4.2, Çizelge 4.3 ve Çizelge 4.4'te, granülometri eğrileri ise Şekil 4.1 Şekil 4.2 ve Şekil 4.3'te verilmiştir.

Çizelge 4.2. Gümenek agregasına ilişkin elek analizi değerleri

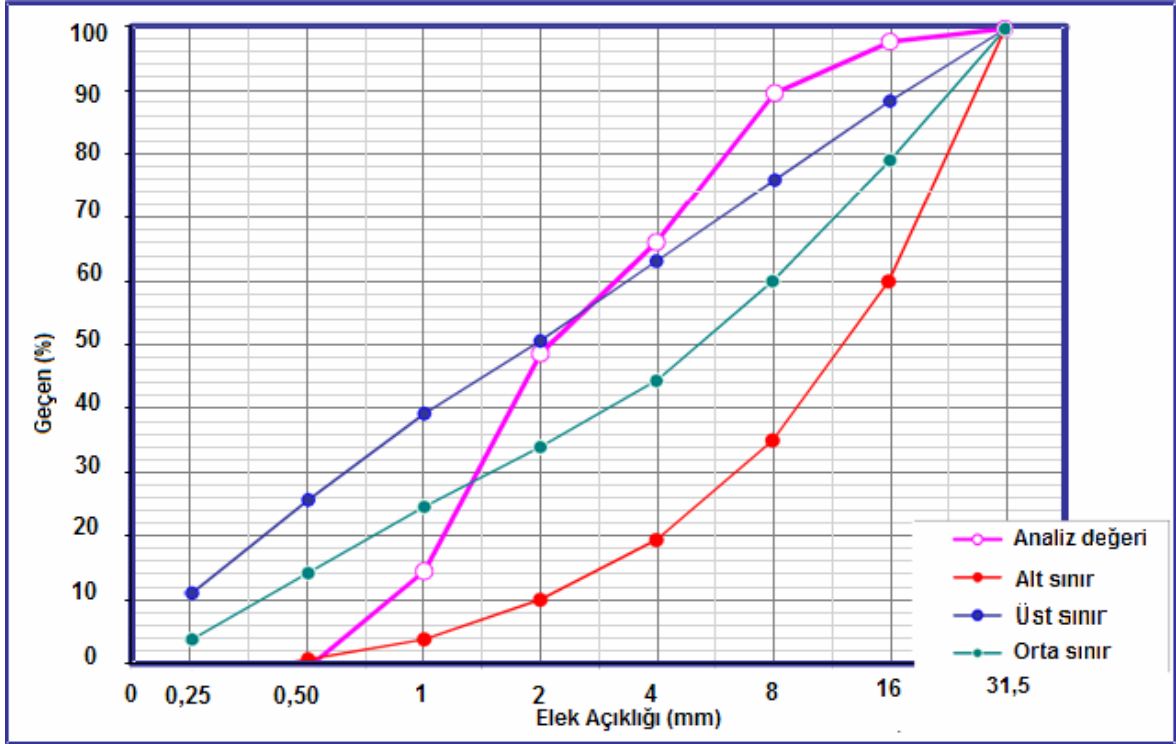
Elek Boyutu (mm)	Her Elek Üzerinde Kalan (g)	Yığılımlı Ağırlık (g)	Her Elek Üzerinde Kalan (%)	Yığılımlı Ağırlık		Sınır Değerleri (%)		
				Kalan (%)	Geçen (%)	Alt Sınır	Üst Sınır	Orta Sınır
31,5	98	98	0,82	0,82	99,18	100	100	100
16	1112	1210	9,29	10,11	89,89	62	89	80
8	1302	2512	10,88	20,99	79,01	38	77	62
4	2960	5472	24,74	45,73	54,27	23	65	47
2	1980	7452	16,55	62,28	37,72	14	53	37
1	2844	10296	23,77	86,05	13,95	8	42	28
0,5	1442	11738	12,05	98,10	1,90	5	29	18
0,25	132	11870	1,10	99,19	0,81	2	15	8
Alta Geçen	96	11966	0,80	100				
Örnek Ağ.	11966	İNCELİK MODÜLÜ	4,23					



Şekil 4.1. Gümenek agregasına ilişkin granülometri eğrisi

Çizelge 4.3. Taşlıçiftlik-1 agregasına ilişkin elek analizi değerleri

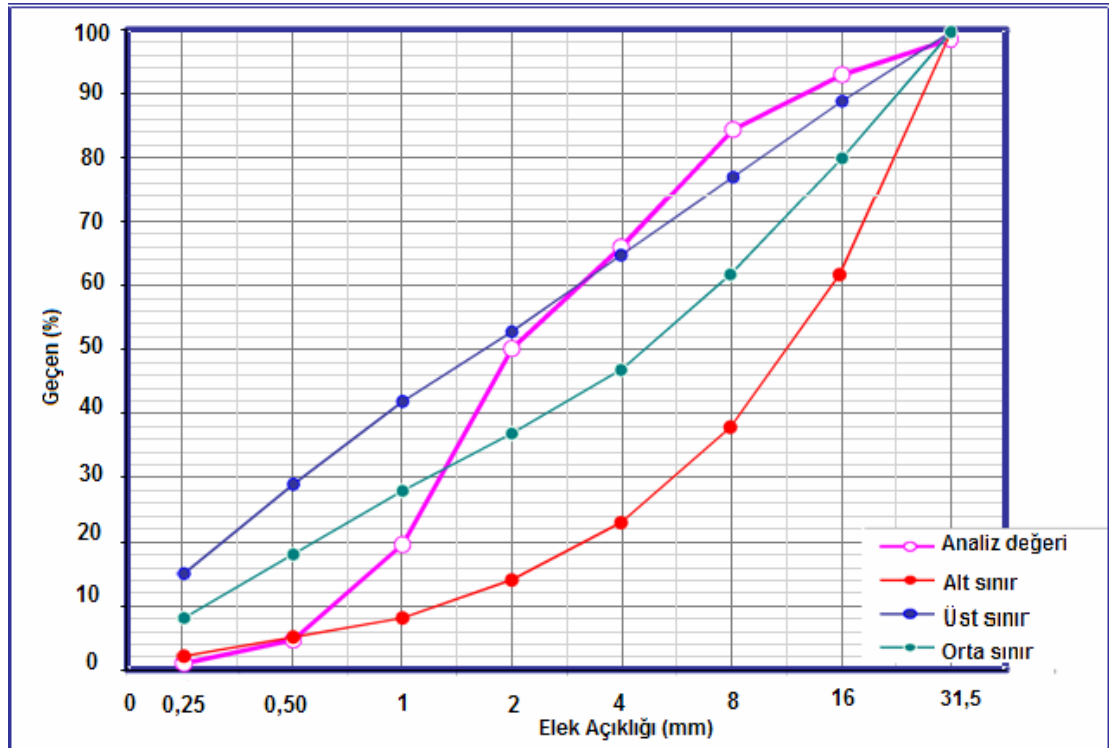
Elek Boyutu (mm)	Her Elek Üzerinde Kalan (g)	Yığılımlı Ağırlık (g)	Her Elek Üzerinde kalan (%)	Yığılımlı Ağırlık		Sınır Değerleri (%)		
				Kalan (%)	Geçen (%)	Alt Sınır	Üst Sınır	Orta Sınır
31,5	0	0	0	0	100	100	100	100
16	237	237	1,98	1,98	98,02	62	89	80
8	936	1173	7,81	9,79	90,21	38	77	62
4	2672	3845	22,31	32,10	67,90	23	65	47
2	2014	5859	16,81	48,91	51,09	14	53	37
1	3931	9790	32,82	81,73	18,27	8	42	28
0,5	1741	11531	14,53	96,26	3,74	5	29	18
0,25	229	11760	1,91	98,17	1,83	2	15	8
Alta Geçen	219	11979	1,83	100				
Örnek Ağ.	11979	İNCELİK MODÜLÜ	3,69					



Şekil 4.2. Taşlıçiftlik-1 agregasına ilişkin granülometri eğrisi

Çizelge 4.4. Taşlıçiftlik-2 agregasına ilişkin elek analizi değerleri

Elek Boyutu (mm)	Her Elek Üzerinde Kalan (g)	Yığılımlı Ağırlık (g)	Her Elek Üzerinde kalan (%)	Yığılımlı Ağırlık		Sınır Değerleri (%)		
				Kalan (%)	Geçen (%)	Alt Sınır	Üst Sınır	Orta Sınır
31,5	144	144	1,20	1,21	98,80	100	100	100
16	671	815	5,60	6,80	93,19	62	89	80
8	1040	1855	8,68	15,49	84,51	38	77	62
4	2181	4036	18,21	33,69	66,30	23	65	47
2	1912	5948	15,96	49,66	50,34	14	53	37
1	3691	9639	30,81	80,47	19,53	8	42	28
0,5	1794	11433	14,98	95,45	4,55	5	29	18
0,25	444	11877	3,71	99,16	0,84	2	15	8
Alta Geçen	101	11978	0,84	100				
Örnek Ağ.	11978	İNCELİK MODÜLÜ		3,82				



Çizelge 4.3. Taşlıçiftlik-2 agregasına ilişkin granülometri eğrisi

Agregalardan en iyi şekilde beton elde edebilmek için, o betonun bünyesine giren her sınıf malzeme kendinden bir üst irilikteki malzemedeki boşlukları dolduracak miktarda olmalıdır. Yani çimento ince agreganın, ince agregaya ise iri agreganın içerdiği boşlukları doldurmalıdır. Granülometri betonun kompozitesini, yoğurma suyu miktarını, dayanım ve dayanıklılığını, işlenebilirliğini büyük ölçüde etkiler. Bu amaçla elek analizi önemli bir deneydir ve betonda kullanılacak agregaların özelliği olmayan işlerde kullanılmalarında dahi granülometrik bileşimleri mutlaka belirlenmelidir (Yıldırım ve Yılmaz, 2002; Anonim, 2008a). Bu nedenle seçilen agregaya ocaklarından alınan örnekler üzerinde Anonim (1996a), Anonim (1996b) ve Anonim (2007c)'de verilen ilkelere göre deney yapılmış ve elde edilen verilere göre granülometri eğrileri çizilmiştir

Gümenek agregaya ocağından sağlanan agregaların granülometri eğrisi 0,25-0,60 mm arasında standart granülometri alanının alt sınırının aşağısına düşmekte, 6,30 mm'ye kadar standart bölge içinde, 6,30 mm'den sonra ise üst sınırın üstüne çıkmaktadır (Şekil 4.1). Buna göre söz konusu ocaktan sağlanan agregada 0,25-0,60 mm arası ile 6,3-31,50 mm arası büyüklükteki malzemenin uygun olmadığı, 0,60-6,3 mm arasındaki malzemenin ise uygun olduğu görülmektedir.

Taşlıçiftlik-1 agregalarının granülometri eğrisinde görüldüğü gibi 0,25-0,53 mm arası ile 2,80-31,5 mm arası standart granülometri alanı dışında bulunmaktadır. Granülometri eğrisinde 0,25-0,50 mm arasında iri malzemenin fazla, ince malzemenin az olması nedeniyle standart granülometri alanının altında olduğu görülmektedir (Şekil 4.2). Bu durum 0,53 mm'nin altındaki malzemede ince agregaya miktarının az, 2,80 mm'nin üzerindeki malzemenin ince agregasının fazla olduğunu göstermektedir.

Taşlıçiftlik-2 agregaya ocağından elde edilen malzemede ise 0,25-0,50 mm'lik bölge ile 3,30 mm'den sonraki bölge standart granülometri değerleri dışında kalmaktadır (Şekil 4.3). Bu da 0,25-0,50 mm arasında ince agregaya miktarının az olduğunu, 3,3-31,5 mm arasında ise ince agregaya miktarının fazla olduğunu göstermektedir.

Yapılan deneylerle örneklerin tane büyüklüğü dağılımı standartlarda önerilen değerlerle karşılaştırıldığında, beton yapımına uygun olmadığı görülmektedir. Doğal karışık agregaların granülometri eğrilerinin önerilen standart granülometri eğrilerinin sınırladığı alan içerisinde olması gerekmektedir. Bu nedenle söz konusu agrega ocaklarından elde edilen doğal karışık agregalar, elenmeden beton yapımında kullanılmamalıdır. Beton yapımında kullanılacak agregaların granülometrisinin istenilen koşullara sahip olması, kullanılacak çimento ve su miktarında en iyi çözümler sağlayacaktır. Bu da betonun işlenebilme özelliklerini artırıp karışım suyu miktarını azaltarak, beton basınç dayanımının artmasında önemli rol oynayacaktır.

Karışımında ince agrega miktarı arttıkça özgül yüzey de artacağından betonun işlenebilirliği azalır. İri agreganın artması ise işlenebilirliği artırıp su-çimento oranını azalttığından, daha yüksek beton basınç dayanımı sağlar. Diğer yandan ince agrega miktarı azaldıkça betonun kompasitesi azalacağından, beton dayanımının azalmasına ve iri agreganın yerini dolduracak olan ince agrega nedeniyle yüzey alanının artmasına neden olacaktır. Bu da çimento miktarını artıracığından, beton üretiminde maliyeti artıracaktır.

Taneler arasındaki boşluklar granülometrinin fonksiyonudur. Tane çapları arasında belirli bağıntı bulunması durumunda yığının boşluğunu en aza indirmek olasıdır. Bu da çimento ve su miktarının en az düzeyde kalmasını sağlayacak ve böylece daha ekonomik beton üretmek mümkün olacaktır. Tane çapı küçüldükçe beton üretiminde kullanılacak yoğurma suyu miktarı da artacak, buna bağlı olarak beton basınç dayanımı azalacaktır (Akman, 1990). Ayrıca karışım ideal bölge koşulu aranmasının en büyük nedeni bu bölgeler içinde kalacak agregaların kompasitesinin yüksek olmasıdır. Kompasitesi yüksek agrega, doğal olarak kullanıldığı betonun dayanımını da artıracaktır (Yapıcı, 2002).

Söz konusu ocaklardan alınan agregalar kullanılmadan önce tane dağılımları kontrol edilmeli, standartlarda önerilen sınırlar içerisinde bulunması ya da istenilen tane dağılımı özelliğine sahip duruma getirilmesi sağlanmalıdır. Yapılacak değişimlerle beton yapıma uygun olarak standartlarda verilen sınırlar arasındaki değerler elde edilebilir. Bu amaçla agregalar 0/4, 4/16 ve 16/31,5 olarak üç gruba bölünerek elenmeli, elde edilen değerlerden uygun karışım oranları belirlendikten sonra kullanılmalıdır.

İncelenen doğal agrega ocaklarından doğrudan alınıp kullanılan malzemenin tane dağılımı beton üretimi için uygun görülmediğinden, bu malzemelerin değişik tane sınıflarına ayrılması ve beton karışımı için uygun karışım yüzdelerinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu amaçla Gümenek agrega ocağına ilişkin malzemelerin elek analizleri kullanılarak beton yapımına uygun bir karışım, örnek olarak elde edilmiştir. Karışımında % 45 oranında 15-30 mm doğal agrega, % 20 oranında 7-15 mm doğal agrega ve % 35 oranında 0-7 mm doğal kum kullanılmasının uygun olduğu belirlenmiştir. Çizelge 4.5, Çizelge 4.6 ve Çizelge 4.7’de Gümenek agrega ocağından elde edilen agregaların üç ayrı tane sınıfına ayrılmış elek analizleri, Çizelge 4.8’de öngörülen karışımın elek analizi ve Şekil 4.4’de öngörülen karışımın tane dağılımı eğrisi görülmektedir.

Çizelge 4.5. 0-7 mm doğal kumun elek analizi sonuçları

Elek No	Elekte Kalan	Yığılmış Kalan	Elekte Kalan (%)	Elekten Geçen (%)
16	-	0	0	100
8	0	0	0	100
4	0	0	0	100
2	150,1	150,1	3	97
1	395,6	545,7	13	87
0.5	619,1	1164,8	27	73
0.25	834,5	1999,3	47	53
Elek Altı	1066,2	3065,5	71	29

Çizelge 4.6. 7-15 mm doğal agreganın elek analizi sonuçları

Elek No	Elekte Kalan	Yığılmış Kalan	Elekte Kalan (%)	Elekten Geçen (%)
16	-	0	0	100
8	0	0	0	100
4	1560	1560	26	74
2	2173	3733	62	38
1	2321	6054	100	0
0.5	0	6054	100	0
0.25	0	6054	100	0
Elek Altı	0	6054	100	0

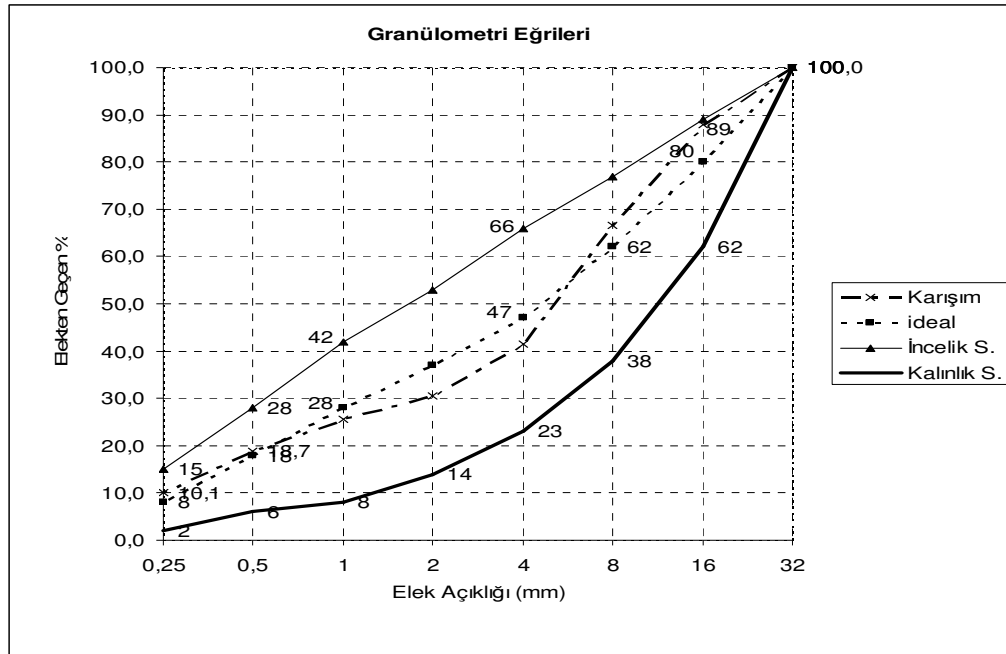
Çizelge 4.7. 15-30 mm doğal agreganın elek analizi sonuçları

Elek No	Elekte Kalan	Yığılmışlı Kalan	Elekte Kalan (%)	Elekten Geçen (%)
16	-	0	0	100
8	2159,4	2159,4	27	73
4	2911,2	5070,6	63	37
2	2979,2	8049,8	100	0
1	0	8049,8	100	0
0.5	0	8049,8	100	0
0.25	0	8049,8	100	0
Elek Altı	0	8049,8	100	0

Çizelge 4.8. Öngörülen karışımın elek analizi

Elek No	15-30	7-15	0-7	Karışım
32	100,0	100,0	100,0	100,0
16	73,2	100,0	100,0	87,9
8	37,0	74,2	100,0	66,5
4	0,1	38,3	96,5	41,5
2	0,1	0,0	87,3	30,6
1	0,1	0,0	72,9	25,5
0,5	0,1	0,0	53,5	18,7
0,25	0,1	0,0	28,7	10,1

* Karışımında % 45 oranında 15-30 mm doğal agrega, % 20 oranında 7-15 mm doğal agrega ve % 35 oranında 0-7 mm doğal kum kullanılmıştır.



Şekil 4.4. Öngörülen karışımın granülometri eğrisi

Araştırmada kullanılan doğal agregaların hiçbir ayrılma işlemi uygulanmadan kullanılması uygun değildir. Ancak kullanılan agregaların en az üç ayrı tane sınıfına ayrılması durumunda, beton üretimine uygun karışım elde edilebilecektir. Bu amaçla örnek olarak seçilen Gümenek agrega ocağından alınan örnekler için uygun karışım oranları 15-30 mm doğal agrega, 7-15 mm doğal agrega ve 0-7 mm doğal kum için sırasıyla % 45, % 20 ve % 35 olarak elde edilmiştir. Bu karışım oranları öngörülen yüzdelerdir. Bu oranlarda malzemeler kullanılarak deneme karışımları üretilmelidir. Ayrıca araştırma konusu olan agregaların diğer özellikleri de beton yapımına uygun olduğundan, değişik su/çimento oranları da kullanılarak söz konusu agregalarla normal, hatta yüksek dayanımlı betonlar elde edilebilecektir.

Agrega örneklerinin incelik modülü Gümenek, Taşlıçiftlik-1 ve Taşlıçiftlik-2 agrega ocaklarında sırasıyla 4,23; 3,69 ve 3,82 olarak bulunmuştur. Türk standartlarında agreganın incelik modülünün hangi sınırlar arasında olması gerektiğine ilişkin bilgi yoktur. Akman (1990)'a göre incelik modülü granülometri eğrisini tek bir rakamla ifade eder. Agreganın granülometrik bileşimi hakkında bilgi veren incelik modülü ne kadar küçükse agrega o kadar ince taneli olacaktır. Yani taneler inceleştikçe ve ince malzeme miktarı arttıkça incelik modülü daha küçük değerler almaktadır. Agreganın ne kadar ince olursa beton üretimi için o kadar fazla suya gereksinim duyulur. Buna karşın agreganın tane büyüklüğünün artmasıyla yüzey alanı küçüleceğinden, karışımda daha az su kullanılır. Elde edilen sonuçlar üç agrega ocağında da ince agreganın fazla, iri agreganın az olduğunu göstermektedir. Bu durum beton dayanımında azalma oluşturacağından sakıncalıdır.

4.2. Sıkışık ve Gevşek Birim Ağırlıkları

Hazırlanan agrega örneklerinin sıkışık ve gevşek birim ağırlıkları standartlarda verilen ilkelere uygun olarak yapılmış olup Gümenek, Taşlıçiftlik-1 ve Taşlıçiftlik-2 ocakları için sırasıyla sıkışık birim ağırlıkları 1,81; 1,86; 1,84 kg/dm³ ve gevşek birim ağırlıkları 1,71; 1,75; 1,77 kg/dm³ olarak bulunmuştur.

Birim ağırlıkların ölçülmesinde agregaların tane dağılımı, şekli, tanelerin kap içinde gevşek veya sıkışık yerleştirilmiş olması gibi etkisi olduğu bilinmektedir (Batmaz, 2006). Granülometrisi düzgün (en az boşluklu), kuru, kusurlu malzemesi az, sıkıştırılmış özgül ağırlığı fazla olan agregaların birim ağırlıkları da fazladır (Çomak, 2007). Agregaların birim ağırlıklarını agreganın kökeninden çok, agreganın şekli etkiler. Kısmen küresel yuvarlak agregalarda yerleşme şekli daha iyi olduğundan, birim ağırlık 1,6-1,8 kg/dm³ gibi değerler alabilir (Ekmekyapar ve Örüng, 1997). Akman (1990) birim ağırlık değerlerini agreganın şeklinin etkilendiğini, yuvarlak ve küresel agregalarda gevşek birim ağırlığın 1,60-1,80 kg/dm³ arasında olmasının uygun olacağını belirtmekte, Yıldırım ve Yılmaz (2002) ise genel olarak beton yapımında kullanılacak agregaların gevşek birim ağırlıklarının 1,35 kg/dm³'ten yüksek olması gerektiğini bildirmektedir.

Granülometriye bağlı olarak taneler arasındaki boşluk miktarı değişmektedir. Bu durum agregalarda tane yüzeyini artırdığından, kullanılacak çimento ve karışım suyu miktarını dolayısıyla üretilen betonun maliyetini artırır. İncelenen agregaların birim ağırlığı önerilen sınır değerleri içerisinde kaldığından, birim ağırlık yönünden beton yapımında sakıncalı olmadığı söylenebilir.

4.3. Özgül Ağırlık ve Su Emme Miktarı

Deneme için ocaklardan alınan agrega örnekleri ince ve iri agrega olarak iki kısma ayrılarak su emme ve özgül ağırlık değerleri bulunmuştur (Çizelge 4.1). Özgül ağırlık değerleri Gümenek, Taşlıçiftlik-1, Taşlıçiftlik-2 ocakları için sırasıyla ince agregalarda 2,61; 2,66; 2,64 kg/dm³ ve iri agregalarda 2,66; 2,68; 2,67 kg/dm³ olarak belirlenmiştir.

Agreganın kökeni hakkında fikir veren bu özellik genel olarak 2,4-2,8 kg/dm³ arasında değer almaktadır. Özgül ağırlığı 2,4 kg/dm³'ten düşük agregalar hafif agrega olarak adlandırılır (Erdoğan, 1995; Baradan, 1996). Akman (1990) agregalarda doygun kuru yüzey özgül ağırlık değerlerini 2,55-2,80 kg/dm³ olarak önermekte, Kocataşkın (1975) bu değer 2,2-2,7 kg/dm³ arasında olması gerektiğini belirtmektedir.

Elde edilen deney sonuçları önerilen değerlerle karşılaştırıldığında, agregalarda özgül ağırlıkların önerilen sınırlar içerisinde olduğu görülmektedir. Bu da söz konusu agrega ocaklarından elde edilen agregaların özgül ağırlık yönünden beton yapımına uygun olduğunu göstermektedir.

Agregadaki boşluklar çıkarıldıktan sonraki birim hacme karşılık gelen ağırlık olan özgül ağırlık, agreganın uygunluğunu gösteren önemli bir özelliktir. Boşlukların miktarı ve dış yüzeyle bağlantısı özgül ağırlığı etkilemekte olup, boşlukların fazla olması agreganın donma ve çevre koşullarına dayanıklılığını azaltır. Düşük özgül ağırlık agreganın boşluklu, düşük dayanımlı ve emici özellikte, yüksek özgül ağırlık ise iyi kalitede olduğunu gösterir. Agreganın özgül ağırlığı arttıkça betonun dayanımı da artmaktadır.

Boşluk içeren agregaların su içerisinde kaldığında boşluklarının su ile dolması sonucu oluşan su emme miktarı, agreganın özelliklerini etkiler. Agregaların fazla su emmesi birçok özelliklerinin zararlı yönde değişmesine neden olmaktadır. Agregalarda boşlukların fazla olması agreganın donma ve çevre koşullarına karşı dayanıklılığını azaltır.

Beton karışım hesaplarında su-çimento oranına esas olarak doygun kuru yüzeyli agreganın alındığına göre, agreganın su emme değerini belirlemek gereklidir. Gümenek, Taşlıçiftlik-1 ve Taşlıçiftlik-2 agregaları için örneklerin su emme yüzdeleri ince agregalar için sırasıyla 0,90; 1,22; 0,98 iri agregalar için 1,23; 1,66; 1,43 bulunmuştur.

Anonim (2003a)'e göre su emme oranı % 1'den büyük değilse agreganın donma çözülme etkisine dayanıklı olduğu kabul edilir. Ancak Çomak (2007), donma çözülme dayanıklılık için birçok agreganın daha yüksek emme değerine sahip olduğunu, agreganın su emme değeri % 1'den büyük değerler aldığı anda agreganın kalitesiz olduğunu düşünülmemesi gerektiğini ifade etmektedir. Fiziksel özelliklere ilişkin kesin sınırlar belirlendiği halde agreganın elverişsiz sayılmasını gerektirecek yüksek su emme değerleri hakkında belirli sınırlar ortaya konulmamıştır. Diğer yandan Postacıoğlu (1987), kaba agregalarda su emme miktarının % 10 dolayında bulunmasının doğal olduğunu belirtmektedir. Bu nedenlerle incelenen agregalar su emme oranı bakımından beton yapımına uygundur denilebilir.

4.4. İnce Madde Oranı

Agrega örneklerindeki kil ve silt miktarının belirlenmesi amacıyla yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlara göre agregaların kil-silt miktarı Gümenek, Taşlıçiftlik-1 ve Taşlıçiftlik-2 agrega ocakları için sırasıyla % 0,9; %1,6 ve % 1,4 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.1).

Anonim (1980c) ve Anonymous (1994a)'a göre agregadaki kil-silt miktarı en fazla % 5 olmalıdır. Buna göre incelenen agregalarda 0,063 mm'den geçen kil ve silt gibi malzemeler bulunmamaktadır. Bunun nedeni nehirdeki akıntının kil, silt gibi malzemeleri temizlemesidir. Elde edilen değerler önerilen sınır değerini geçmediğinden, söz konusu agregaların beton üretiminde kullanılmasının ince madde oranı yönünden uygun olduğunu göstermektedir.

Kil ve Silt 200 nolu elekten geçebilen ince malzeme olup, agregada fazla miktarda bulunduğu üretilen betonun dayanımının azalmasına ve miktarının belirli sınırları geçmesi durumunda ise çimentonun priz yapamamasına neden olabilmektedir. Kum içerisinde aşırı su emici kilin bulunması, betonda elde edilmek istenen plastisiteyi engellemektedir. Bu nedenle kil, beton karışım suyunu artırarak beton basınç dayanımını olumsuz yönde etkilemektedir. Ayrıca kil, betonun fazla hacim değişikliği yapmasına ve bu yüzden çatlamasına neden olmakta, betonun prizini ve çimentonun hidratasyonunu geciktirmektedir (Gürbüz, 1998). Tane yüzeylerine yapışan kil, silt ve taş unu aderansı sıfıra indiren öğelerdir. Kil topaklar halinde bulunduğu, kil topakları üzerine yapışan kum zerreleri bunları gizlerler ve bu topaklar çakıl sanılabilir. Kil topakları su alarak şiştiklerinden, betonun hacimsel kararlılığını bozarlar. Ayrıca dayanımları olmadığından, beton içinde boşluk gibi davranır (Ekmekyapar ve Örüng, 1997).

Yıkabilir madde miktarı fazla olan agregalar beton yapımında kullanılmaz. Fakat bu agregalara çeşitli işlemler uygulanarak kullanılabilir duruma getirilebilir. Bu işlemler yapılmazsa, agrega içindeki kirli maddeler betonda aderansı bozarak, betonun prizinin zamanında başlamasını ve bitmesini engeller. Sonuçta betonun dayanımını azaltarak, karma suyu gereksinimini artırır, taze betonun işlenebilmesini azaltır ve betonda büzülmeyi artırır (Batmaz, 2006).

4.5. Organik Madde Miktarı

Beton üretiminde kullanılacak agregalarda organik madde miktarının belirlenmesi önemlidir. Organik maddeler ince ve dağılmış durumda olduklarında betonun sertleşmesine zarar verebilirler, taneli halde bulunduklarında renk değişimine veya şişerek beton yüzeyinde patlamalara neden olabilirler. Bu amaçla yapılan deneyde incelenen agrega ocaklarından alınan örneklerin hiçbirisinde istenmeyen düzeyde organik maddeye rastlanmamıştır. Sodyum hidroksit çözeltisiyle yapılan organik madde miktarının belirlenmesi deneyinde deney sıvısı rengi açık sarı olmuştur. Bu da agregalarda zararlı oranda organik madde bulunmadığını gösterdiğinden, incelenen agregaların organik madde bakımından beton üretimine uygun olduğu söylenebilir. Agrega ocaklarında belirgin olarak organik madde bileşimine rastlanmadığından, agregaları organik maddeden arındırmak için herhangi bir işlem gerekmemektedir.

4.6. Dona Dayanıklılık

Üretilen betonun donma çözülme sonucu parçalanmaması agregaların özelliklerine bağlı olduğundan, beton üretiminde kullanılan agregaların donma etkisine karşı dayanıklı olması gerekir.

Agrega ocaklarından alınan örnekler Anonim (2008c)'e göre dona dayanıklılık deneyine tabi tutularak agregaların hava etkilerine karşı dayanıklılığı hakkında bilgi edinilmiştir. Donma ve çözülme sonucu oluşan hasara eşdeğer olan bu deney, yaklaşık 500 defa doğal donma ve çözülmeye karşılık gelmektedir. Elde edilen sonuçlara göre Gümenek, Taşlıçiftlik-1 ve Taşlıçiftlik-2 agrega ocakları için sırasıyla ince agregalarda kayıp miktarı ağırlıkça % 4,31, % 4,12 ve % 4,29, iri agregalar için ise % 4,11; % 4,33 ve % 4,85 bulunmuştur (Çizelge 4.11).

Sodyum sülfat deneyinde % 18 kayıp gösteren iri agreganın şiddetli don bölgesindeki betonlarda kullanılabilecek en yüksek sınırlarda olduğu kabul edilmelidir. İnce agrega için ise bu sınır % 15'dir (Anonymous, 1994b; Anonim (2003a)'de belirtilen ağırlıkça kayıp iri agrega için en fazla % 18, ince agrega için % 15 olarak verilmiştir. Sodyum sülfat don deneyi sonuçlarında yüksek kayıplar bulunursa, agregada dona dayanıklılık deneylerinin yapılması önerilir (Batmaz, 2006).

Betonun suya doygun olduğu durumlarda tekrarlı donma çözölme nedeniyle önemli sorunlar ortaya çıkar. Böyle bir ortamda beton kısa sürede zarar görebileceğinden, gerekli önlem alınmadığında donma çözölme etkisi altındaki betonun yol kaplamaları, barajlar, sulama yapıları, temeller gibi yerlerde kullanılmasını güçleştirir.

Yapılan deney sonuçları önerilen değerlerle karşılaştırıldığında sınır değerlerini aşmadığı görölmektedir. Bu da söz konusu agrega ocaklarından elde edilen agregaların donma çözölme dayanımı yönünden beton yapımına uygun olduğunu göstermektedir. Beton yapım, döküm ve bakım kurallarına uyularak yapılacak betonlar için her üç ocak agregası da donma çözölme dayanımı yönünden kullanılabilir özelliktedir.

4.7. Aşınmaya Dayanıklılık

İri agregaların parçalanma direncinin belirlenerek darbe ve aşınmaya karşı dayanımı bakımından malzemenin kalitesini ortaya koyan bu deney, aşınmanın söz konusu olduğu betonlarda agregaların kullanılıp kullanılmayacağına karar verebilmek amacıyla yapılmaktadır.

Deney örneklerine Los Angeles aşınma yöntemi uygulanmış ve 100 devir sonunda deneme sonuçları Gümenek, Taşlıçiftlik-1 ve Taşlıçiftlik-2 agrega ocakları için sırasıyla ağırlıkça kayıp % 5,21; % 5,91 ve % 5,62 bulunmuştur (Çizelge 4.1).

Anonim (2000b) ve Anonim (2006)'e göre aşınmaya dayanıklılık deneyinde 100 devir sonunda ağırlıkça % 10'dan az kayıp bulunmuş ise agrega yeterli kabul edilir. Elde edilen sonuçlara göre deneysel çalışma yapılan agrega ocaklarına ilişkin örneklerde aşınma dayanımları önerilen sınır değerlerini aşmadığından, beton agregası olarak kullanılmasının uygun olduğu belirlenmiştir.

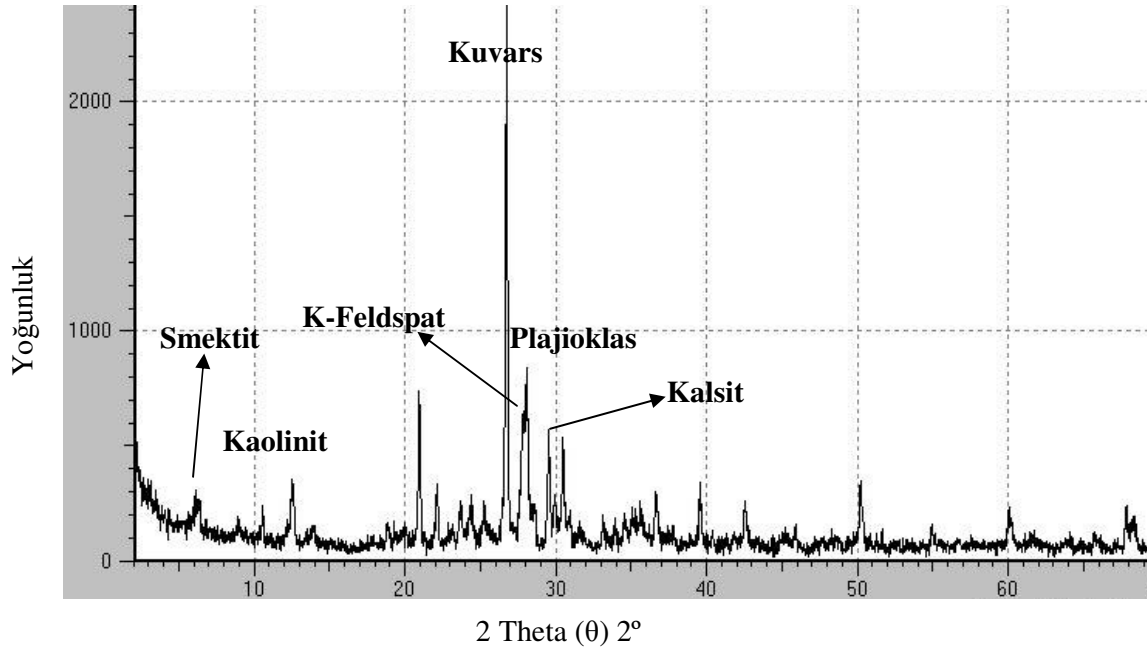
4.8. Minerolojik Analiz

Agrega ocaklarından elde edilen malzemelerin minerolojik bileşimlerinin belirlenmesi amacıyla yapılan analizlerin, kaliteli malzeme elde edilmesinde yeri ve önemi büyüktür. Bu amaçla incelenen agrega ocaklarının minerolojik analizleri yapılmıştır. Agregaların X ışınları difraktogramı Şekil 4.5, Şekil 4.6 ve Şekil 4.7’de verilmiştir.

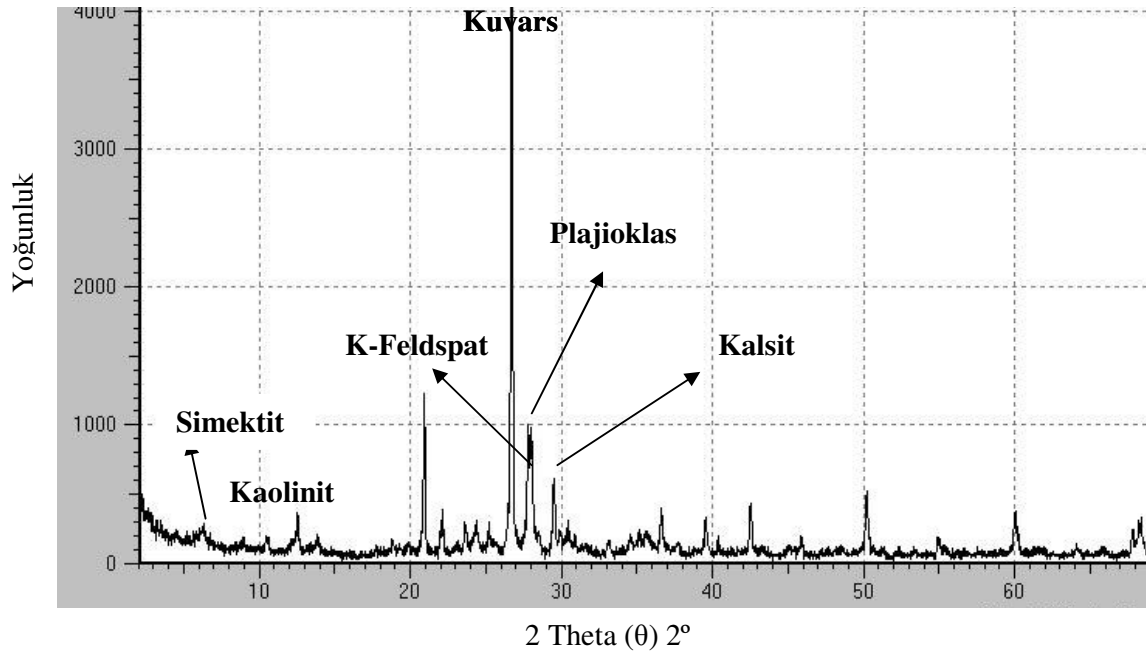
Elde edilen X-ray patterenleri yardımıyla yapılan faz tanımlaması sonuçlarına göre, üç ocaktan alınan örneklerin minerolojik yapıları birbirlerine benzerlik göstermektedir. Örneklerin birbirlerine benzer olması rezervlerin aynı kaynaktan besleniyor olmasından kaynaklanmaktadır. Her üç örnek te Yeşilırmak nehrinin zamanla depoladığı malzemelerden oluştuğundan, konumlarındaki farklılık minerolojik yapılarında herhangi bir değişikliğe neden olmamıştır. Elde edilen sonuçlara göre en yaygın mineral kuvars olup, bunu sırasıyla plajiolklas (albit ve anortite), ortoklas ve potasyumlu feldspatlar izlemektedir. Örneklerin tamamında az miktarda kalsit kristalleri belirlenmiştir.

Magmatik ve metamorfik kayalar, içerisindeki primer mineraller ayrışmamışlarsa genellikle agrega olarak kullanılmaya uygundur. Nitekim birçok primer mineralin (feldspat, hornblend, biyotit vb.) ayrışma ürünü kil mineralleridir. Kil mineralleri şişme ve büzülme özelliğine sahip olduğundan, agrega olarak kullanılmaları uygun değildir. Diğer yandan iç püskürük kayaların (granit) yaygın olduğu alanlarda depolanan malzemeler ayrışmaya karşı daha dayanıklı olduklarından dış püskürük (bazalt), metamorfik (özellikle şist ve kil taşı) ve tortul (kireç taşı) kayalardan depolanan ocaklardaki agregalara oranla daha kalitelidirler.

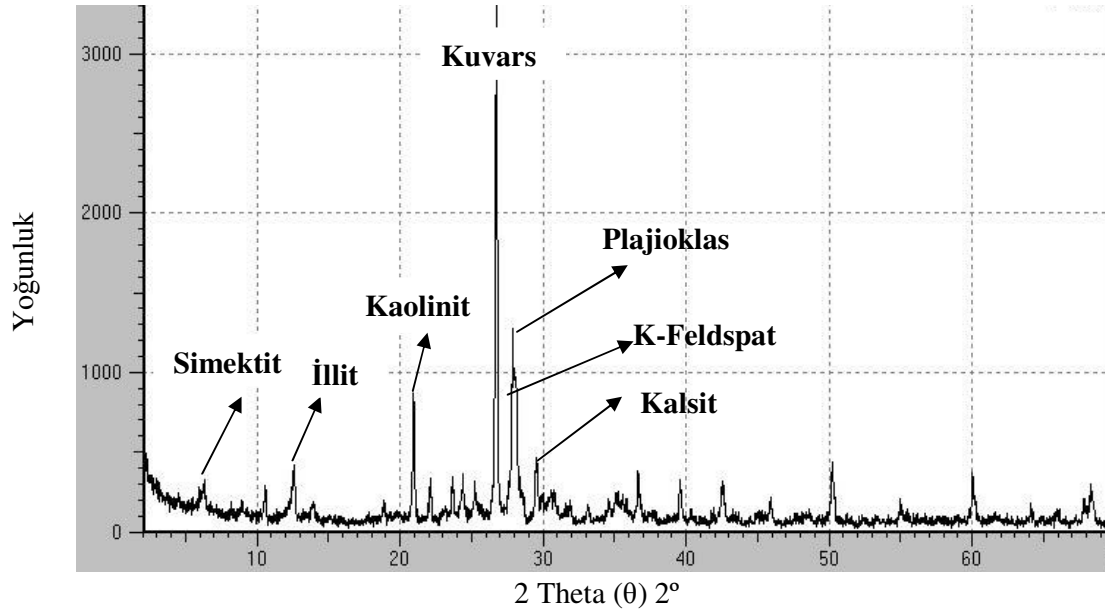
Her üç ocaktan alınan örneklerin minerolojik analiz sonuçlarına göre örneklerdeki en yaygın mineral kuvarstır. Kuvars Mohs sertlik tablosunda 7 ile ifade edildiğinden oldukça serttir. Bunun dışında bulunan feldspat ve kalsit ise ayrışmaya karşı daha dayanıksızdır. Bu yönüyle agregalar beton yapımında kullanılmaya orta düzeyde uygundur denilebilir. Nitekim örneklerde belirlenen simektit kil minerali ve kalsit minerali agreganın beton yapımında kullanımı için olumsuzluk oluşturabilir. Kalsit minerali Mohs sertlik tablosunda 3. sırada olup ayrışmaya karşı direnci az olduğundan, agrega içerisinde çok fazla istenmeyen mineraldir.



Şekil 4.5. Gümenek agrega ocağına ilişkin malzemenin tüm kayaç çözümlmelerine ilişkin mineralojik analizi için elde edilen X-Ray paterni



Şekil 4.6. Taşlıçiftlik-1 agrega ocağına ilişkin malzemenin tüm kayaç çözümlmelerine ilişkin mineralojik analizi için elde edilen X-Ray paterni



Şekil 4.7. Taşlıçiftlik-2 agrega ocağına ilişkin malzemenin tüm kayaç çözümlmelerine ilişkin mineralojik analizi için elde edilen X-Ray paterni

4.9. Beton Basınç Dayanımı

Tokat yöresindeki Gümenek, Taşlıçiftlik-1 ve Taşlıçiftlik-2 agrega ocaklarından alınan örneklerle en az 3 adet olacak şekilde silindir kalıplarda hazırlanan beton örneklerinin 7 ve 28 günlük basınç dayanımı deneyleri yapılmıştır. Basınç dayanımları Gümenek, Taşlıçiftlik-1 ve Taşlıçiftlik-2 agrega ocaklarında sırasıyla 7 günlük için 116, 105, 98, kg/cm²; 28 günlük için ise 178, 165, 161, kg/cm² arasında bulunmuştur.

İncelenen örneklerin 28 günlük basınç dayanımları standartlardaki beton sınıflarıyla karşılaştırıldığında, üç agrega ocağından elde edilen malzeme ile üretilen betonun C 16 (BS 16), beton sınıfına karşılık geldiği görülmektedir. Sonuç olarak beton sınıfları incelendiğinde, incelenen agregalarla üretilen betonların normal dayanımlı olduğu görülmektedir.

Agrega gran lometrisi beton basıncı dayanımını etkileyen önemli bir etmen olduğundan, granülometrik dağılım iyi ayarlandığında dayanımın artacağı açıktır. Yöredeki agregalarından elde edilen agregalarla üretilen betonun basıncı dayanımlarını artırmak için karışım oranları istenilen şekilde ayarlanarak beton basıncı dayanımı daha üst düzeylere çıkarılabilir. Ayrıca hazırlanan taze betonun taşınması, dökülmesi ve k r koşulları da beton basıncı dayanımını önemli  l de etkilemektedir. Beton  retiminde tüm işlemlerin standartlara uygun olarak yapılması, betonun istenilen özellikte olmasını büyük  l de sağlayacaktır.

Betonun birim ağırlığı ise Gümenek, Taşlıçiftlik-1 ve Taşlıçiftlik-2 agregalarında sırasıyla 2,40; 2,37 ve 2,38 kg/m³ olarak belirlenmiştir.

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Yapılarda kullanılan ham maddelerin üretilme yöntemlerini ve özelliklerini bilerek yapıda uygun yerde ve şekilde kullanmak gerekir. Bu ise dikkatle seçilmiş inşaat malzemelerinin kullanılmasıyla olanaklıdır. İnşaat sektörünün hızla geliştiği ülkemizde, üretimde kaliteli ve doğru malzeme seçiminin yapılamaması, önemli sorunlardan biridir. Oysa yapılarda uygun olmayan malzemelerin kullanılması telafisi olanaksız sorunlar oluşturabileceğinden, doğru malzemenin kullanımı büyük önem taşımaktadır.

Araştırma yöresindeki tarımsal yapıların inşasında beton üretiminde, beton bileşim hesapları yeterli şekilde yapılmamakta, agregaların özellikleri göz önüne alınmamaktadır. Oysa betonun kalitesi agreganın uygunluğuna bağlıdır. Yüksek dayanımlı beton üretebilmek için kullanılan agreganın özelliği, tüm beton bileşimlerini etkilemektedir. Kaliteli betonun elde edilmesinde uygun agreganın kullanılması gerektiğinden, betonun işlenebilme ve dayanımı gibi özellikleri üzerinde etkili olan agregalar iyi incelenmelidir. Bu nedenle Tokat Merkez ilçesindeki doğal agrega ocaklarından elde edilen agregaların, beton üretiminde kullanılabilirliği araştırılmıştır.

Tokat Merkez ilçesinde seçilen agrega ocaklarından alınan örnekler üzerinde uygulanan deneylerden elde edilen sonuçlar, agregaların beton üretiminde kullanılabilirliğinin uygun olduğunu ortaya koymuştur. Bazı özellikler istenilen sınır değerlerini zorlasa da, yapılan gözlemlerde bu agregalarla üretilen betonlar üzerinde olumsuz etki belirlenmemiştir. Yapılan deneyler sonucunda, agregaların granülomeri bileşimleri dışında standartlarda verilen sınır değerler içerisinde kaldığı gözlenmiştir. Yeşilirmak üzerinde bulunan agrega ocaklarına ilişkin agregaların doğrudan kullanılmamak koşuluyla, fiziksel ve mekanik özellikleri bakımından beton agregası olarak kullanılabilir niteliğe sahip olduğu söylenebilir. İncelenen agregalar kullanılabilir özellikte olduğundan normal beton üretimi için uygun olup, bazı işlemlerden geçirilmesi koşuluyla yörede yapılacak tarımsal inşaatlarda rahatlıkla kullanılabilir.

Elde edilen sonuçlardan incelenen agrega ocaklarına ilişkin malzemelerin granülometrilерinin standartlarda önerilen sınırlar içinde olmadığı belirlendiğinden, elenmeden beton yapımında kullanılmamalıdır. Beton üretiminde rastgele karışımın kullanılması beton dayanımını düşürmektedir. Bunun için rastgele karışım değil de düzenlenmiş granülometri ile karışım hesabı yapılarak üretilen beton kullanılmalıdır. Araştırma yöresindeki agrega ocaklarından elde edilen agregaların tane dağılımları mutlaka kontrol edilmeli, standart eğrilerle sınırlanan alan içinde bulunması ya da istenilen tane dağılımı özelliğine sahip hale getirilmesi sağlanmalıdır. Bu amaçla doğal karışık agregalar elenerek ince agrega ve iri agrega olarak ayrılmalı, uygun oranlarda karıştırılarak önerilen granülometri bileşimlerine sahip olduktan sonra beton yapımında kullanılmalıdır. Diğer yandan incelenen üç agrega ocağından elde edilen agregaların ince malzeme miktarının fazla olduğu gözlenmiştir. Bu agregalarla üretilecek betonun fazla suya gereksinimi olacağından, beton üretiminde bu konu göz önüne alınmalıdır.

Yüksek kaliteli beton üretilmek istenildiğinde mutlaka karışım oranı hesabı yapılmalı, değişik koşullarda beton dayanımları göz önüne alınarak en uygun karışım ve su/çimento oranı bulunmalıdır. Beton üretiminde su/çimento oranı üzerinde dikkatle durulmalı, agrega ve iklim koşullarına göre sürekli kontrol altında tutulmalıdır. Gereğinden fazla veya az su beton dayanımını olumsuz yönde etkilediğinden, beton üreticilerine konunun önemi anlatılmalıdır. Ayrıca karışım hesabı ve su/çimento oranları iyi ayarlanarak hazırlanmış betonun bakımının iyi yapılmaması beton kalitesini düşüreceğinden, beton kürüne de yeterli özen gösterilmelidir.

İncelenen agregalarda kil silt miktarı önerilen sınır değerin altında bulunmuştur. Ancak agregalarda kil silt miktarını en az düzeye getirmek için yapılan yıkama uygulamasının üretilen beton basınç dayanımını artırdığı bilindiğinden, agregaların yıkama uygulamasından sonra beton üretiminde kullanılması yaralı olacaktır. Agregaların betonun kalitesini bozacak zararlı ve yabancı maddelerden tamamen arındırılması ve gerekli dayanıklılık deneyleri yapılarak beton üretiminde kullanılması sağlanmalıdır.

Araştırmadan elde edilen sonuçlara göre seçilen ocaklardaki agrega özelliklerinde önemli farklılıklar görülmemiştir. Üç ocaktan elde edilen agregalarda ince agrega oranı iri agregaya göre daha fazladır. Beton üretiminde kullanılırken iri agrega miktarının

artırılması önerilebilir. Elde edilen beton dayanımları bakımından Gümenek agrega ocağından alınan agreganın, diğerlerine oranla daha iyi niteliklerde olduğu söylenebilir.

Yapılan gözlem ve görüşmelerde beton üretimi sırasında yapılan hatalar nedeniyle düşük dayanımlı betonların üretildiği belirlenmiştir. Bu hatalar; beton karışım hesabının yapılmaması, karışım oranlarının iyi ayarlanmaması, beton üretiminin vasıflı teknik elemanlarca yapılmaması, beton karışımında mikser veya betoniyer kullanılmaması, karışım süresinin kısa tutulması, çimentonun fazla bekletilmesi, beton karışımına girecek malzemelerin yeterli nitelikte olmaması, kalıp işçiliğinin kötü olması, betonun kalıba iyi yerleştirilmemesi, yeterli pas payı bırakılmaması, betonun kolay işlenebilirliğini sağlamak için sulu kıvamda üretilmesi, standartlara uygun olmayan su kullanılması, yıkanmamış malzeme kullanılması, beton kürünün yeterli yapılmaması, betonun dökümü sırasında dayanımının denetlenmemesi vb. olarak sıralanabilir.

Beton üretiminde kaliteyi artırmak için yöredeki üniversitelerin vereceği eğitimlerle kalifiye eleman yetiştirilmesi sağlanmalı, yöredeki agrega ve beton sorunlarını göz önüne alınarak çözümler üretilmeli ve bu sorunlarla ilgili olarak deneysel çalışmalar yapılmalıdır. İlgili kuruluşlar malzemelerin kalitesini ve uygunluğunu denetlemeli, yapılara ruhsat verilirken yapı işlerinin bitiminde veya işi teslim alırken deney sonuçları göz önüne alınmalıdır. Agregalar laboratuvarlarda etütleri yapılmadan kullanılmamalı ve üretilen betondan örnekler alınarak dayanımları belirlenmelidir. Beton üretimi eğitilmiş ve sertifikalı teknik elemanlarca yapılmalı, inşaatlarda çalışacak elemanlar eğitilmelidir. Ayrıca yöredeki tarımsal yapılarda dayanım açısından C 20 ve üzeri sınıflarda beton kullanımı zorunlu kılınmalıdır.

Deprem kuşağı üzerinde bulunan araştırma yöresinde tarımsal yapıların depreme dayanıklı, emniyetli ve ekonomik şekilde tasarlanıp inşa edilmeleri zorunludur. İstenilen kalitede beton üretimi ise ancak modern hazır beton tesislerinde gerçekleştirilebilir. Yörede geleneksel yöntemlerle dökülen betona göre teknik ve ekonomik yararları belirgin olmasına karşın, hazır betonun çimento tüketimindeki payı oldukça düşük olup, sürekli gelişme göstermektedir. Yörede hazır beton tesislerinin artması ve kırsal alanlara da hizmet götürmesi, kaliteli beton üretimi için olumlu bir başlangıçtır. Yörede hazır beton üretimi ve kullanımı teşvik edilmeli, bu konuda üreticiler bilgilendirilmelidir.

Beton üretiminde denetimi en az yapılabilen ham madde olan agregalarda üretim kalitesindeki sürekliliği sağlamak büyük önem taşımaktadır. Bu kriterlerin yerine getirilmesi için öncelikle agrega ocaklarına üretime yeterlilik belgesi verildikten sonra üretilmesi koşulu aranmalıdır. Agrega üretimi ve kullanımında standardizasyonun sağlanması, agrega üreticileri birliğinin kurulması inşaat sektöründeki sorunların çözümünde yarar sağlayacaktır.

Betonun yaklaşık % 70'ini oluşturan agreganın fiziksel ve mekanik özellikleri, betonun tüm özelliklerine ya doğrudan, doğruya ya da dolaylı olarak etki etmektedir. Malzeme bilimindeki ve deney tekniklerindeki yeni gelişmelerle önemli yapı malzemesi durumuna gelen betonun gelecekte de bu özelliğini sürdüreceği açıktır. Araştırma yöresinde kaliteli agrega elde edilmesi sorunu giderek artmakta, agrega ocakları hızla gelişen beton endüstrisinin kalite isteklerini karşılamakta zorlanmaktadır. İstenilen kalitede agregayı sağlayamayan üreticiler yeni kaynaklar arama yoluna gitmektedirler. Bu nedenle hızla büyüyen ve betonun kullanımının tarımsal yapılarda giderek yaygınlaştığı araştırma yöresinde, gelecek yıllarda artacak olan tüketimi karşılayabilecek yeni agrega kaynaklarının bulunması veya mevcut agrega kaynaklarının iyileştirilmesi zorunludur.

KAYNAKLAR

- Adams, E.C., 1993. Yapı Bilgisi III. T.C.Yükseköğretim Kurulu, 2. Baskı,352s, Ankara.
- Akman, S., 1984. Beton Semineri. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, DSİ Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Akman, S., 1990. Yapı Malzemeleri. İTÜ. İnşaat Fakültesi Ders Notları, No: 1408, İstanbul.
- Alkan, Z., 1972. Zirai İnşaat. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No.252/A, Erzurum.
- Anonim, 1978a. Agrega Karışımlarının Elek Analizi Deneyi İçin Metot. TS 130, Türk Standartları Enstitüsü, 7s., Ankara.
- Anonim, 1978b. Bimsbeton Yapım Kuralları, Karışım Hesabı ve Deney Metotları. TS 3234, Türk Standartları Enstitüsü, 30s., Ankara.
- Anonim, 1979. Beton Basınç Deney Numunelerinin Hazırlanması, Hızlandırılmış Kürü ve Basınç Dayanım Deneyi. TS 3323, Türk Standartları Enstitüsü, 11 s., Ankara.
- Anonim, 1980a. Beton Agregalarında Özgül Ağırlık ve Su Emme Oranı Tayini. TS 3526, Türk Standartları Enstitüsü,13 s., Ankara.
- Anonim, 1980b. Beton Agregalarında İnce Madde Oranı Tayini. TS 3527, Türk Standartları Enstitüsü, 7s., Ankara.
- Anonim, 1980c. Beton Agregalarından Numune Alma ve Deney Numunesi Hazırlama Yöntemi. TS, 707, Türk Standartları Enstitüsü, 9 s, Ankara.
- Anonim, 1980d. Beton Agregalarının Birim Ağırlıklarının Tayini. TS 3529, Türk Standartları Enstitüsü, 5.s, Ankara.
- Anonim, 1985. Beton Karışımı Hesap Esasları. TS 802, Türk Standartları Enstitüsü,18s. Ankara.
- Anonim, 1996a. Deney Eleklere-Teknik Özellikler ve Deneyler-Kısım 2:Delikli Metal Levhalı Deney Eleklere. TS 1226, ISO 3310-2, Türk Standartları Enstitüsü, 14s., Ankara.
- Anonim, 1996b. Deney Eleklere-Teknik Özellikler ve Deneyler-Kısım 1: Tel Örgülü Deney Eleklere. TS 1227 ISO 3310-1, Türk Standartları Enstitüsü, 14s., Ankara.
- Anonim, 1997a. Tokat İli Arazi Varlığı. Başbakanlık Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Yayınları, No:60, Ankara.
- Anonim, 1997b. Agregaların Genel Özellikleri İçin Deneyler-Kısım 1, Numune Alma Metotları. TS EN 932-1, Türk Standartları Enstitüsü, 23s., Ankara.
- Anonim, 1997c. Agregaların Genel Özellikleri İçin Deneyler Kısım-3: Basitleştirilmiş Petrografik Tanımlama için İşlem ve Terminoloji. TS 10088 EN923-3, Türk Standartları Enstitüsü,. 12 s. Ankara.
- Anonim, 1999a. Agregaların Genel Özellikleri İçin Deneyler, Bölüm 2: Laboratuvar Numunelerin Azaltılması Metodu. TS EN 932-2, Türk Standartları Enstitüsü, 20s., Ankara.
- Anonim, 1999b. Agregaların Geometrik Özellikleri İçin Deneyler Bölüm 1: Tane Büyüklüğü Dağılımı Tayini-Elleme Metodu. TS 3530 EN 933-1, Türk Standartları Enstitüsü, 11s. Ankara.
- Anonim, 2000a. Agregaların Kimyasal Özellikleri İçin Deneyler-Bölüm 1: Kimyasal Analiz. Türk Standartları Enstitüsü, TSEN1744-1, Ankara.
- Anonim, 2000b. Agregaların Mekanik ve Fiziksel Özellikleri İçin Deneyler, Bölüm 2: Parçalanma Direncinin Tayini İçin Metotlar. TS EN 1097-2, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

- Anonim, 2002a. Agregaların Mekanik ve Fiziksel Özellikleri İçin Deneyler, Bölüm 6: Tane Yoğunluğu ve Su Emme Oranının Tayini. TS EN 1097-6, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Anonim, 2002b. Beton-Taze Beton Deneyleri- Bölüm 2: Çökme (Slamp) Deneyi. TS EN 12350-2, Türk Standartları Enstitüsü, 5 s., Ankara.
- Anonim, 2002c. Beton-Sertleşmiş Beton Deneyleri-Bölüm 2: Dayanım Deneylerinde Kullanılacak Deney Numunelerinin Hazırlanması ve Kürlenmesi. Türk Standartları Enstitüsü, TS EN 12390, 4 s. Ankara.
- Anonim, 2003a. Beton Agregaları. TS EN 12620, Türk Standartları Enstitüsü, 46 s, Ankara.
- Anonim, 2003b. Beton-Sertleşmiş Beton Deneyleri-Bölüm 3: Deney Numunelerinde Basınç Dayanımının Tayini. TS EN 12390-3, Türk Standartları Enstitüsü, 12 s., Ankara.
- Anonim, 2006. Beton Agregaları. TS 706 EN 12620/AC, Türk Standartları Enstitüsü, 1s. Ankara.
- Anonim, 2007a. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Tokat İl Müdürlüğü 2006 Yılı Çalışmaları. Tokat.
- Anonim, 2007b. Devlet Meteoroloji İşleri. Tokat Bölge Müdürlüğü Kayıtları, Tokat.
- Anonim, 2007c. Agregaların Geometrik Özellikleri İçin Deneyler-Bölüm 1: Tane büyüklüğü Dağılımı Tayini-Elleme Metodu. TS 3530 EN 933-1/A1, Türk Standartları Enstitüsü, 2.s, Ankara.
- Anonim, 2008a_ http://www.teknolojikarastirmalar.com/e-egitim/yapi_malzemesi/beton/3.1.
- Anonim, 2008b. Sivas Çimento Fabrikası Verileri. Sivas.
- Anonim, 2008c. Agregaların Isıl ve Bozunma Özellikleri İçin Deneyler-Bölüm 1: Donmaya ve Çözölmeye Karşı Direncin Tayini. TS EN 1367-1, Türk Standartları Enstitüsü, 14 s Ankara.
- Anonim, 2008d. Betonda karşılaşılan sorunlar.
<http://www.dogateknik.com.tr/Teknik-Belgeler/Betonda-Karsilasilan-sorunlar.pdf>
- Anonymous, 1994a. Standard Test Method for Finer Than 75 μm (No.200),ASTMC117, Sieve in Mineral Aggregates by Washing. Annual Book of ASTM Standarts.
- Anonymous, 1994b. ASTM C88, Standart Test Method for Soundness of Agregates by Use of Sodium Sulfate or magnesium Sulfate. Annual Book of ASTM Standarts.
- Anonymous, 2000. Standard Test Methods for Chemical Analysis of Glass Sand ASTM C146-94a (1999), Volume 15.02.
- Baradan, B., 1996. Yapı Malzemesi II. Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fak. Yayınları, No:207. 4. Baskı, s.42-195, İzmir.
- Batmaz, A., 2006. Rize İli Çevresindeki Derelerden elde edilen agreganın beton yapımına uygunluğunun araştırılması, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 76 s. Elazığ.
- Bayazıt, Ö.L., 1988. Beton Deneyleri. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü Yayınları, DSİ Matbaası, 236 s., Ankara.
- Bozkurt, E. and Koçyiğit, A., 1992. Almus fault zone: A new splay fault system of the North Anatolian fault zone, Türkiye. 29. Int. Geol. Congr., Abstr., 1:232.
- Cimilli, T., 1986. Yapı Malzemesi (Ders Notları). KTÜ. Basımevi, Trabzon.
- Çakır, G., 1992. İzmir İli Dahilinde Yapılan İnşaatlarda Kullanılan Agregaların Fiziksel Özelliklerinin İncelenmesi. (Yüksek Lisans Tezi), Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. 53 s. İzmir.

- Çomak, B, 2007. Isparta Yöresinde Çıkarılan ve Beton Üretiminde Agrega Olarak Kullanılan Malzemenin Özelliklerinin Belirlenmesi Yüksek Lisans Tezi, Yapı Eğitimi Anabilim Dalı, Isparta, 57s., Isparta.
- Ekmekyapar, T. ve Örüng, İ., 1997. İnşaat Malzeme Bilgisi (3. Baskı). Atatürk Üniversitesi Yayınları, No:145, 278s, Erzurum.
- Erdoğan, Y.T., 1995. Beton Oluşturan Malzemeler; AGREGA, Türkiye Hazır Beton Birliği Yayını, 110 s., İstanbul.
- Erguvanlı, K., 1983. Mühendisler Jeolojik. İTÜ Kütüphanesi, 1126., 287 s., İstanbul
- Eriç, M., 1994. Yapı Fiziği ve Malzemesi, Motif Basım San. LTD Şti, İstanbul.
- Ersoy, U., 1987. Betonarme İlkeler ve Taşıma Gücü Hesabı. Evrim Basımevi, s.4., İstanbul.
- Gürbüz, G., 1998. Amasya Bölgesi Agrega Rezervlerinin Hazır Beton Agregası Olarak Kullanım İmkanlarının Araştırılması. (Yüksek Lisan Tezi), Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği ABD, 77s., Ankara.
- Gürsu, Y. ve Öztürk F. H., 1990. Beton ve Beton Malzemeleri Ders Notları. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Karayolları Genel Müdürlüğü, Teknik Araştırma Dairesi Başkanlığı. Ankara. Yayınevi, İstanbul.
- İhtiyaroğlu, E., 1974. Tabii hafif agregalarla imal edilen hafif beton blokların duvar elemanı olarak özelliklerinin tayini üzerine araştırmalar. İmar ve İskan Bakanlığı Yayınları, No.5-76, Ankara.
- Jackson, M.L., 1975. Soil Chemical Analysis Advanced Course. 2nd. Ed. Published by the author. Madison, Wisconsin, p.179-138.
- Katrancı, A., 1999. Şanlıurfa Yöresindeki Beton Agregası Kaynaklarının İncelenmesi ve Beton Beton Yapımında Kullanılabilirliğinin Araştırılması. (Yüksek Lisans Tezi), Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yapı Eğitimi ABD, 60 s.
- Karaman; S., 1996. Tokat İlinde Kamu Kuruluşları Desteğiyle Yapılan Besi Sığırı Ahırlarının Yapısal ve Çevre Koşulları Yönünden Durumu ve Geliştirme Olanakları Üzerine Bir Araştırma. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum, 1996.
- Karaman, S., Ergüneş, G ve Tarhan, S., 2005. Tokat Yöresindeki Kafes Sistemli Kümeslerin Yapısal ve Çevre Koşulları Yönünden Durumu ve Geliştirilme Olanakları, GOÜ. Ziraat Fakültesi Dergisi, 22 (2), 67-76,
- Kılıç, M., 1987. Tokat Yöresinde Kırmızı Toprakların Mikromorfogenesi ve Sınıflandırılması. Cumhuriyet Üniversitesi, Tokat Ziraat Fakültesi Yayınları, No, 5, 2, 36 s., Tokat.
- Kocabay, N., 1991. Sivas-Hafik Ocağındaki Agreganın Beton Yapımında Kullanılabilirliğinin Araştırılması. (Yüksek Lisans Tezi), Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yapı Eğitimi ABD, 40 s., Ankara,
- Kocaçatak, S., 1978. Beton kimyasal olarak parçalayan etkenler. DSİ Genel Müdürlüğü DSİ Teknik Bülteni, (44), s.3-7, Ankara.
- Kocataşkın, F., 1975. Yapı Malzemesi Bilimi. Birsan Kitapevi, 132 s. İstanbul.
- Neville, A.M., 1995. Properties of Concrete (Fourth and Final Edition), Longman Scientific and Technical. Longman Group, U.K 9 70-250.
- Özcan, F., 1999. Niğde İli Çevresindeki İnşaat Malzemelerinin Beton Üretiminde Kullanımı, Bu Malzemelerden Elde Edilen Betonların Özelliklerinin ve Optimal Karışımlarının Araştırılması. (Yüksek Lisans), Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. 105s, Niğde.

- Özçelik, N., 1984. İnşaat Bilgisi, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi, No. 3195, s.178-180. İstanbul.
- Özdemir, M. Y., 2007. Tokat ilindeki Süt Sığırcı Ahırlarının Yapısal ve Çevre Koşulları Yönünden Yeterliliklerinin Araştırılması. (Yüksek Lisans Tezi), Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama A.B.D., Tokat
- Özçağlar, A., 1988. Kazova'nın Coğrafyası. (Doktora Tezi), Ankara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya ABD. Ankara.
- Özsöylev, T., 1993. Hazır Beton ve Ekipmanları. Birsan Yayınevi, s. 225, İstanbul.
- Özturan, T., 1984. Beton Aşınmasının İki Fazlı Malzeme Olarak İncelenmesi. (Doktora Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği ABD, 124s., İstanbul.
- Özyürek, N., 1995. Kızılırmak Agregasının Teknik Özellikleri ve Beton Yapımında Kullanılması. (Y. Lisans Tezi), Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, 109 s., Ankara.
- Postacıoğlu, B., 1975. Yapı Malzemesi Dersleri (bağlayıcı maddeler, agregalar, beton). İTÜ. Kütüphanesi, 1011, s., 36-37. İstanbul.
- Postacıoğlu, B., 1987. Beton, Bağlayıcı Maddeler, Agregalar, Beton, Cilt 2, Teknik Kitaplar Yayınevi, 404 s, İstanbul.
- Selvi, M. S., 1993. Amasya İli Yeşilirmak Havzasındaki Doğal Agregat Ocaklarından Alınan Agregaların ve Bu Agregalardan Üretilen Betonun Bazı Özelliklerinin Saptanması. OMÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, 62 s., Samsun.
- Şengül, Ö., 2000. Agregat Türünün Normal ve Yüksek Dayanımlı Betonların Mekanik Özelliklerine Etkisi. (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 97 s., İstanbul
- Taşova, H., 1992. Tokat Ziraat Fakültesi Yerleşim Alanının Toprak Etüt, Haritalanması ve Sınıflandırılması, Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Anabilim Dalı, s.20., Tokat.
- Uğurlu, A., 1989. Betonda geçirgenlik. DSİ Genel Müdürlüğü Teknik Bülteni, 68, s.41-49, Ankara.
- Uluata, A. R., 1981. Beton Malzemeleri ve Beton, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi (Ders Notu) s.25-74., Erzurum.
- Urhan, S., 1993. Hafif ve çok hafif betonların karakteristik özellikleri ve teknik kapasiteleri. Türkiye Mühendislik Haberleri (369), 34-40.
- Yapıcı, S., 2002. Elazığ Yöresindeki Agregat ve Çimento Malzemesi ile Üretilen Betonlarda Mevcut Katkı Malzemelerinin Uygunluğunun Araştırılması. (Yüksek Lisans Tezi), Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği ABD. 79 s., Elazığ.
- Yıldırım, M. ve Yılmaz, I., 2002. Yıldız Irmağı çökellerinin Beton Agregası Olarak Kullanılabilirliklerinin İncelenmesi. Cumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Dergisi, Seri-Yerbilimleri C.9, (2), s.,181-192, Sivas.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : Şenel İhya TUTMAZ
 Doğum Tarihi ve Yer : Tokat
 Medeni Hali : Evli
 Yabancı Dili : İngilizce
 Telefon : 03562329756
 e-mail : senelihya@hotmail.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Lisans	Dokuz Eylül Üniversitesi Denizli Mühendislik Fakültesi	1995
Lise	Gaziosmanpaşa Lisesi	1989

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
1996-2006	Gaziosmanpaşa Üniversitesi	İnşaat Mühendisi
2006-	Tokat Organize Sanayi Bölge Müdürlüğü	Bölge Müdürü