

**TEKİRDAĞ YÖRESİ AGREGA MALZEMESİNİN
BETON ÜRETİMİNDE
KULLANILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI**

Murat DOĞAN

Yüksek Lisans Tezi

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. M. Şükrü YILDIRIM

2008

T.C.
NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TEKİRDAĞ YÖRESİ AGREGA MALZEMESİNİN BETON ÜRETİMİNDE
KULLANILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

İnş. Müh. Murat DOĞAN

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN: Yrd. Doç. Dr. M. Şükrü YILDIRIM

TEKİRDAĞ-2008

Her hakkı saklıdır

Yrd. Doç. Dr. M. Şükrü YILDIRIM danışmanlığında, Murat DOĞAN tarafından hazırlanan bu çalışma 26/12/2008 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından. İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı' nda Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı: Prof.Dr. A.Halim ORTA

İmza :

Üye : (Danışman) Yrd. Doç.Dr. M. Şükrü YILDIRIM

İmza :

Üye: Yrd. Doç. Dr. İ. Feda ARAL

İmza :

Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. Orhan DAĞLIOĞLU
Enstitü Müdürü

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

Tekirdağ Yöresi Agregası Malzemesinin Beton Üretiminde Kullanılabilirliğinin Araştırılması

Murat DOĞAN

Namık Kemal Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. M. Şükrü YILDIRIM

Tekirdağ yöresinde bulunan taş ocaklarından çıkarılan agregaların beton üretiminde kullanılabilirlikleri konusunda halen ciddi bir araştırma yapılmamıştır. Beton üretimi gün geçtikçe artmaktadır. Bununla doğru orantılı olarak da yeni beton santralleri yapılmaktadır. Bu santrallerin ihtiyacı olan agrega malzemesini karşılayabilmek için yeni ocaklar açılmakta ve yeni agrega çeşitleriyle karşılaşılmaktadır. Günlük beton üretim miktarını karşılayabilmek için beton üretim tesisleri fazla araştırma yapmadan agregaları direk betonlarda kullanmaktadırlar. Bu nedenle; üretilen betonun kalitesini doğrudan etkileyen agrega malzemesinin, yöredeki mevcut ocaklar dikkate alınarak, kalitesi, betonun mukavemetine etkisi ve kullanılabilirliklerinin belirlenmesine yönelik çalışmalar önemli bir mühendislik amacının gerçekleştirilmesini sağlayacaktır. Bu sayede değişen beton sınıfı üretiminde, Tekirdağ yöresindeki agrega ocakları ve agrega çeşitleri hangileri, hangi performansı ve ekonomikliği sağladığının belirlenmesine ait bilgiler uygulamaya ışık tutacaktır.

Bu tez çalışmasında, Tekirdağ yöresinde bulunan hazır beton santrallerinin tercih ettiği beş farklı agrega ocağından agrega numuneleri alınarak bu numunelere ait agrega yeterlilik deneyleri yapılmış, agregaların fiziksel ve mekanik özellikleri tespit edilmiş, beş farklı agrega ocağının agregaları arasında mukayese yapılmıştır. Bu agrega ocaklarından getirilen agregalar ile laboratuvar ortamında betonlar üretilmiştir. Beton üretilirken; su/çimento sabit (0.60) alınmış, 300, 400 ve 500 çimento dozajlarında elde edilen betonların basınç dayanım değerleri karşılaştırılmıştır.

Yapılan agrega ve beton deney değer sonuçlarına göre beton üretimine en uygun değerlerin Karatepe Bazalt agregasına ait olduğu, yine deney sonuçlarına göre diğer agregaların beton üretimi için uygunluğunun sırasıyla Kapaklı Dolomit agregası, Beşiktepe Bazalt agregası, Saray ve Kılıç Kalker agregası olduğu görülmüştür. Ancak yüksek dayanımlı beton üretiminde bu malzemelerin yanında katkı maddeleri kullanılması gerekmektedir.

Anahtar kelimeler: Agregası, Beton, Hazır Beton, Beton Karışım Oranları

ABSTRACT

The Thesis of Master

Research of the Usability of Aggregate in Concrete Production at Tekirdağ Region.

Murat DOĞAN

Namık Kemal University
The Institute of Science Technology
Civil Engineering Major Discipline

Consultant: Assistant Professor Doctor M. Şükrü YILDIRIM

A serious investigation hasn't been done about the usability of aggregate in concrete production which has been removed from stone quarries at Tekirdağ region yet. The production of concrete has been increasing day by day. Directly proportionally with this, new concrete facilities have been built. For satisfying these facilities' needs of aggregate, new quarries have been opening and different types of aggregate have been found. For satisfying the daily production of concrete, concrete production foundations have been using these aggregates without enough researches. For this reason; by taking consideration of present quarries, studies on affect of concrete's strength and determination of usability of aggregate, which effects the quality of concrete, will ensure an important aim of engineering. So with this change in concrete production, the information about determining which are the aggregate foundations and aggregate varieties, their performances' and their economics' at Tekirdağ region will be helpful to this comparison.

In this study of thesis, aggregate samples were taken from five different aggregate quarries which are chosen by ready-mixed concrete facilities at Tekirdağ region, the experiment of sufficiency of aggregate samples were done, the physical and mechanical properties of these aggregates were determined and verification between the aggregates from five different aggregate quarries were done. Concrete was produced at laboratories with aggregates which were taken from these aggregate quarries. While producing concrete; water/cement values were taken stationary (0,60), the concrete's pressure endurance values which were obtained from 300,400 and 500 cement doses were compared.

According to the experiment of aggregate and concrete value results, it was seen that the most suitable value for producing concrete belonged to Karatepe basalt aggregate. It was also seen at the result of this experiment that the other aggregate in turn, which were suitable for producing concrete, were Kapaklı dolomite aggregate, Beşiktepe basalt aggregate, Saray and Kılıç limestone aggregate. But in the production of high strength concrete with these materials, additives must be used.

Key words: Aggregate, Concrete, Ready-Mixed Concrete, Concrete Mixture Ratios.

ÖNSÖZ

Tez çalışmamı hazırlamamda her türlü bilgi, tecrübe ve yardımlarını esirgemeyen, zor zamanlarda bana sabırla yol gösteren danışman hocam Sayın Yrd.Doç.Dr. M. Şükrü YILDIRIM' a, danışman hocam kadar her konuda bilgi ve tecrübesini benimle paylaşan hocam Sayın Yrd.Doç.Dr. İ. Feda ARAL' a ve diğer hocalarıma teşekkür ve saygılarımı sunarım.

Çalışmanın her aşamasında laboratuvar, bilgi, araç ve malzeme desteklerini benden esirgemeyen Çorlu Beton Tesisi müdürü ve personeline,

Malzeme tedarik etmemde yoğun olduğu halde bana yardım eden arkadaşım ve kardeşim Selim BULUT' a,

Ayrıca çalıştığım MSB. Balıkesir İnşaat Emlak ve NATO Enf. Bölge Başkanlığı İnşaat Şube Müdürü Binbaşı Sezai ADAY' a,

Son olarak bu sıkıntılı süreçte beni motive eden eşim Derya DOĞAN ve biricik oğlum Laçinalp' e teşekkürü bir borç bilirim.

Eylül 2008

Murat DOĞAN

SİMGELER DİZİNİ

ASTM C	Amerikan Standardı
BS	Beton Sınıfı
DSİ	Devlet Su İşleri
BK1	Beşiktepe Kırmataş Bölgesi Agregası
BK2	Karatepe Kırmataş Bölgesi Agregası Kuzey
BK3	Karatepe Kırmataş Bölgesi Agregası Güney
KK1	Pınarhisar Bölgesi Agregası
KK2	Saray Bölgesi Agregası
DK1	Kapaklı Bölgesi Agregası
K1	Hıdırağa Mahallesi Yulaflı Köyü İnce Kumu
PÇ	Portland Çimentosu
TS	Türk Standartları
p	Elekten Geçen Malzeme Yüzdesidir
Imk	İncelik Modülü
Ç	Karışımdaki Çimento Miktarı (Kg)
$\delta_{\text{ç}}$	Çimentonun Yoğunluğu (Kg/M ³)
S	Karışımdaki Su Miktarı (M ³)
A ₁	Karışımdaki Kum Miktarı (Kg)
δ_{A_1}	Kumun Yoğunluğu (Kg/M ³)
A ₂	Karışımdaki Taş Tozu Miktarı (Kg)
δ_{A_2}	Taş Tozunun Yoğunluğu (Kg/M ³)
A ₃	Karışımdaki 1 Nolu Kırmataş Miktarı (Kg)
δ_{A_3}	1 Nolu Kırmataşın Yoğunluğu (Kg/M ³)
A ₄	Karışımdaki 2 Nolu Kırmataş Miktarı (Kg)
δ_{A_4}	2 Nolu Kırmataşın Yoğunluğu (Kg/M ³)
H	Karışımdaki Toplam Hava Miktarı (M ³)
Na ₂ SO ₄	Sodyum Sülfat
MgSO ₄	Magnezyum Sülfat

ÖZET.....	I
ABSTRACT.....	II
ÖNSÖZ.....	III
SİMGELERİN DİZİNİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VII
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ.....	4
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	22
3.1. Materyal.....	22
3.1.1. Agregat.....	22
3.1.2. Çimento.....	24
3.1.3. Su.....	25
3.1.4. Kum.....	27
3.1.4.1. Kumun Elek Analizi (Granülometri) Deneyi.....	27
3.1.4.2. Kumun İnce Madde Oranı (Çamurlu Madde) Deneyi.....	28
3.1.4.3. Kumun Özgül Ağırlık, Su Emme ve Gevşek Birim Ağırlık Deneyi.....	28
3.1.4.4. Kumun Organik Madde Deneyi.....	29
3.1.4.5. Kumda MgSO ₄ Çözeltisi İle Don Deneyi.....	29
3.1.4.6. Kumun İnce Agregalarda Kavkı Yüzdesi Deneyi.....	30
3.1.4.7. Kumun Kimyasal Özellikleri.....	30
3.1.4.7.1. Klor – Sülfat İçeriği.....	30
3.1.4.7.2. Alkali – Agregat Reaktivitesi Deneyi.....	30
3.1.4.8. Kumun Mineralojik ve Petrografik Analizi.....	31
3.1.4.8.1. Makroskobik İnceleme.....	31
3.1.4.8.2. Mikroskobik İnceleme.....	31
3.1.4.8.3. X Işınları Difraksiyon İncelemesi.....	32
3.1.5. Çalışmada Kullanılan Araç Gereç.....	33
3.1.6. Metot.....	33
3.1.6.1. Agregat Numunelerinin Alınması.....	33
3.1.6.2. Agregada Fiziksel Özelliklerin Tayini.....	34
3.1.6.2.1. Elek Analizi.....	34
3.1.6.2.2. Agregada Gevşek ve Sıkışık Birim Ağırlık Deneyi.....	35
3.1.6.2.3. İnce Madde Oranı Tayini Deneyi.....	37
3.1.6.2.4. Özgül Ağırlık ve Su Emme.....	38
3.1.6.2.5. Agregat Parçalanma Direncinin Tayini İçin Los Angeles Metodu.....	40
3.1.6.2.6. Agregalarda Ufalanma Deneyi.....	41
3.1.6.2.7. Agregalarda Organik Madde Deneyi.....	42
3.1.6.2.8. Agregaların Na ₂ SO ₄ Çözeltisi İle Don Deneyi.....	43
3.1.6.2.9. Agregalarda Yassılık ve Uzunluk İndeksi Deneyi.....	44
3.1.6.3. Agregada Kimyasal Özelliklerin Tayini.....	47
3.1.6.3.1. Agregalarda Suda Çözünen Klor İçeriği Deneyi.....	47
3.1.6.3.2. Agregalarda Asit Kökenli SO ₃ İçeriği Deneyi.....	49
3.1.6.3.3. Agregalarda Alkali Agregat Reaktivitesinin Kimyasal Yolla Tayini Deneyi... 50	
3.1.6.3.4. Agregaların Mineralojik - Petrografik Analiz Değerleri Deneyi.....	55
3.1.6.4. Araştırmada Kullanılan Agregalarla Oluşturulan Taze Betonlara Yapılan Deneyler.....	55
3.1.6.4.1. Taze Beton İçin Su/Çimento Oranı ve Birim Hacim Ağırlığı Deneyi.....	55
3.1.6.5. Sertleşmiş Beton Deneyleri.....	58
3.1.6.5.1. Tek Eksenli Basınç Dayanımı Deneyi.....	59

3.1.6.5.2. Beton Yüzey Sertliği Yolu İle Yaklaşık Basınç Dayanımı Deneyi.....	62
3.1.6.5.3. Betonda Ultrases Hızı İle Ölçümü Deneyi.....	64
3.1.6.5.4. Hazırlanan Beton Numunelerinin Özgül Ağırlık, Su Emme Deneyi.....	65
3.1.6.6. Karışım Oranları.....	67
3.1.6.7. Deney Numunelerine Ait Betonların Hazırlanması.....	70
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA.....	71
4.1. Agregalar Numuneleri İle Yapılan Deneylere Ait Sonuçlar.....	71
4.1.1. Agregalar Eleme Analiz Deneyine Ait Sonuçlar.....	71
4.1.2. Agregalar Numunelerinde Gevşek ve Sıkışık Birim Ağırlık Deneyi.....	76
4.1.3. Agregalar Numunelerinde İnce Madde Oranı (Çamurlu Madde) Deneyi.....	80
4.1.4. Agregalar Numunelerine Ait Özgül Ağırlık ve Su Emme Değerleri.....	82
4.1.6. Agregalarda Aşınma Dayanımına Ait Sonuçlar.....	87
4.1.7. Agregalarda Organik Madde Tayini Deneyine Ait Sonuçlar.....	88
4.1.8. Agregalar Numunelerinin Na ₂ SO ₄ Çözeltisi İle Don Tayini Deneyine Sonuçlar.....	89
4.1.9. Agregalar Numunelerinde Suda Çözünen Klor İçeriği Deneyi Sonuçları.....	90
4.1.10. Agregalar Numunelerinde Asit Köklü SO ₃ İçeriği Sonuçları.....	91
4.1.11. Agregalar Numunelerine Ait Yassılık ve Uzunluk İndeksi Deneyi Sonuçları.....	91
4.1.12. Agregalar Numunelerinde Alkali Agregalar Reaktivitesinin Kimyasal Yolla Tayini..	93
4.1.13. Agregalar Numunelerine Ait Mineralojik-Petrografik Analiz Değerleri.....	93
4.1.13.1. BK-1 Agregasının Mineralojik - Petrografik Analiz Değerleri.....	94
4.1.13.1.1. Makroskopik İnceleme.....	94
4.1.13.1.2. Mikroskopik İnceleme.....	94
4.1.13.2. BK-2 Agregasının Mineralojik - Petrografik Analiz Değerleri.....	95
4.1.13.2.1. Makroskopik İnceleme.....	95
4.1.13.2.2. Mikroskopik İnceleme.....	95
4.1.13.3. BK-3 Agregasının Mineralojik - Petrografik Analiz Değerleri.....	96
4.1.13.3.1. Makroskopik İnceleme.....	96
4.1.13.3.2. Mikroskopik İnceleme.....	96
4.1.13.4. KK-1 Agregasının Mineralojik - Petrografik Analiz Değerleri.....	97
4.1.13.4.1. Makroskopik İnceleme.....	97
4.1.13.4.2. Mikroskopik İnceleme.....	97
4.1.13.5. KK-2 Agregasının Mineralojik - Petrografik Analiz Değerleri.....	98
4.1.13.5.1. Makroskopik İnceleme.....	98
4.1.13.5.2. Mikroskopik İnceleme.....	99
4.1.13.6. DK-1 Agregasının Mineralojik - Petrografik Analiz Değerleri.....	99
4.1.13.6.1. Makroskopik İnceleme.....	99
4.1.13.6.2. Mikroskopik İnceleme.....	100
4.1.14. Araştırmada Kullanılan Agregaların Kimyasal Analiz Raporları.....	100
4.2. Taze Beton Deneyine İlişkin Sonuçlar.....	103
4.2.1. Taze Beton İçin Su/Çimento Oranı ve Birim Hacim Ağırlığı.....	103
4.3. Sertleşmiş Beton Deneylerine İlişkin Sonuçlar.....	105
4.3.1. Tek Eksenli Basınç Dayanımı Sonuçları.....	105
4.3.2. Beton Numunelerde Yüzey Sertlik Dayanımı ve Ultrases Deney Sonuçları.....	108
4.3.3. Sertleşmiş Betonların Özgül Ağırlıkları ve Su Emme Sonuçları.....	108
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	110
6. KAYNAKLAR.....	114
ÖZGEÇMİŞ.....	127

ŞEKİL DİZİNİ

Şekil 3.1.Çalışmada Kullanılan Agregaların Çıkartıldığı ve Üretildiği Ocakların Yerleri.	24
Şekil 3.2. İdeal Kumun ve Kullanılan Kumun Granülometrik Dağılımı.....	28
Şekil 3.3. Bölgeç (Numune Ayırıcı) (Ölçüler mm.).....	34
Şekil 3.4. Dörde Bölerek Numune Alma (Çeyrekleme).....	34
Şekil 3.5. Elek Analizinde Kullanılan Elek Takımı ve Sarsma Makinesi.....	35
Şekil 3.6. Gevşek ve Sıkışık Birim Ağırlık Deneyinde Kullanılan Aletler.....	37
Şekil 3.7. Özgül Ağırlık Deneyinde Kullanılan Aletler.....	40
Şekil 3.8. Los Angeles Aleti.....	41
Şekil 3.9. Sodyum Sülfat ile Dayanıklılık Tayini Deneyinden Bir Görünüş.....	44
Şekil 3.10. Karışım Oranlarına Göre Hazırlanan Beton Karışımlarının Taze Beton Hazırlanması İçin Mikserde Karıştırılması.....	58
Şekil 3.11. Karışımı tamamlanmış Taze Betondan 15*15 cm Ebatlarında Küp Numune Olarak Hazırlanması.....	60
Şekil 3.12. Kür Havuzuna Yerleştirilmiş Beton Numuneleri.....	61
Şekil 3.13. Tek Eksenli Basınç Aleti.....	61
Şekil 3.14. Schmidt Çekicinde Vuruş Açısı İle Maksimum ve Minimum Mukavemetler Bağlantısı.....	64
Şekil 3.15. Ultrases Aleti.....	65
Şekil 4.1. 300 Çimento Dozajlı Beton Numunesi için Hazırlanan Agregaya Karışımlarına Ait Granülometrik Dağılımı.....	74
Şekil 4.2. 400 Çimento Dozajlı Beton Numunesi için Hazırlanan Agregaya Karışımlarına Ait Granülometrik Dağılımı.....	74
Şekil 4.3. 500 Çimento Dozajlı Beton Numunesi için Hazırlanan Agregaya Karışımlarına Ait Granülometrik Dağılımı.....	75
Şekil 4.4. Taze Beton Deneyi Sonuçları.....	104

ÇİZELGE DİZİNİ

Çizelge 3.1. EN 197-1 CEM I 42,5 R Çimentosuna Ait Fiziksel, Kimyasal, Mineralojik ve Mekaniksel Özellikler	25
Çizelge 3.2. Beton Karma Suyu Olarak Kullanılan Suyu Ait Özellikler.....	26
Çizelge 3.3. Kumun Granülometrisi.....	27
Çizelge 3.4. TS 3530' a göre Beton Kumunun Granülometrisi.....	27
Çizelge 3.5. Kumun Özgül Ağırlık, Su Emme ve Gevşek Birim Ağırlık Oranları.....	29
Çizelge 3.6. Kumda MgSO ₄ Çözeltisi İle Don Deneyi Oranları.....	29
Çizelge 3.7. Kumun Kimyasal Analizi.....	30
Çizelge 3.8. Çakıl Boyutlu Malzemenin Mineral Bileşim ve Model Oranı.....	31
Çizelge 3.9. İnce Boyutlu Malzemenin Mineral Bileşim ve Model Oranı.....	32
Çizelge 3.10. Agregada Organik Maddelerin Durumu.....	42
Çizelge 3.11. Üretilecek Betonların Kodu.....	68
Çizelge 3.12. Kullanılan Beton Numunelerine Ait Karışım Miktarları (1m ³).....	70
Çizelge 4.1. Elek Analizinde Taş Tozuna Ait Sonuçlar (0,25 mm – 31,5 mm).....	71
Çizelge 4.2. Elek Analizinde 1 Numara Kırmataşa Ait Sonuçlar (0,25 mm – 31,5 mm). 71	
Çizelge 4.3. Elek Analizinde 2 Numara Kırmataşa Ait Sonuçlar (0,25 mm – 31,5 mm). 72	
Çizelge 4.4. 300 Çimento Dozluk Beton Numunesi için Hazırlanan Agregaya Karışımlarına Ait Elek Analiz Sonuçları (0,25 mm – 31,5 mm).....	72
Çizelge 4.5. 400 Çimento Dozluk Beton Numunesi için Hazırlanan Agregaya Karışımlarına Ait Elek Analiz Sonuçları (0,25 mm – 31,5 mm).....	73
Çizelge 4.6. 500 Çimento Dozluk Beton Numunesi için Hazırlanan Agregaya Karışımlarına Ait Elek Analiz Sonuçları (0,25 mm – 31,5 mm).....	73
Çizelge 4.7. Taş Tozu, 1 Numara Kırmataşa ve 2 Numara Kırmataşa Ait İncelik Modülleri.....	75
Çizelge 4.8. Farklı Çimento Dozajlı Beton Numunesi için Hazırlanan Agregaya Karışımlarına Ait İncelik Modülleri.....	76
Çizelge 4.9. Agregaya Birim Ağırlık Deneyi Sonuç Değerleri.....	77
Çizelge 4.10. 300' lük Numune için Yapılan Karışımın Birim Ağırlık Deneyi Sonuç Değerleri.....	78
Çizelge 4.11. 400' lük Numune için Yapılan Karışımın Birim Ağırlık Deneyi Sonuç Değerleri.....	78
Çizelge 4.12. 500' lük Numune için Yapılan Karışımın Birim Ağırlık Deneyi Sonuç Değerleri.....	79

Çizelge 4.13. Agregaların Kil, Toprak ve Eriyebilir Parçacıkların Tayini Deneyi Sonuçları.....	80
Çizelge 4.14. 300, 400 ve 500 Çimento Dozajlı Karışımda Kullanılacak Agregaların Kil, Toprak ve Eriyebilir Parçacıkların Tayini Deneyi Sonuçları.....	81
Çizelge 4.15. Karışım Yapılacak Agregaların Özgül Ağırlık Deney Sonuçları.....	83
Çizelge 4.16. 300, 400 ve 500 Çimento Dozajlı Karışımda Kullanılacak Agregaların Numunelerinde Kullanılan Agreganın Ortalama Özgül Ağırlık Deney Sonuçları.....	84
Çizelge 4.17. Araştırmada Kullanılan Agregalara Ait Su Emme Deney Sonuçları.....	85
Çizelge 4.18. 300, 400 ve 500 Çimento Dozajlı Beton Oluşturulurken Kullanılan Agregaların Oranlarına Göre Elde Edilen Ortalama Su Emme Deney Sonuçları.....	86
Çizelge 4.19. Agregaların Aşınma Deneyi Sonuçları.....	88
Çizelge 4.20. Agregaların Organik Madde Deneyi Sonuçları.....	89
Çizelge 4.21. Agregaların Dona Dayanıklılık Deneyi Sonuçları.....	90
Çizelge 4.22. Agregaların Suda Çözünen Klor Miktarı Sonuçları.....	90
Çizelge 4.23. Agregaların Kükürt Miktarı Sonuçları.....	91
Çizelge 4.24. Agregalarında Yassılık ve Uzunluk İndeksi Deneyi Sonuçları.....	91
Çizelge 4.25. Agregalarında Yassılık İndeksi Deneyi Sonuçları.....	92
Çizelge 4.26. Agregaların Alkali Agregat Reaktivitesi Deneyi Sonuçları.....	93
Çizelge 4.27. BK1' e Ait Agreganın Mineral Bileşim ve Model Oranı.....	94
Çizelge 4.28. BK2' ye Ait Agreganın Mineral Bileşim ve Model Oranı.....	95
Çizelge 4.29. BK3' ye Ait Agreganın Mineral Bileşim ve Model Oranı.....	96
Çizelge 4.30. KK1' e Ait Agreganın Mineral Bileşim ve Model Oranı.....	98
Çizelge 4.31. KK2' e Ait Agreganın Mineral Bileşim ve Model Oranı.....	99
Çizelge 4.32. DK1' e Ait Agreganın Mineral Bileşim ve Model Oranı.....	100
Çizelge 4.33. Beşiktepe Taş Ocağından Çıkarılan Kırmataş Malzemesine Ait Kimyasal Analiz Raporu.....	101
Çizelge 4.34. Karatepe Taş Ocağından Çıkarılan Kırmataş Malzemesine Ait Kimyasal Analiz Raporu.....	101
Çizelge 4.35. Pınarhisar Bölgesi Taş Ocağından Çıkarılan Kırmataş Malzemesine Ait Kimyasal Analiz Raporu.....	102
Çizelge 4.36. Saray Bölgesi Taş Ocağından Çıkarılan Kırmataş Malzemesine Ait Kimyasal Analiz Raporu.....	103
Çizelge 4.37. Taze Beton Deneyi Sonuçları.....	104

Çizelge 4.38. Taze Beton Deneyi Sonuçları.....	106
Çizelge 4.39. Bulunan Basınç Dayanımlarına Tekabül Eden Beton Sınıfları.....	107
Çizelge 4.41. Betonların Ultrases Sonuçları.....	108
Çizelge 4.42. Betonların Schmidt Sertlikleri.....	108
Çizelge 4.43. Betonların Özgül Ağırlık ve Su Emme Sonuçları.....	109

1. GİRİŞ

Son yıllarda nüfus artışıyla beraber inşaat sektöründe hızlı bir yükseliş gözlenmektedir. İnsanların yapı ile ilgili ihtiyaçlarına cevap vermek için, en çok betonarme yapı sistemleri kullanılmaktadır.

Betonarme yapıların esas malzemesi olan beton; çimento, doğal ve/veya yapay iri ve ince agrega, su ve gerektiğinde kimyasal ve/veya mineral katkının karıştırılması ile yapılan ve özelliklerinin önemli kısmını çimentonun hidratasyonu ile kazanan bir malzemedir (Anonim 2007). Beton; bileşenleri kolay ve ucuz temin edilebilir olması, kolaylıkla istenilen formda üretilebilir olması, bakım ve onarım maliyetinin alternatif malzemelere göre daha ucuz gerçekleşmesi ve maruz kaldığı zararlı ortam şartlarında performansının yüksek olması gibi özelliklerinden dolayı yaygın kullanılan yapı malzemesi olmuştur (Erdoğan ve Kurbetçi 2003).

İnşaat sektöründe yaşanan hızlı büyüme beton ihtiyacını her geçen gün daha da arttırmıştır. Elle karma şeklinde üretilen beton yerini malzeme bilimindeki, deney tekniklerindeki ve teknolojisindeki yeni gelişmeler ile hazır beton sistemine yönlendirmiştir. Özellikle ülkemizde yaşanan depremlerdeki can kayıplarından sonra, beton kalitesinin artırılabilmesi için teknoloji şartlarını sağlayan ve standartları yakalayan hazır betona önem daha fazla verilmiş ve 2000 yılından sonra özellikle Marmara Bölgesi başta olmak üzere Türkiye'nin diğer bölgelerinde çok sayıda hazır beton santralleri hızla kurulmuştur.

Betonun yapısında % 65-75 oranında mineral yapılu küçük tanelerden oluşan agrega malzemesi bulunmaktadır. Betonun iskeletini oluşturan agrega; betonun işlenebilirliği, dayanım ve geçirgenlik değerleri gibi özellikleri üzerinde etkili olmaktadır (Bayazit 1998).

Beton üretiminde en fazla oranda bulunan agrega iri ve ince olmak üzere iki çeşittir. İri agrega; 4-63 mm boyutlarında olan çakıl, kırmataş (mıcır)' dır. İnce agrega ise 0-4 mm boyutlarında olan kum ve kırma kum (taş tozu)' dur (TS 706). Agrega betonda; ucuz olduğundan, betonun dayanımını ve dayanıklılığını artırdığından, çimento hamurunun priz ve sertleşme esnasında ve nem değişikliği sırasında gösterdiği hacim değişmesini azalttığı için kullanılır.

İnce ve iri agrega betonda çimento gibi bağlayıcı malzemelerle karıştırılıp sertleştiğinde masif (içi dolu olan, som) bir kütle meydana getirir. Agrega, bağlayıcı malzeme ve karışım oranlarının farklılıklarına göre inşaat sektöründe farklı yerlerde kullanılmaktadır. Beton asfalt malzemesi olarak, beton boru üretiminde, harç ve sıva olarak kullanılmaktadır.

Betonarme yapı ihtiyacından dolayı beton üretim tesislerinin hızla artması, bu tesislerin agrega ihtiyaçlarının karşılanması için yeni agrega ocaklarının açılmasına da sebep olmuştur. Beton üretim tesislerinin birçoğu agrega ihtiyacını karşılarken daha çok kendilerine yakın ve ucuz malzemeyi tercih etmekte oldukları görülmektedir. Çoğu kez bu agregaların beton için uygun olup olmadığı tam olarak araştırılmadan kullanılmaktadır. Bu durumda özellikle ekonomi düşünüldüğü için kalite ikinci plana itilmektedir. Oysa agrega betonun taşıyıcı iskeletini oluşturduğundan dolayı oldukça önemlidir.

Betonda kullanılacak agreganın tane dağılımının üniform olması, beton karışım hesapları ve kaliteli beton için zorunludur. Beton agregası hem şartnamelerde gösterilen sınırlara uygun olmalı, hem de mevcut agrega ile elde edilecek en iyi derecelenmeyi temsil etmelidir. Beton karışım hesaplarında agrega karışımının granülometrisi daima sınırlandırılır. Bu sınırlandırma en sıkı doluluktaki agrega granülometrisi ile elde edilebilecek daha ekonomik ve daha nitelikli beton üretimine yöneliktir. Granülometri betonun basınç dayanımını etkileyen en önemli etkidir (Murlin ve Wilson 1952). Ancak birçok beton üretim tesisi tip malzeme için birkaç beton karışım reçetesi oluşturmakta sürekli bunları kullanarak beton üretmektedir. Agreganın çıkarıldığı ocak malzemesindeki tabaka farklılıkları, kırıcı cinsi, çevresel etkiler (yağmur... vb.) gibi etkiler göz önüne getirilmemekte olup, agregalar için sürekli deneyler yapılmamakta ve bu etkilerden dolayı değişen agrega değerlerine göre yeni beton karışım reçeteleri oluşturulmamaktadır.

Agreganın fiziksel karakteristikleri, granülometrisi, kompozisyonu, kimyasal yapısı beton üzerinde önemli etkiye sahiptir. Bundan dolayı üretim tesisleri beton üretiminde ekonomiden önce kaliteye önem vererek beton için önemli bir bileşen olan agrega malzemesinin fiziksel, kimyasal ve mekanik özelliklerini yeterince bilmeleri gerekir. Ayrıca temin edecekleri agrega ocaklarını sık sık incelemelidirler.

Bu çalışmada; Tekirdağ yöresinde bulunan agrega malzemelerinin özellikleri ve beton üretimindeki yeterliliği incelenmiştir. Bu yörede, beton üreten hazır beton tesislerinin beton

üretiminde kullandıkları agregayı temin ettikleri en büyük rezervlere sahip olan agrega ocakları araştırılmıştır. Bu malzeme ocakları; Tekirdağ, Çorlu – Karatepe Kırmataş Ocağı, Tekirdağ, Merkez – Beşiktepe Kırmataş Ocağı, Saray, Kavacık – Kırmataş Ocağı, Tekirdağ, Kapaklı – Kırmataş Ocağı, Tekirdağ, Pınarhisar arasında bulunan Kırmataş Ocaklarıdır. Bu agrega ocaklarından üretilen agrega malzemeleri, Tekirdağ ve yöresinde inşa edilen betonarme yapılardaki betonların üretiminde kullanılmaktadır. Bu ocaklardan elde edilen agregaların özelliklerinin beton bileşimindeki kalite ve kantite (nicelik) fonksiyonunun saptanması ve yöredeki uygulamacılara kullandıkları agrega çeşidine göre uygun beton bileşim detayları sunulması amaçlanmıştır. Bu çalışma; Tekirdağ yöresindeki mevcut beton agrega ocaklarından elde edilen agregaların beton üretiminde kullanılabilirliğine, kullanılırsa hangi malzeme hangi ölçüde kullanılması gerektiğine ve beton agregalarının en ekonomik şekilde nasıl kullanılacağına ışık tutacaktır.

Bu çalışma kapsamında araştırılan agrega ocaklarından temin edilen agregaların fiziksel ve mekanik özelliklerini TSE 706 - TSE 500' de belirtilen agrega ve beton standartlarına tabi tutularak; elek analizi (tane büyüklüğü dağılımı), agregada gevşek ve sıkışık birim ağırlığı, 200 no' lu elekten geçen yıkanabilir malzeme miktarı, özgül ağırlığı ve su emmesi, agrega aşınma direncinin tayini için Los Angeles metodu, NaSO₄ veya MgSO₄ ile dona dayanıklılık tayini, organik madde içeriği, kimyasal analizi, yassılık ve uzunluk indeksi, tane şekli, don deneyi, mineralojik – petrografik analizi, alkali – agrega reaktivitesi deneyleri yapılmış ve bulunan sonuçlar Çizelge ve grafikler ile sunulmuştur. Fiziksel, kimyasal ve mekanik özellikleri belirlenen agregalar ile gerekli beton karışım hesabı yapılarak 300, 400 ve 500 çimento dozajlı beton numuneleri üretilmiştir. Üretilen bu beton numuneleri üzerinde, basınç dayanımı, betonda ultrases hızı ile ölçümü, özgül ağırlığı ve su emmesi deneyleri yapılmıştır. Deneysel çalışmalardan elde edilen sonuçlar çizelge ve grafik şeklinde standart değerleriyle beraber sunulmuştur.

Bu çalışma 5 bölümden oluşmuş olup, ilk bölümünde çalışmanın önemi ve amacı hakkında genel bilgiler verilmiştir. İkinci bölümde konuyla ilgili olarak yapılan çalışmalara değinilmiş, üçüncü bölümde çalışma için belirlenen agregalar tanıtılarak çalışmada uygulanmış olan agrega ve beton deneyleri açıklanmıştır. Dördüncü bölümde bir önceki bölümde açıklanan deneyler uygulanarak deneyler sonucunda elde edilen veriler ortaya konmuştur. Son bölüm olan beşinci bölümde ise sonuçlar değerlendirilerek, öneri ve belirlenen sorunların çözüm yolları sunulmaya çalışılmıştır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Tekirdağ yöresinde bulunan hazır beton santralleri beton üretiminde, genelde volkanik kökenli kayalardan bazalt ve andezit ile sedimanter kökenli kayalardan ve kalker kökenli kireçtaşı, dolomit ve kalsit, agrega olarak kullanılmaktadır. Dünyada ve ülkemizde beton agregaları üzerine yapılan farklı amaçlara yönelik çok sayıda araştırma bulunmaktadır. Bu çalışma yapılırken dikkatle alınan literatürler aşağıda sıralanmıştır.

Paeckelman (1938), Trakya serisinin primer derecelenme gösterdiğini, Trakya formasyonunun denizel kökenli olduğunu, Trakya formasyonu üyesi olan Çamurluhan şeyl ve konglomeralarının orta devoniyen yaşlı olduğunu belirtmiştir.

Pamir ve Baykal (1947), Istranca dağlarında yaptıkları çalışmalarında ketamorfik kayaları; a) Kırklareli gnaysı, b) Fatmakaya gnaysı, c) fillat, guvarsit ve mihalı şistler, d) mermer, olarak ayrı ayrı haritalamış ve tümünün Alt Kambriyen yaşında olduğunu belirtmişlerdir. Bu çalışmada asıl inceleme konusu olan Eosen yaşlı resifal kireçtaşından “Resifal Kalker Seviyeleri” olarak bahsedilmiştir.

Keskin (1966), Pınarhisar resif karmaşığını, doktora tez konusu olarak çalışılmış ve Kırklareli kireçtaşının stratigrafi aşamasını üyeden formasyona yükseltmiştir. Ayrıntılı mikrofasiyes incelemesi sonucunda bu birimdeki paleotopografya şekilleriyle yakından ilgili olan kalınlığın bir yerden başka bir yere oldukça değiştiğini ve dört çeşit ortamda çökeldiğini ortama koymuştur.

Esenli (1999), Tekirdağ bölgesindeki (Trakya) bazaltik volkanitler içerisinde üst mantonun birer parçası olarak düşünülen harzburjit ve dunit türü peridotit ksenolitler saptamıştır. Bazaltik lavlar petrografik olarak başlıca plajiyoklaz, olivin, ojit, manyetit ve nadir hipersten bileşimli birincil parajeneze ve lokal olarak önemli oranlarda olabilen ikincil minerallere sahip olivinli bazaltlardır. Jeokimyasal açıdan ise alkali bazalt, trakibazalt ve bazanit kaya türlerine karşılık gelirler. İçerisinde peridotit ksenolit saptanmış Hacıköy ve Balabanlı bazalt örnekleri ile peridotit ksenolitlerin bulunmadığı Muratlı bazalt örnekleri arasında ana ve iz element içerikleri açısından da farklılıklar vardır. Olivin (forsterit), enstatit, Cr-spinel ve nadir diyopsit bileşimli peridotit ksenolitler tipik olarak protogranüler, kısmen geçişli olarak porfiroklastik dokulu olup, magmatik dokuları büyük ölçüde korunmuştur.

Foliasyon ve lineasyon göstermezler, iri ve çok iri taneli, kavisli tane sınırlıdırlar. Mekanik etkiyi işaret eden, ikizlenme benzeri, bantlanmalar ve deformasyon lamelleri olivin ve piroksenlerdeki özelliklerdir. Peridotit ksenolitlerin ana elemanları arasında orijinal mantonun kısmî ergimesini ifade eden ilişkiler bulunur. Ancak, ergime derecesi muhtemelen düşüktür. Metasomatizmadan etkilenmemişlerdir ve primitif mantoya göre bir miktar tüketilmiş bileşim gösterirler. Tekirdağ kuzey ve kuzeybatısında Hacıköy, Osmanlı, Muratlı ve Balabanlı yörelerindeki bazaltik volkanitler alkali bazalt, trakibazalt ve bazanit türü oluşumlarıdır ve levha içi tektonik yerleşimlidirler. Petrografik olarak olivinli bazalt adlanması yapılabilecek örnekler genelinde; plajiyoklaz, monoklinik piroksen ve olivin başlıca, ortorombik piroksen, amfibol ve opak mineraller ise az oranlarda bulunan fenokristalleri, az oranda volkanik cam ve önemli oranda mikrolitler ise hamuru meydana getirmişlerdir. Gerek birincil minerallerden itibaren, gerekse boşluk dolgusu şeklinde gelişmiş çeşitli oluşumlar ise ikincil mineralleri oluştururlar. Genel doku mikrolitik porfirik ve intersertal geçişlidir. Optik mikroskopta, piroksen ve olivinlerde yeşil renkli ve muhtemel titanca zengin pembe renkli zonlanmalar izlenir ve bunlar diferansiye olmuş magma ile birincil magmanın karışımına ait bir veri olarak yorumlanmıştır.

Ramsay ve ark. (1974), farklı kökenli malzemelerden üretilen kırmataşlar üzerine yaptıkları bir çalışmada, kayaçların petrografik özellikleri ile bunlardan elde edilen kırmataşların şekillerinin agrega kırılma ve darbe dayanımlarını önemli oranda etkilediğini belirtmişlerdir.

Fookes (1980), bağlayıcılar ve agregalar üzerine yaptığı çalışmada, çimento türlerinin, betonda kullanılacak agregaların oranlarının ve betonu oluşturan malzemelerin özelliklerinin önemine değinmiştir. Agregaların fiziko-mekanik özelliklerinin betonun dayanımına ve durabilitesine olan etkilerini tartışmıştır. Agregalar üzerinde yapılan inceleme ve deneyleri tanıtarak, betondaki önemine ayrıca değinmiştir. Betonda kullanılması düşünülen agregalar için agrega özelliklerine ait limit değerlerini hangi sınırlar arasında olması gerektiği yönünde değerlendirmelere yer verilmiştir.

Kasar (1987), TPAO adına hazırladığı “Kuzey Trakya Bölgesi'nin Jeolojisi” adlı raporunda, birim ayıklaması yapmış ve bölgenin hidrokarbon potansiyeli hakkında görüşlerini ortaya koymuştur.

Uğurlu (1989)'a göre beton karışım oranları yapılırken agrega granülometrisinin ayarlanması bir zorunluluk olarak ortaya çıkmaktadır. Agrega tanelerinin dağılımı en iyi şekilde granülometri eğrileriyle gösterilebilir. Eğer granülometri eğrisi istenilen şartları sağlamazsa agrega içerisinde su buharlaşarak dona karşı zayıf, geçirgenliği yüksek ve boşluklu bir beton olmasına neden olur. Bu durumda agrega beton yapımında kullanılamaz. İncelik modülü, agreganın granülometri bileşimi hakkında fikir vermektedir. İncelik modülünün standartlara göre 4.20 – 5.48 değerleri arasında olması gerekir.

Al-Jassar ve Hawkins (1991), Bristol' e yakın olan kireçtaşı ocaklarından derledikleri numuneler üzerinde petrografik, kimyasal ve mineralojik analizler yapılmışlardır. Örneklerin daha sonra tek eksenli basınç dayanımlarını belirlemişlerdir. Elde edilen verilere göre kireçtaşlarının litolojik özelliklerinin dirençlerini etkilediğini, özellikle alkali-karbonat reaksiyonunun direnci önemli oranda düşürdüğü vurgulanmıştır.

Fookes (1991), ayrışmanın kayaların agrega olarak kullanılma özelliklerini önemli oranda etkilediğini belirtmiştir. Araştırmacıya göre, kayaların mühendislik özellikleri ve agrega darbe dayanımları agrega olma niteliklerini belirleyici önemli bir parametredir.

Cebeci (1991), agreganın maksimum dane çapı 32 mm ve 16 mm olan Adana yöresinde üretilen doğal agregalar ve aynı yörede üretilen çimentolar kullanılarak üretilen betonlar için su/çimento-mukavemet ilişkisini deneysel olarak belirlemeye çalışmıştır. Ayrıca elde edilen sonuçları TS 802 Çizelge 5. ve Amerikan, Alman standartlarının ilgili çizelgelerinde verilen değerler ile karşılaştırmıştır.

Edet (1992), kayaların agrega olarak kullanım özelliklerini, fiziksel özellikleri ile bünyesindeki mikro çatlakların kontrol ettiğini vurgulayarak, özellikle patlatma ile üretilen agregalarda bu duruma dikkat edilmesi gerekliliğini vurgulamıştır.

Ercan (1992), Trakya yarımadasında Üst Eosenden başlayarak çeşitli evrelerle Pliyosenin sonuna değin devam eden Senozoyik volkanitlerinde jeokimyasal çalışmalar yapmış ve volkanizmanın bölgesel yayılımı araştırmıştır. Bölgede Üst Eosen - Üst Oligosen arasında yüzlekler veren volkanitler kalkalkalen ve yüksek potasyumla kalkalkalen nitelikte olup çoğunlukla kabuksal köken ağırlıklıdır ve bir çarpışma zonunda meydana gelmişlerdir. Üst miyosende kabuk ve manto karışımı, şoşonitik nitelikli melez bir volkanizma oluşmuştur.

Pliyosen'de ise manto köken ağırlıklı ve alkali nitelikli bazaltik volkanitler meydana gelerek Trakya'daki volkanik evrim tamamlandığı belirtilmektedir.

Erdoğan (1992), alkali-karbonat reaksiyonun gelişim mekanizması ve nedenlerini incelediği çalışmada; alkali-dolomit ve alkali-kalsit reaksiyonlarını araştırmış, kalsit minerallerinden oluşan agregalarda, alkali-karbonat reaksiyonu kısa sürede iyon dengesine ulaştığı için betonda herhangi bir tahribatın olmadığı, alkali-dolomit reaksiyonunda ise tane ya da kristal boyutunun 50 mikrondan daha küçük ve porozitenin % 8' in üzerinde olması durumunda reaksiyon gelişim hızının yüksek olduğunu tespit etmiştir. Alkali-karbonat reaksiyon hızının ortamın nemine, sıcaklığına ve pH değerine göre arttığı veya azaldığı, reaktif kayaç agregalarının alkali oranı düşük çimentolarla kullanılması durumunda riskin ortadan kalktığı, agrega boyutlarının iri tutulmasının da yararlı etkileri olduğunu vurgulamıştır.

Williams ve Mc Namara (1992), farklı bileşimdeki kireçtaşları üzerinde yaptıkları bir araştırmada, kireçtaşlarındaki bileşim değişimlerinin bunların dirençlerini önemli oranda etkilediğini vurgulamışlardır.

Erdoğan (1993), İstanbul ve yöresinde yapay agrega potansiyelini araştırmıştır. Bölge kayaçlarının agrega özelliklerini incelemiş ve farklı kırıcı tiplerinin agrega kalitesine olan etkilerine değinmiştir. Yapılan araştırmalar sonucunda tane boyu küçülmesi sonucunda kusurlu tane oranlarının arttığını ortaya koymuştur.

Akpokodje ve Hudec (1994), granit, gnays ve kumtaşları üzerinde yaptıkları araştırmalarda bu kayaçların mineralojik ve fabrik özelliklerinin yanı sıra, ayrışma ürünlerinin mühendislik özellikleri ile agrega olma özelliklerine etkisini ortaya koymuşlardır.

İrfan (1994), granitik kayalardan elde edilen kırma taşlar üzerinde yaptığı araştırmalarda granitlerin petrografik özellikleri ile fiziko-mekanik özelliklerinin agrega özelliklerini önemli oranda etkilediğini vurgulamıştır.

Uribe ve Afif (1994), kireçtaşlarının beton agregası olarak kullanım özelliklerini araştırmışlardır. Ayrışma sonucu gelişen, erimeyen maddelerin agrega kalitesini etkilediğini ve bunların ince madde oluşumunu artırdığını belirtmişlerdir. Ayrıca; beton agregası olarak

kullanılacak malzemelerin % 4~5' ten fazla kil minerali içermemesi gerektiğini vurgulamışlardır. Kil oranının yüksek olması betonda dayanım kaybına neden olduğunu ifade etmişlerdir.

Özyürek (1995), Kırıkkale Kızılırmak nehrinden alınan agreganın fiziksel ve mekanik özelliklerini belirlenmiş ve bu agregaya kullanılarak üretilen farklı granülometri bileşimi ve çimento dozajına sahip betonların su yapılarında kullanılabilirliklerini araştırmıştır. Bu amaçla agregaya numuneleri üzerinde TS' ye göre yapılan deneylerle agreganın uygunluğu saptanmış ve bu agregaya ile üretilen farklı ortamlarda olgunlaştırılan betonlar üzerinde yine TS' ye uygun olarak birim ağırlık, özgül ağırlık ve su emme oranı ile basınç dayanımı deneyleri yapılarak, sonuçlar birbirleriyle karşılaştırılmıştır. Beton numuneler ayrıca beton test tabancası ve ultrason cihazı yardımıyla test ederek basınç dayanımları birleşik tahribatsız yöntemle karşılaştırılmıştır. Agregaya granülometri birleşimi ve su/çimento oranı ile olgunlaştırma ortamının beton özellikleri üzerine etkisinin önemli olduğu belirlenmiştir.

Yıldırım (1995), normal ve hafif agregalı betonlarda agregaya hacim konsantrasyonunun betonun kısa süreli elastik ve elastik olmayan mekanik davranışına etkisini araştırmıştır. Üretilen betonlarda en büyük agregaya boyutu, granülometri ve su/çimento oranı sabit tutularak agregaya hacim konsantrasyonunu değiştirmiştir. Disk yarma deneyleri yardımıyla betonların şekil değiştirme kapasitelerini ölçmüş ve agregaya konsantrasyonunun bu dolaylı çekme halindeki şekil değiştirme kapasitesine etkisi incelemiştir. Basınç halindeki tepe noktası öncesinde yükleme ve boşaltma yapılarak normal agregalı betonların gevreklik indisleri de bulmuş ve bulunan değerlere agregaya konsantrasyonundaki değişmelerin etkisini araştırmıştır. Kırmataş agregalı betonlarda, agregaya konsantrasyonunun zamana bağlı davranışa etkisini, rötre ve sünme deneyleriyle incelemiştir.

Yıldırım (1995), sertleşmiş betonların elastik modülleri iki fazlı bir kompozit malzeme modeli yardımıyla hesaplamış ve elde edilen sonuçların deneysel değerlere yakın olduğunu bulmuştur. Agregaya konsantrasyonundaki artışın çakıllı normal ve pomza taşı agregalı hafif betonlarda, süreksizlik sınırındaki Poisson oranını düşürdüğü, kırmataşlı normal betonlarda ise bu oranın bir minimumdan geçtikten sonra arttığı görülmüştür. Agregaya konsantrasyon artışı tüm betonların basınç dayanımındaki birim kısalmalarını ve kırılma-şekil değiştirme işlerini azalttığını gözlemlenmiştir. Agregaya konsantrasyonundaki artışın kırmataş ve çakıl agregalı betonların yarma-çekme dayanımını arttırdığını, buna karşın hafif agregalı

olanlarinkini düşürdüğünü, çekme şekil değiştirme kapasitesini ise azalttığını bulmuştur. Normal agregalı betonlarda, agrega hacim konsantrasyonu arttıkça gevreklik indislerinin başlangıçta azaldığını ve bir minimumdan geçtikten sonra arttığını saptamıştır. Gevreklik indisi değerlerinin silindir basınç mukavemetlerindeki artma ile belirgin biçimde arttıgıda görülmüştür.

Gutierrez ve Canovaz (1996), yüksek dayanımlı betonlarda malzeme seçimi ve karışım oranları için bazı öneriler geliştirmişlerdir. Altı farklı agrega kullandıkları çalışmalarında agreganın beton kıvamı ve dayanımına etkilerini incelemiştir. Betonun kıvamını en çok etkileyen temel agrega özelliği su emmesidir. Agreganın su emmesi işlenebilmeyi azaltır. Agregaların su emmelerinin yakın olması durumunda işlenebilmeyi etkileyen diğer faktörler ise tane şekli, granülometrisi, maksimum tane boyutu gibi özellikleridir. Araştırmacılar, mekanik özellikleri birbirine yakın iki tip agregadan kireç taşı ile üretilen betonun daha iyi sonuç verdiğini görmüşlerdir. Bunun nedeni olarak da kireçtaşı agregasının çimento hamuru ile arasındaki iyi epiktaksi bağı göstermişlerdir.

De Larrard ve Belloc (1997), beton sınıfına göre agrega tercihinin yapılabileceğini, normal ve yüksek dayanımlı betonda agrega sınıfının değiştirilerek daha iyi sonuçlar elde edilebileceğini belirtmişlerdir.

Özturan ve Çeçen (1997), farklı dayanımdaki betonların mekanik özelliklerine iri agrega tipinin etkileri konusunda araştırmalar yapmışlardır. Çalışmalarında betonun 28 günlük basınç dayanımları 30, 60 ve 90 MPa, su/çimento oranı 0,58; 0,40; 0,30 olan üç beton karışımı hazırlamışlardır. Bu karışım için iri agrega malzemesi olarak bazalt, kireçtaşı ve iri kum (çakıl) kullanmışlardır. 28 günlük test sonuçlarına göre en yüksek dayanımlı betonu bazalt ürünleri göstermiş, en düşük dayanımı ise kalker kökenli iri kum agregaları vermiştir. Normal dayanımlı betonlar için hazırladıkları karışımlar sonucunda bazalt ve çakıllar benzer dayanım verirken, kireçtaşları biraz daha yüksek dayanım vermiştir. Hazırlanan betonlar üzerinde yapılan çekme deneyleri sonucunda en yüksek çekme dayanımı bazalt ve kireçtaşı agregası kullanılarak hazırlanan betondan elde etmişlerdir.

Tokyay (1998), yüksek dayanımlı betonlar üretmek için yaptığı çalışmada dere çakılı, granit diyabaz ve kireçtaşı kullanmıştır. Kullandığı agregalar arasında basınç dayanımı en düşük kayaç olarak bilinen kireçtaşı ile yapılan betonlar en yüksek dayanımı elde etmiştir.

Taşdemir (1998), iki farklı tür kireçtaşıyla yaptığı çalışma da beyaz kireçtaşı içeren betonun, gri kireçtaşı içerenlere göre daha yüksek dayanım gösterdiğini belirlemiştir. Bu durumu beyaz kireçtaşının elastik olarak daha uyumlu olmasına ve agrega-matris yüzeyinde daha üniform gerilme dayanımları oluşturmasına bağlamıştır. Beyaz kireçtaşı gri kireçtaşından daha çok su emmektedir. Hidratasyon sırasında bu su ara yüzeyde kullanılmakta bunun sonucunda ise agrega çimento hamuru arasındaki bağın iyileşmesi ile beton dayanımını da artırdığı ve beyaz kalkerin mineralojisinin de bu sonuçlarda etkili olabileceği belirtmiştir.

Tasong ve ark. (1998;1999), beton agregası olarak kimyasal özellikleri farklı, bazalt, kireçtaşı, silis kumu ve kuvarsit gibi değişik malzemeler üzerinde çalışmışlardır. Yapılan çalışmalar sonucunda seçilen örneklerin çimento pastasıyla kimyasal etkileşimlerinin birbirinden farklı olduğunu ortaya koymuşlardır. Araştırmacılar çalışmalarında, agrega yüzeyindeki çimentonun kimyasal rolünü belirlemeyi hedeflemişlerdir. Agrega-çimento pastası ara yüzey geçiş zonu bölgesi "ITZ" olarak tanımlamışlar ve bunun betonda en az bilinen bir özellik olduğunu belirtmişlerdir. Araştırmacılar bu özelliğin betonun mekanik özellikleri ile durabilite performansını etkilediğini ifade etmişlerdir.

Erdoğan (1999), İstanbul'un batı yakasındaki yaygın kentleşmenin bir sonucu olarak, nitelikli agrega üretimine uygun malzeme yataklarının yerleşim alanlarının içinde kaldığını ifade etmişlerdir. Bu yüzden, gerekli talebi karşılamak üzere kentin uzağındaki potansiyel alanlar değerlendirilmeye başlanmıştır. Kırklareli masifinin batı uzantısı bu anlamda önem kazanmaktadır. Kırklareli masifinin güneydoğu eteğinde ve Safaalanı (Saray) yakınlarında açığa çıkan paleozoyik yaşlı Koruköy formasyonu içindeki amfibolit şistler üzerinde yapılan laboratuvar deneylerine yer vermiş ve sonuçlar agrega standartları yönünden tartışmıştır. Ayrıca farklı kırıcılardan geçirilerek elde edilen agrega geometrisi üzerindeki kırıcı türü etkisi incelemiştir. Araştırma verilerinden, amfibolit şistlerin agrega üretimine uygun olduğu ve en olumlu tane geometrisinin konik kırıcıdan sağlanabileceği sonucuna varılmıştır.

Özcan (1999), yaptığı bir çalışmada, Niğde bölgesindeki yapı malzemeleri ile üretilen betonlar ve bu betonların özelliklerini incelemiştir. Araştırmada, Niğde ilinde hazır beton üreten fabrikalarda kullanılan malzemeler ile üretilen betonların özelliklerini karşılaştırmak amacıyla yeni kullanıma açılan ocaklardan alınan malzemeler ile yapılan betonların özellikleri araştırmıştır. Aynı zamanda Niğde bölgesindeki hafif beton malzemeleri olan pomza ve

perlitin beton üretiminde kullanım imkânları da bu araştırmanın kapsamına girmiştir. Çalışma sonucunda elde edilen deney sonuçları ve öneriler sunulmuştur.

Poitevin (1999), kireçtaşı agregaları kullanılarak üretilen betonların kullanılabilirliğini ve dayanıklılığını incelemiştir. Kireçtaşı agregalarının betonda kullanılabilirliğinin en önemli ölçütlerinden birinin Los Angeles aşınma dayanımı olduğunu belirtmiş ve alkali-agrega reaksiyonu tehlikesi nedeniyle detaylı ve sistematik incelemeler yapılması gerektiğini vurgulamıştır. Ayrıca düşük su emme değerine sahip agregalar kullanılması durumunda yüksek dayanımlı beton elde edilebileceğini ifade etmiştir.

Uz (1999), bazaltların kırmataş olarak bina ve yol yapılarında kullanılmasının kalite ve dayanımı artırdığını; örneğin, basınç dayanımını 2000 - 2500 kg/cm² yükselttiğini belirtmiştir. Trakya - Tekirdağ bölgesi bazaltlarının kırmataş malzemesi olarak değerlendirilmesi amaçlı incelemede, yapılan jeolojik, petrografik, kimyasal ve teknolojik deney verileri; birim hacim ağırlığının 2.85 - 3.00 gr/cm³, boşluk ve su emme oranlarının % 0,1 - 0,2 civarında, basınç dayanımının ise ortalama 1250 kg/cm² nin üzerinde olduğu saptanmıştır. İnceleme alanı civarında yer alan ocaklardan üretilen bazalt - kırmataşların kaliteli ve beton üretimine kullanımının çok uygun olduğu görülmüştür. Sivritepe bazaltlarının yaklaşık 20 milyon m³ görünür jeolojik rezervle çevre için önemli bir kaynak olduğu anlaşılmıştır.

Wakizaka (2000), Japonya' da agregalar olarak kullanılan kayaların alkali-silis reaksiyonunu belirlemek için çalışmalar yapmıştır. Çalışmalarının sonucunda; reaksiyon oluşturan agregalar arasında andezit, riyolit, tüf, dasit, bazalt, şeyl, çört ve bazı kumtaşlarının olduklarını belirtmiştir. Volkanik kayalardaki reaksiyonu kristobalit tridimit ve volkan camı, sedimanter ve metamorfik kayalardaki reaksiyonu ise kristalizasyon ve kuvars içeriğinin kontrol ettiğini belirtilmiştir.

Kırca (2001), Isparta-Sütçüler ilçesi Menteşe bölgesinde bulunan tahminlere göre 150.000 m³ rezerve sahip çakıl agregalar potansiyelinin değerlendirilmesi amacıyla yaptığı çalışmada, özellikle mevcut agregalar ocaklarına uzak bölgelerde bulunan agregaların beton imalinde kullanılıp kullanılmayacağını incelemiştir. Çalışmada, bölgedeki farklı yerlerden alınan örnekler üzerinde gerekli agregalar ve beton deneyleri yapılmış ve sonuçta, bu çakıl

ocasının işletmeye açılarak değerlendirilmesinin yöre açısından büyük bir kazanç olduğu sonucuna varılmıştır.

Smith ve Collis (2001), agregalar üzerine hazırladıkları kitapta; özellikle İngiltere olmak üzere çeşitli Avrupa ülkelerinin agregaları hakkında özet bilgiler vermişlerdir. Araştırmalarında, özellikle agregalar üzerinde yapılan araştırma ve deneylere yer vermişlerdir. Agregalar kullanım alanlarına göre ayrılmış ve değerlendirmeler de kaya çeşidine göre yapılmıştır.

Osma (2002), “ Barit İle Elde Edilen Ağır Betonun Fiziksel ve Mekanik Özellikleri ” adlı çalışmada, Isparta Atabey ilçesinden elde edilen normal agrega ile Şarkikaraağaç bölgesinden çıkartılan barit agregasını beton üretiminde kullanmıştır. Bu agregalar kullanılarak elde edilen beton numuneleri üzerinde deneyler yapılarak, fiziksel ve mekanik özellikleri belirlenmeye çalışılmıştır. Deneysel çalışmalarda Atabey agregası ve barit agregasının elek analizi deneyi yapılmış ve incelik modülleri tespit edilmiştir. Bulunan değerlerin standart değerler dışında olduğu gözlemlenmiş ve iyileştirme yapılmıştır. İyileştirilmiş agregalar üzerinde deneyler yapılmıştır. Atabey ve barit agregalarından ayrı ayrı 250, 300 ve 350 çimento dozajı kullanarak altı seri beton numuneler üretilmiştir. Ayrıca 250, 300 ve 350 çimento dozajlı Atabey ve barit agregalarından % 50 oranlarında farklı karışımlar oluşturularak dokuz seri beton numune üretilmiş ve 28 gün sonra deneylere tabi tutulmuştur. Çalışma neticesinde, deneysel bulgular sonucu elde edilen değerlerden 250 dozajlı Atabey ve barit agregasından üretilen beton numuneleri ile 250 dozajlı karışık agregalı beton numunelerinin kullanılamayacağı saptanmıştır. Diğer beton numunelerinin ise standart değerler içinde olduğu tespit edilmiştir.

Savaş (2002), atık betonların geri kazanımı amacıyla yaptığı çalışmasında, deprem ve imar yüzünden yıkılan binaların oluşturduğu atık betonların agrega olarak kullanılması ile maliyet ve çevresel nedenlerin oluşturduğu sakıncaların azaltılmasını amaç edinmiştir. Araştırmada agrega olarak, Isparta ili Atabey ilçesindeki mevcut kum-çakıl ocaklarından çıkarılan doğal agrega, İzmit-Gölcük’te meydana gelen deprem sonucu oluşan beton atıkları ve Isparta ili merkezinde imar yüzünden yıkılmış binalardan temin edilen beton atıkları kullanılmıştır. Bu agregalarla beton numuneleri hazırlanmış ve standartlarla kıyaslanmıştır. Bu beton numunelerinden elde edilen bulguların standartlara uygun sonuçlar vermemesi nedeniyle, atık betonlardan elde edilen agregalar farklı oranlarda normal beton agregası ile

karıştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar, gerek İzmit-Gölcük'te yıkılan binalara ait deprem atıkları ve gerekse Isparta yöresinde imar yüzünden yıkılmış olan bina atıklarının taşıyıcı beton agregası olarak kullanılamayacağını göstermiştir. Bu agregaların ancak taşıyıcı olmayan betonlarda, grobetonlarda, koşu ve bisiklet yolu betonlarında ve stabilize yol dolgularında kullanılmasının uygun olacağı sonucuna varılmıştır.

Yıldırım ve Yılmaz (2002), Sivas ili Yıldızeli ilçesinin doğusunda yer alan Yıldız Irmağı çökeltilerinin beton agregası olarak kullanılabilirliğini araştırmışlardır. Yıldız Irmağı üzerinde bulunan iki ayrı agrega ocağından alınan örnekler üzerinde tane boyut dağılımı (granülometri), birim ağırlık, özgül ağırlık, Los Angeles aşınma kaybı, su emme, dona karşı dayanıklılık (Na_2SO_4), kil toprakları içeriği ve ince madde oranı deneyleri yapılmıştır. Tane şekli ve mineralojik bileşimleri belirlenmiştir. Yapılan bu çalışmalar sonucunda, Yıldız Irmağı çökeltilerinin dona karşı dayanım değerlerinin TS 707 (Anonim 1980)' de verilen sınır değerlerinin dışına çıktığı, diğer agrega özelliklerini ise sağlayabildiği belirlenmiştir. Söz konusu malzemelerin Sivas ili ve civarında kullanılacağı ve bu bölgenin iklimi dikkate alındığında dona karşı dayanım değerlerinin düşük olmasının sorun yaratacağı ve bu sorunun çözümüne yönelik bazı önlemlerin alınması gerektiği tespit edilmiştir.

Beshr (2003) iri agreganın dört çeşidinin (kireçtaşı, dolomitik kireçtaşı, kuvarsit kireçtaşı ve çelik cürufu), yüksek dayanımlı betonun sıkışma ve çekme dayanımı ve elastisite modülü üzerindeki etkilerini araştırmıştır. En yüksek basınç dayanımını çelik cürufunun, en düşük basınç dayanımını ise kireçtaşı kullanılarak hazırlanan betonlardan elde edildiğini ifade etmiştir. Benzer şekilde en yüksek çekme dayanımını çelik cürufu agregalı betonun verdiğini ve bunu dolomitik ve kuvarsitik kireçtaşı agregalı betonların izlediğini, en düşük çekme dayanımının ise kireçtaşı agregalı betonlarda elde edildiğini söylemiştir. İri agreganın türü betonun elastisite modülünü etkilemektedir. Zayıf agregalar kullanılarak hazırlanan betonlar, dayanımlı agregalar kullanılarak hazırlanan betonlara oranla daha kırılmandır.

Felekoğlu (2003), "Kendiliğinden Yerleşen Betonların Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin Araştırılması" adlı çalışmada, kendiliğinden yerleşen beton üretimi için uygun malzeme tip ve miktarlarının seçimini yapmış, optimum karışım oranlarını belirlemiştir. Elde edilen veriler ışığında, hazırladığı 5 farklı dayanım sınıfındaki kendiliğinden yerleşen beton karışımlarının, taze halde kendiliğinden yerleşebilirlik ve sertleşmiş haldeki mekanik

özelliklerini incelemiş ve geleneksel beton özellikleri ile kıyaslamıştır. Çalışma sonucunda aşağıdaki sonuçlara varılmıştır.

1. KYB tasariminda sabit bir çimento dozajında akışkanlaştırıcı katkı miktarı artırılıp karışım suyu azaltıldıkça, yayılma değeri belirli sınırlar arasında tutulurken viskozite hızla artmaktadır. Sabit bir çimento dozajı ve agrega gradasyonunda, su/toz oranı artışıyla aynı anda katkı dozajının azaltılması, taze betonun donatılar arasında geçiş yeteneğini arttırmaktadır.

2. Bu çalışmada üretilen KYB'lerin çekme dayanımları aynı dayanım sınıfındaki normal betonlara kıyasla % 3 ile % 17 arasında değişen mertebelerde daha yüksektir.

3. Bu çalışmada üretilen KYB'lerin elastisite modülünde normal betona kıyasla önemli bir farklılık gözlenmemiştir. Aynı dayanım sınıfları için, TS500 (Anonim 2000) ve CEB komitesinin önerdiği denklemler yardımıyla elde edilen normal beton elastisite modülleri ile deneysel olarak bulunan KYB elastisite modülleri arasında önemli bir farklılık yoktur ($< \% 10$). Öte yandan ACI Komitesinin önerdiği değerlerden daha yüksek sonuçlar elde edilmiştir.

4. L-kutusu karot deneyleri ile KYB'nin yatay yönde akışında ayrışma meydana gelip gelmediği belirlenebilir. Bu çalışmada su/toz oranı hacimde 0.84-1.07 arasında değişen ve toz madde ağırlığının %1.27-0.60'i arasında akışkanlaştırıcı kullanılarak üretilen D3, D4 ve D5 serilerinin akış sırasında stabilitelelerini korudukları belirlenmiştir.

Köseoğlu (2003), "Agreganın En Büyük Tane Çapı ve Karot Numunesi Boyutunun Ölçülen Beton Basınç Dayanımına Etkisi" ni belirlemek için yaptığı çalışmada karot basınç değerlerine etki eden faktörleri araştırmıştır. Karot deneyleriyle ilgili çalışmalarını derlemiş, yapılan çalışmaların kapsamı, deney yöntemleri ve varılan sonuçları incelemiştir. "Karot Basınç Deneyi" ne ek olarak beton kalitesinin yerinde testi için kullanılan tahribatsız deney yöntemlerinden "Ultrases Dalga Hızı Deneyi" ve "Beton Çekici Deneyi" hakkında literatür taraması gerçekleştirmiş ve yapılan çalışmalardan örnekler sunmuştur. Çalışmada, dört değişik su/çimento oranı ve iki farklı en büyük tane çapı ile hazırlanan beton karışımlarından alınan iki farklı çapta karot numunelerinin 28 günlük basınç dayanımları incelemiştir. Karot numunelerine ilaveten aynı karışımlardan hazırlanan standart beton numuneleri de deneye tabi tutulmuştur. Elde edilen sonuçlar beton çekici deneyi ve ultrases dalga hızı deneyi ile karşılaştırmalı olarak irdelenmiştir. 93 mm'lik karotlarla yapılan deneylerin sonucunda beş

farklı narinlik oranı için bulunan degerler ASTM C42' de belirtilen düzeltme faktörleri ile uyumludur. Su/çimento oranı azaldıkça narinlik oranıyla ilgili düzeltme faktörünün bu degerlerden farklılık gösterdiği görülmüştür. 150 mm'lik karot çapına sahip numunelerin basınç dayanımları, 93 mm çaplı numunelere kıyasla birbirine daha yakın dağılım göstermektedir. Bu durum, BS 1881, ASTM C42 ve TS 10465' de belirtilen “karot numunesinin çapı mümkünse 150 mm'den az olmamalıdır” ifadesi ile uyumludur.

Marzouk (2003), alkali-agrega reaksiyonunun normal ve yüksek dayanımlı betonların mekanik özelliklerine etkisini incelemiştir. Bu çalışmada, yüksek oranda reaktif agregalar ile orta dereceli reaktif agregalar normal ve yüksek dayanımlı beton yapımında kullanılmıştır. 28 günlük kür süreci sonucunda örnekler 12 hafta boyunca sodyum hidroksit veya 80 °C ' de deiyonize suyla dolu bir tanka bırakılmıştır. Yüksek derecede reaktif agrega içeren ve sodyum hidroksit çözeltisine maruz bırakılan normal dayanımlı betonlarda, orta derecede reaktif agregalarla hazırlanmış beton örneklerine oranla mekanik özelliklerde daha fazla kayıp görülmüştür.

Zarif ve ark. (2003), İstanbul' daki kireçtaşlarının agrega kalitesi yönünden değerlendirilmesi üzerine yaptıkları çalışmalarında, kireçtaşlarının bileşim ve dokusal olarak farklılıkları üzerinde durmuşlar ve bu değişik özellikteki kireçtaşlarının agrega olarak kullanılabilirliklerini araştırmışlardır. İncelenen kireçtaşları petrografik ve kimyasal özelliklerinin yanı sıra kaliteleri ve agrega özellikleri bakımından da standartlarda belirtilen limitler içinde veya bu limitlere çok yakın sonuçlar vermiştir. Bu nedenle İstanbul' un kireçtaşları agrega olarak birçok alanda kullanılabilir. Bu nedenle İstanbul' un kireçtaşları agrega olarak birçok alanda kullanılabilir.

Aral (2004), Karatepe bazaltlarının mühendislik özelliklerini incelemiştir. Karatepe bazaltlarının; beton agregası, dolgu malzemesi, yol yapı malzemesi, köprü ve menfez inşaatlarında, gölet, baraj, dalga kıran gibi yapılarda, balast ve parke taşı olarak kullanımda mühendislik özelliklerinin yeterli nitelik ve niceliğine sahip olduğunu saptamıştır. Bazaltların şekli, alkali madde içeriği, gözenekliliği, özgül ağırlığı, birim hacim ağırlığı gibi jeolojik ve mühendislik özellikleri incelenmiş olup, endüstri için en uygun bazaltların, ayrışma ve alterasyonun çok daha az olduğu kesimleri ile daha derinlere doğru yer alan koyu renkli olivin bazaltlar olduğunu belirlemiştir.

Kılınçarslan (2004), Çalışmasında çeşitli yoğunluklarda ve farklı dayanımlara sahip barit agregalı betonlar üretmiş ve kontrol betonlarıyla üretilen betonlar arasındaki mekanik özellikleri karşılaştırma yaparak incelemiştir. Çalışmada, tamamı normal agregadan oluşan kontrol betonlar baz alınmış, CS20, CS30, CS40 betonları için optimum karışımlar hesaplanmıştır. Agregada değişiminin, betonun dayanımını ve radyasyon geçirimsizliğine etkisini incelemek amacıyla; karışımdaki agregada yüzdesine bağlı kalınarak, agregada ve barit miktarları belli oranlarda değiştirilmek suretiyle beton numune serileri üretilmiştir. Barit oranının değişiminin; betonun fiziksel ve mekanik özellikleri üzerinde meydana getirdiği etkiler araştırılmıştır. Basınç dayanımının barit oranına göre en iyi sonucu CS20 serisi betonlarda verdiği, BS30 serisi betonlarda ise barit oranının basınç dayanımını değiştirmediği, CS40 serisi betonlarda ise barit oranının dayanımı düşürdüğü tespit edilmiştir. Ayrıca üretilen her seriye ait betonların; iyon odası yöntemi, Geiger-Müller sayacı yöntemi ve teorik olarak lineer zayıflatma katsayı değerleri bulunmuş ve değerler karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonunda beton içindeki barit oranının arttıkça radyasyon tutuculuk özelliğinin de arttığı belirlenmiştir.

Yılmaz ve ark. (2004), çalışmalarında, Harşit çayından (Giresun-Tirebolu) elde edilen ve Kuşkaşası taşocağı kırma-eleme tesisinde kırılan dere malzemesinin agregada olarak kullanılabilirliğini incelemişlerdir. Üç farklı boyutta malzeme üretimi yapılmakta olan tesisten elde edilen malzeme üzerinde, tane dağılımı (granülometri), tane şekli (yassılık indeksi), dona dayanıklılık (Na_2SO_4), özgül ağırlık, su emme oranı, aşınma dayanımı (Los Angeles), ince madde oranı tespit edilmiştir. Yapılan bu çalışmalar sonucunda elde edilen veriler, agregalar için mevcut bulunan standart verilerle karşılaştırılmış ve bu verilere uygun olduğu belirlenmiştir.

Ceylan (2005), çalışmasında, pomzanın taşıyıcı olmayan hafif beton üretiminde, hafif agregada olarak kullanımını ve pomza kullanılarak üretilmiş hafif betonların belirli bir sıcaklık etkisine maruz kaldıktan sonraki dayanım değerlerinin değişimlerini incelemiştir. Bu çalışmada Kayseri İli Talas İlçesi'nden, Nevşehir İli Göre Beldesi'nden çıkarılan pomzalar ve İzmir İli Menderes İlçesi'nden çıkarılan perlitik pomzalar kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan türlerin, hafif agregada olarak karakteristik özellikleri incelenmiştir. Belirlenen 26 karışım grubuna ait 3 farklı çimento oranında, 78 ayrı hafif beton dökümü, kuru karışım olarak yapılmış ve elde edilen hafif beton numunelerinin kuru birim hacim ağırlık, su emme, dayanım, sıcaklık etkisinde dayanım gibi bazı teknik özellikleri belirlenmiştir. Araştırmada kullanılan Nevşehir-Göre, Kayseri-Talas pomzası ve İzmir-Menderes perlitik pomzasından

Üretilen hafif beton numuneleri üzerinde yapılan deneysel çalışmaların sonucunda, imento oranının hafif beton numunelerinin dayanımına ve birim hacim ağırlığına etkisi, sıcaklığın hafif beton numunelerinin dayanımına ve kuru birim hacim ağırlığına etkisi, hafif beton numunelerinde kullanılan pomza türlerinin sıcaklık etkisindeki karakteristiği ve pomza türlerin birbirleri ile kıyaslanması yapılmıştır. Elde edilen bulgulara göre, pomza türleri ve bu türlerden üretilen hafif betonların sıcaklık etkisindeki karakteristikleri ile ilgili farklılıklar belirlenmeye çalışılmıştır.

İnci (2005), mineral, kimyasal katkılı ve polipropilen fiber takviyeli taze betonun basınç altındaki davranışının belirlenmesi kapsamındaki çalışmasında, basınç altındaki taze betonların davranışlarını incelemiştir. Araştırmada, üretilen betonlara uçucu kül, silis dumanı ve polipropilen fiber eklenerek beton özelliklerine etkileri incelenmiştir. Segregasyon sonrası basınçlarının belirlenmesi amacıyla basınç altında terleme deney aleti geliştirilmiştir.

Kandemir (2005), betonun yol uygulamalarında kullanılabilmesi amacıyla kendiliğinden yerleşen beton özelliklerini sağlayan karışımlar dizayn etmeye çalışmıştır. Bazalt ve kireç taşı olmak üzere iki farklı tip agrega, filler olarak uçucu kül ve tas tozu kullanılan, hava sürükleyici katkı ilave edilen örneklerin donma çözülme, aşınma ve buz çözücü tuzlara dayanıklılıklarını araştırmıştır. Bu çalışmada karışım örneklerinin farklı yaşlarda basınç ve eğilme dayanımları bulunarak, mekanik özellikleri incelenmiştir. Bulunan değerler birbirleriyle ve kontrol örnekleriyle karşılaştırılmıştır. Donma-zlme deneyleri sırasında taş tozu kullanılan karışımlarda genel olarak ağırlık azalışı olurken, uçucu kll karışımlarda ağırlık artışı olduğu saptanmıştır. Uçucu kül kullanılan örneklerin donma-çözülme deneylerine daha dayanıklı olduğu, taş tozlu örneklerle kıyasla çok fazla parça ve kopmaların olmadığı gözlemlenmiştir. Taş tozlu örneklerde ise beton gözeneklerine dolan tuzlara rağmen çok fazla dökülme ve parçalanma olması sonucu ağırlık azalışı olduğu belirtilmiştir.

Öcal (2005), beton üretim teknikleri ve laboratuvar uygulamalarında kalite güvenliğinin sağlanması amacıyla gerçekleştirdiği çalışmasında, laboratuvar ve saha uygulamalarını deneysel olarak incelemiştir. Hedeflenen beton kaliteleri ile elde edilen beton kaliteleri arasındaki ilişkileri kalite yönetim sistemi açısından değerlendirmiştir.

Özgan (2005), kırmataş agrega içerisindeki taşunu miktarının, betonun basınç dayanımına etkisini araştırmıştır. Bu amaçla kırmataş agregadan elde edilen 200 dozlu beton içerisine ince agregadan %5, %10 ve %15 oranlarında azaltılmak suretiyle yerine taş unu ilave edilmiş ve basınç dayanımları araştırılmıştır. Araştırmadan elde edilen sonuçlara göre, 200 dozlu beton içerisine eklenen taşununun, kırmataş agrega ile üretilen betonların basınç dayanımlarını olumlu yönde etkilediği belirtilmiştir.

Anonim (2008); Hazır Beton Dergisinin 86 ncı sayısında yayınlamış olduğu bir makalede 2007 yılı itibariyle hazır beton üretimi % 5,13 artış gösterdiğine değinilmiştir. Ayrıca kalite denetimsiz beton üretiminde kaynaklanan haksız rekabetin sektörün en başta gelen sorunu olduğunu açıklayan Türkiye Hazır Beton Birliği; sektöre ciddi bir kalite denetiminin getirilmesini istemiştir. Türkiye hazır beton üretiminde 2007 yılında Avrupa üçüncüsü olmuş ve 2005 yılında beton üretim tesisi sayısı 277 iken 2007’ de 845 yükselmiştir. Ancak 263 tesis Hazır Beton Birliğine üyedir. Birliğe üye olan firmaların hem ürün kalitesi sürekli araştırılmakta, hem de ürün kalitesinin artırılması için tavsiyeler verilmektedir. Bu da üretimi artırmaktadır. Firmanın beton üretiminde kullandığı çimento, agrega, su ve katkı maddesine kadar Türkiye Hazır Beton Birliği tarafından araştırılarak uygunsuz malzeme kullanılmamaktadır. Hazır beton üretimi 1988 yılında 1.500.000 m³ iken, 2005 yılında 46.300.000 m³, 2007’ de ise 74.359.847 m³’ e yükselmiştir. Bu miktarın 2006 yılında % 40,88’ ini, 2007 yılında % 41,29’ unu Marmara Bölgesi oluşturmuştur. Bu araştırmaya katılan üye firmaların 2007 yılında agrega ile yaşadığı sıkıntılar; “Agrega ve Uçucu Kül Teminindeki Sıkıntılar”, “Agrega Üreticilerinde Kalite Sorunları, Kalite Belgesiz Standartlara Uygun Olmayan Üretim Yapması” dır.

Usta (2005), yapmış olduğu araştırmada Türkiye’ deki hazır beton üretim tesislerinin son yıllarda sayılarının hızla arttığını belirtmiştir. 01.01.1998 tarihinde yürürlüğe giren yeni deprem yönetmeliği, yapı kalitesinin yükseltilmesi ve depreme gerçekten dayanıklı binalar üretilmesi için deprem bölgelerinde kullanılacak en düşük beton dayanım sınıfını C 20 olarak belirlemiş, böylelikle bir deprem esnasında olası can ve mal kaybını en aza indirmeye yönelik önemli bir adım atılmıştır. Binalarda hazır beton kullanımının zorunlu hale gelmesi ile sektör daha hızlı gelişmeye başlamıştır. 1998 yılında hazır beton üreticisi firmaların sayısı bir önceki yıla göre % 32,8 oranında artış kaydederek 166’ya ulaşırken, hazır beton üretimi % 30,4 artış göstermiştir. Söz konusu üretimde birlik üyelerinin payı ise % 74,5 olmuştur. Marmara Bölgesinde 2002 yılında Hazır Beton Birliğine bağlı 55 tesis bulunurken 2004 yılında bu

rakam 98 adete ulaşmış, Marmara Bölgesinin toplam üretim içindeki payı ise % 16,1'den % 41,3'e yükselmiştir. Buna bağlı olarak hazır beton üretimi 2002 yılında 2,8 milyon m³'den 2004 yılında 8,7 milyon m³'e yükselmiştir. Marmara Bölgesinin üretim içindeki payı % 41,3, İç Anadolu Bölgesinin %20,3, Ege Bölgesinin ise % 8,0'dir.

Ünal ve ark. (2005), agrega granülometrisi ve kimyasal katkının yüksek performanslı beton özelliklerine etkisini araştırmışlardır. Çalışmada, dört farklı tane boyutundaki agregalardan oluşan beş farklı granülometri seçilmiştir. Karışıma giren agregalardan doğal kum ve kırmataş-I oranları sabit, kırma kum ile kırmataş-II oranları değiştirilmiş, karışımlarında optimum su/çimento oranı 0,65 ve çimento miktarı 350 kg/m³ olarak belirlenerek, katkılı ve katkısız olmak üzere 10 farklı seri beton numuneleri üretilmiştir. Numuneler kalıplardan alındıktan sonra 7, 28 ve 56 gün süreyle suda kür edilmiştir. Numuneler üzerinde, birim hacim ağırlığı, ultrases geçiş süresi ve basınç dayanımı deneyleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, agrega granülometrisinin betonun özellikle basınç dayanımı üzerine etkisinin fazla olduğu belirlenmiştir. Ayrıca taze betonun işlenebilirliğini kolaylaştırmak amacıyla hazır beton santrallerinde kimyasal katkının kullanılmasının gerekli olduğu belirtilmiştir.

Güler (2006), İstanbul'un Avrupa yakasındaki kumtaşı ve kireçtaşlarının jeolojik, petrografik ve mineralojik özelliklerinin yanı sıra yapılan standart agrega deneyleri ve beton deneyleri ile yüksek dayanımlı betonda agrega olarak kullanılabilirliklerini ayrıntılı bir şekilde karşılaştırmıştır. Ayazağa, Cebeci ve Çatalca Bölgeleri'ndeki kumtaşı ve kireçtaşı agregalarının petrografik özelliklerinin yanı sıra agrega özelliklerinin de standartlarda belirtilen kabul edilebilir limitler içinde bulunması veya bu limit değerlere çok yakın olması nedeniyle yüksek dayanımlı beton agregası olarak kullanılmaları uygun olduğu belirlenmiştir.

Kılıç (2006), deprem veya imar nedeniyle yapıların yıkılması sonucu ortaya çıkan atık betonların atık durumdan çıkartılarak agrega olarak tekrar kullanılmasını araştırmıştır. Çalışmasında ayrıca silis dumanı, uçucu kül ve süper akışkanlaştırıcı katkılarının atık üzerine etkileri incelemiştir. Çalışma neticesinde, beton atıklarından elde edilen agregaların uygun granülometriye sahip olmadıkları, taşıyıcı yapı elemanlarında kullanılabilmesi için mutlaka uygun granülometriyi verecek biçimde normal agrega ile karıştırılması gerektiği tespit edilmiştir. Araştırmada; bu koşulla elde edilen betonun dahi basınç dayanımı açısından normal agrega ile üretilen betondan daha düşük değerlere sahip olduğu belirlenmiştir. Silis

dumanı ve uçucu kül kullanımının basınç dayanımını arttırmadığı sonucuna varılmıştır. Karışım agregasından elde edilen betonun dayanımını artırmak için süper akışkanlaştırıcı ve yüksek oranda su azaltıcı özellik gösteren katkı maddesi kullanılması gerektiği belirtilmiştir.

Topçu (2006), çalışmasında, Karadeniz Ereğli - Devrek karayolu üzerindeki Aydınlar Köyü yakınlarında görülen, Üst Kretase maestrihtiyen yaşlı Alaplı formasyonu Cangaza bazalt üyesi kırmataşlarının, agrega olma özellikleri ile beton üretiminde kullanılabilirliğini araştırmıştır. Cangaza bazalt agregalarında; elek analizleri, ince madde oranları, yassılık (flakiness) ve uzunluk (elongasyon) indeks değerleri, özgül ağırlıkları, aşınma (Los Angeles) değerleri, don deneyi, organik madde oranı deneyi, klor içeriği, sülfat içeriği, alkali-kırmataş reaktivitesi, hafif madde oranları, mineralojik-petrografik modal analizleri yapılmıştır. Bu sonuçlara göre; Cangaza bazaltları Aydınlar Köyü mostrasından üretilen agregalar, ilgili standartların “zararsız agrega” bölgelerinde kalmaktadır. Cangaza bazaltlarından alınan agregalar ile TS 802 standartları kullanılarak beton örnekleri hazırlanmıştır. Hazırlanan beton karışım örneklerinde ölçülen slump değerleri; C40 için 8.5cm, C45 için 5.5cm, C50 için 5.0cm ve C55 için 4.5cm olmaktadır. Üretilen betonların; 7 günlük basınç dayanımlarının C40 için 274,68 (kgf/cm²), C45 için 285,94 (kgf/cm²), C50 için 238,84 (kgf/cm²) ve C55 için 265,93 (kgf/cm²) olduğu, 28 günlük basınç dayanımlarının C40 için 392,40 (kgf/cm²), C45 için 408,49 (kgf/cm²), C50 için 341,20 (kgf/cm²) ve C55 için 379,90 (kgf/cm²) olduğu belirlenmiştir. Su oranlarını sabit tutarak, çimento, Cangaza bazalt agrega ve katkı malzeme oranları değiştirildiğinde, üretilen beton sınıflarında beklenen basınç dayanımlarına ulaşamamıştır. Bunun nedenleri; agregaların kuru, köşeli kırılmış olmalarından yüzey alanlarının büyük olması, dolayısı ile daha fazla suya gereksinim duyulması, yüksek kalitede betonun manüel betoniyerde üretilmesi zorunluluğu, katkı malzemesinin miktarı ve tipi, kür koşullarından dolayı ölçülen slump değerinin 10 cm'ye ulaştırılamaması, vs. sayılabilir. Batı Karadeniz Bölgesinde Karadeniz Ereğli-Devrek karayolu üzerindeki Aydınlar Köyü doğusunda mostra veren, üst kretase maestrihtiyen yaşlı alaplı formasyonunun cangaza bazalt üyesi kırmataşlarının agrega olma özellikleri yeterli olup, beton üretiminde kullanılabileceği anlaşılmaktadır. Bu şekilde bölgede var olan Cangaza Bazaltları agrega olmalarının yanında, beton üretiminde de ülke ekonomisine kazandırılmış olacaktır.

Çomak (2007), Isparta bölgesinde bulunan beş farklı agrega ocağından agrega numuneleri alarak bu numunelere ait agrega yeterlilik deneyleri yapmış, agregaların fiziksel

ve mekanik özelliklerini tespit etmiş ve beş farklı agrega ocağının agregaları arasında mukayese yapmıştır. Bu agrega ocaklarından getirilen agregalar ile laboratuvar ortamında betonlar üretmiştir. Beton üretilirken; su/çimento oranını sabit (0.53) almış, elde edilen betonların basınç dayanım değerleri karşılaştırmıştır. Çalışmada yine su/çimento sabit tutulmuş, çimento miktarı artırılmak sureti ile çimento miktarı değişiminin beton numuneler üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Isparta bölgesindeki pomza ile yapılan agrega deneylerinde, pomzanın hafif agrega sınıfına girdiği, birim hacim ağırlık, özgül ağırlık ve su emme değerlerinin diğer dört agrega ocağından alınan numune değerlerinden çok farklı çıktığı görülmüş ve bu agregayı hafif agrega ile karşılaştırma yapmanın uygun olacağı sonucuna varılmıştır. Yapılan agrega ve beton deney sonuçlarına göre, beton üretimine en uygun değerlerin Atabey agregasına ait olduğu, yine deney sonuçlarına göre diğer agregaların beton üretimi için uygunluğunun sırasıyla Gümüşgün agregası, Güneykent agregası ve Kılıç agregası olduğu görülmüştür. Pomza agregasını ise hafif agregalar ile mukayese etmenin daha doğru olacağı sonucuna varılmıştır.

Özen (2007), araştırmasında, agrega şekil parametreleri ve beton basınç dayanımı arasındaki ilişkileri dijital görüntü işleme ve analizi metodu kullanarak incelemiştir. Bu çalışma iki seviyede üç karışım dizayn parametresi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu parametreler sırasıyla gratasyon tipi, agrega tipi ve maksimum agrega çapıdır. Toplam 40 adet kübik beton numunesi su-çimento oranı sabit tutularak hazırlanmıştır. Her bir numune kesit yüzeylerinin dijital görüntülerinin elde edilmesi amacıyla basınç dayanımı testinden sonra 4 eşit parçaya kesilmiştir. Bu dijital görüntülerden, basınç dayanımı ile olan ilişkilerinin incelenmesi amacıyla birçok agrega şekil parametresi hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, agrega tipi ve basınç dayanımı arasında güçlü bir korelasyon görülmesine karşın, agrega şekil parametreleri ve basınç dayanımı arasında zayıf korelasyonlar bulunmuştur. Bu çalışma agrega şekil parametreleri ve beton dayanımı arasındaki ilişkilerin agregaların numune kesit yüzeyi içerisindeki dağılımlarının oluşturacağı etkilerin de göz önüne alınarak tekrar incelenmesini önermektedir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Bu çalışmada Tekirdağ ve çevresinde bulunan hazır beton tesislerinin agrega kaynağı olan kırmataş tesislerinden alınan agrega malzemesi incelenmiştir. Bu agregalar Tekirdağ' ın güneyinde bulunan Beşiktepe bazalt agregası, Tekirdağ - Çorlu ilçesinde bulunan Karatepe-A ve Karatepe-B bazalt agregası, Tekirdağ-Pınarhisar arasında bulunan kireçtaşı agregası, Tekirdağ-Saray yakınlarında bulunan kireçtaşı agregası, Tekirdağ - Kapaklı yakınlarında bulunan dolomit agregasıdır. Ayrıca bölgede çıkartılan doğal agregalar; hem granülometrisinin 0-8 mm arasında olduğundan, hem de betonda kullanılan agrega standartlarını sağlamadığı için hazır beton üretiminde tek malzeme olarak tercih edilmemektedir. Bölgeden çıkartılan doğal agrega, hazır betonda ince malzeme olarak ya da şap, harç betonu gibi taşıyıcı özelliği olmayan beton olarak kullanılmaktadır. Bundan dolayı bu çalışmada söz konusu doğal agrega sadece ince malzemeye katkı olsun diye bütün numunelerde belli oranda kalmak şartıyla kullanılmıştır. Beton yapımında, bağlayıcı olarak, İstanbul - Ambarlı Akçansa Çimento Fabrikasından alınan portland çimentosu (EN 197-1 CEM I 42,5 R), karışımda ince malzeme olarak ekstra Tekirdağ – Çorlu - Hıdırağa Mahallesi Yulaflı Köyü civarından çıkartılan kum, karışım suyu olarak ise Tekirdağ - Çorlu yeraltı suyu kullanılmıştır. Yapılan deneysel çalışmaların tümünde Türk Standartları Enstitüsünün agrega ve beton deneyleri için belirlediği standartlar kullanılmıştır.

3.1.1. Agrega

Araştırmada beş değişik agrega ocağından alınarak hazırlanan altı çeşit agrega numunesi ile çalışılmıştır.

İlk agrega malzemesi Tekirdağ' ın güneyinde bulunan Beşiktepe Kırmataş tesisinden elde edilen bazalt kökenli kırmataş agregası olup, çalışma boyunca simgesi BK-1' dir.

İkinci agrega malzemesi Tekirdağ-Çorlu ilçesinde bulunan Karatepe Kırmataş tesisinden elde edilen bazalt kökenli kırmataş agregasıdır. Sahanın çok büyük olmasından dolayı buradaki iki farklı ocaktan agrega alınmıştır. Karatepenin kuzeyinden alınan agreganın çalışma boyunca simgesi BK-2, güneyinden alınan agreganın çalışma boyunca simgesi BK-3 olarak kullanılmıştır.

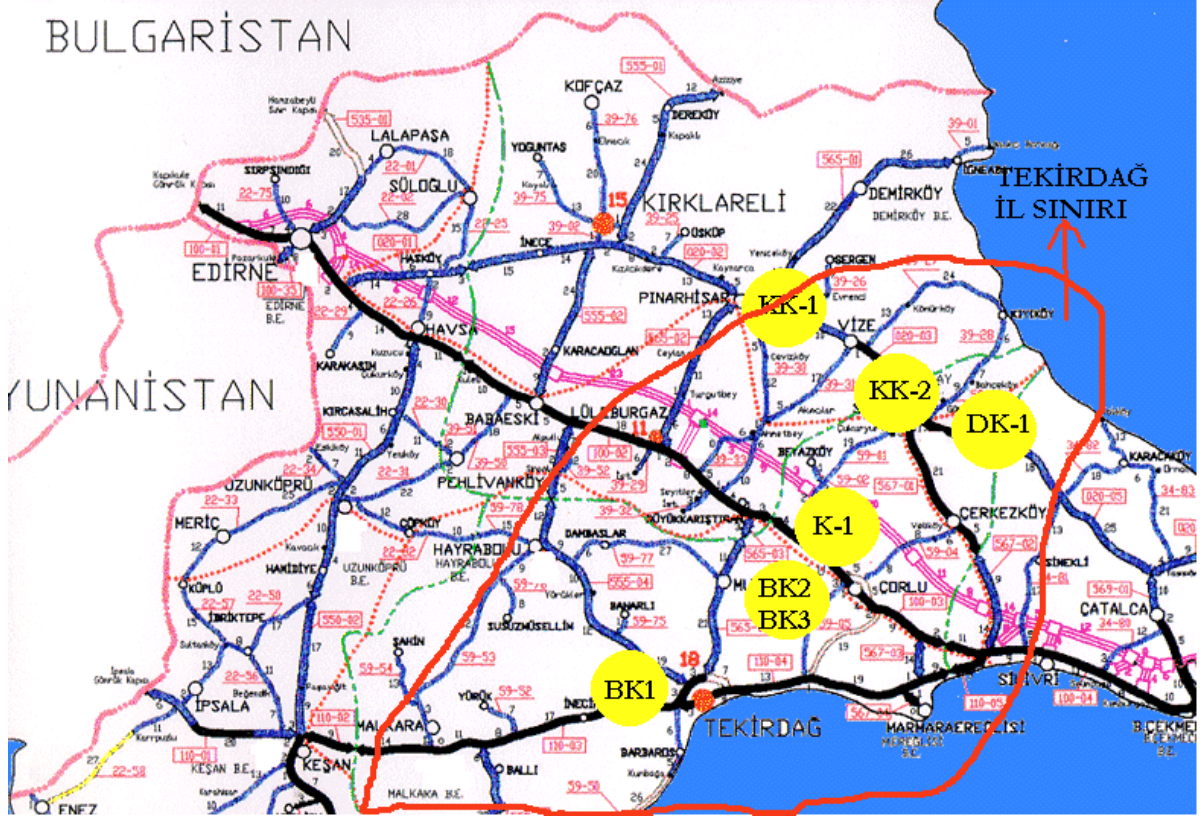
Üçüncü agrega malzemesi Tekirdağ-Pınarhisar arasında bulunan kırmataş tesisinden elde edilen kireçtaşı kökenli kırmataş agregası olup, çalışma boyunca simgesi KK-1 olarak kullanılmıştır.

Dördüncü agrega malzemesi Tekirdağ-Saray yakınlarında bulunan kırmataş tesisinden elde edilen kireçtaşı kökenli kırmataş agregası olup, çalışma boyunca simgesi KK-2 olarak kullanılmıştır.

Beşinci agrega malzemesi Tekirdağ-Kapaklı yakınlarında bulunan kırmataş tesisinden elde edilen dolomit kökenli kırmataş agregası olup, çalışma boyunca simgesi DK-1 olarak kullanılmıştır.

Ayrıca ince malzeme olarak bütün numunelerde kullanılan Tekirdağ-Çorlu-Hıdırağa Mahallesi Yulaflı Köyü civarından çıkartılarak eleme ve yıkaması yapılan kumun çalışma boyunca simgesi K-1 olarak kullanılmıştır.(Şekil 3.1)

Ocaklardan elde edilen agregalar Betonsa Çorlu Hazır Beton Tesisinin tam teşekküllü laboratuvarına getirilerek numuneler çevresel etkilerden etkilenmeyecek şekilde (su, nem, kimyasal etkiler... vb.) depolanmıştır. Ayrıca bazı agrega deneyleri için gerekli miktarlar alınarak Edirne DSİ XI. Bölge Müdürlüğü Beton Laboratuvarına, Akçansa İstanbul Çimento Fabrikası Agrega Laboratuvarına ve İstanbul Teknik Üniversitesi Yapı Malzemesi Laboratuvarına götürülerek deneyler yapılmıştır.



Şekil 3.1. Çalışmada Kullanılan Agregaların Çıkartıldığı ve Üretildiği Ocakların Yerleri

3.1.2. Çimento

Bu çalışmada, İstanbul – Ambarlı Akçansa Çimento Fabrikasının ürettiği portland çimentosu (EN 197-1 CEM I 42,5 R) kullanılmıştır. Bu çimento ile ilgili her türlü fiziksel- mekanik deneyler ve kimyasal analiz sonuçları Çanakkale-Ezine Akçansa çimento fabrikasının kalite kontrol laboratuvarında yapılmış olup deney sonuçları Çizelge 3.1.' de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1. EN 197-1 CEM I 42,5 R Çimentosuna Ait Fiziksel, Kimyasal, Mineralojik ve Mekaniksel Özellikler

ÇİMENTO KALİTE RAPORU						
Numune	:	Çimento				
Üretildiği Tesis	:	EN 197-1 CEM I 42,5 R				
Standartı	:	İstanbul–Ambarlı Akçansa Çimento Fabrikası				
KİMYASAL ANALİZ	Standartlar %	Analiz Sonuçları %	FİZİKSEL DENEMELER		Standartlar %	Analiz Sonuçları %
	Test Metodu	EN 196-2	Test Metodu	EN 196-3 ve EN 196-6		
SiO ₂ Çözünen		19,60	Özgül Ağırlık gr/cm ³			3,12
Çözünmez Kalıntı	Max. 5.0	0,35	Donma Saat	Başlangıç s:dak.	Min. 60 Min	2,55
Al ₂ O ₃		4,50		Son s:dak.		3,50
Fe ₂ O ₃		3,49	Hacim Sabitliği mm		Max. 10 mm	1,0
CaO		62,84	İncelik	Özgül Yüzey cm ² /g		3745
MgO		2,27		0.045 mm. Elekte kalıntı %		2,4
SO ₃	Max. 5.0	2,55		0.090 mm. Elekte kalıntı %		0,4
Kızdırma Kaybı	Max. 5.0	2,90	DAYANIM DENEMELERİ			
Cl ⁻	Max. 0.1	0,00	Test Metodu	EN 196-1		
Tayin Edilemeyen		1,50	Rilem – Cembureau Metodu: 40*40*160 mm' lik Prizmalar Karışım 1/3, Su/Çimento: 0.50, Kum: CEN Standart Kum			
S.CaO		1,74	BASINÇ DAYANIMI MPa			
MİNEROLOJİK BİLEŞİM	C ₃ S	57,24	Gün	Standart	Deney Sonucu	
	C ₂ S	13,01				
	C ₃ A	6,02	2	Min. 20 MPa	27,2	
	C ₄ AF	10,62	28	Min. 42,5 MPa Max. 62,5 MPa	56,4	
	L.S. F.	0,98	EĞİLME DAYANIMI MPa			
			Gün	Standart	Deney Sonucu	
			28		7,90	
İstanbul. Akçansa çimento fabrikası laboratuvarında yapıldı.						

3.1.3. Su

Beton karışım suyu olarak ise Tekirdağ-Çorlu yeraltı suyu kullanılmıştır. Çizelge 3.2.'de mevcut suyun beton karma suyu olarak kullanılabilmesi için yapılması gereken deneyler ve sonuçlar görülmektedir. Bu deneyler sonucunda mevcut su nitel (kalitatif) değerinde çıkmış olup beton karma suyu olarak kullanılmasında bir sakınca görülmemiştir.

Çizelge 3.2. Beton Karma Suyu Olarak Kullanılan Suya Ait Özellikler

Deney Adı	Standart	Sonuç	Standartların İçeriği
Sülfat Muhtevası (SO ₄ ²⁻)	EPA 9038: 1986	9 ppm (mg/l)	Sülfat içeriği 2000 mg/l' yi geçmemeli.
Klorür Muhtevası (Cl ⁻)	TS EN 196-21: 2002 Bölüm: 4	40 ppm (mg/l)	Azamî klorür muhtevası 500 – 1000 mg/l
Sodyum Oksit (Na ₂ O) Miktarı	TS EN 196-21: 2002 Bölüm: 7	64 ppm (mg/l)	Karma suyunun, sodyum oksit (Na ₂ O) eş değeri olarak ifade edilen alkali muhtevası, normal şartlarda 1500 mg/l' yi geçmemelidir. Bu sınır değerden daha yüksek alkali muhtevasına sahip olan sular ancak, betonda zararlı alkali - silika reaksiyonlarını önleyici tedbirlerin alındığının gösterilmesi şartıyla kullanılabilir.
Potasyum Oksit (K ₂ O) Miktarı	TS EN 196-21: 2002 Bölüm: 7	3,7 ppm (mg/l)	
Toplam Alkali İçeriği (Na ₂ O +0,658* K ₂ O)	TS EN 196-21: 2002 Bölüm: 7	68 ppm (mg/l)	
pH Değeri	TS EN 1008: 2003 Bölüm: 6.1.1	6,78	pH ≥ 4 olmalıdır.
Koku	TS EN 1008: 2003 Bölüm: 6.1.1	Yok	İçilebilir suyun sahip olduğu koku haricinde herhangi koku bulunmamalıdır. Hidroklorik asit ilâve edildikten sonra herhangi hidrojen sülfür kokusu olmamalıdır.
Renk	TS EN 1008: 2003 Bölüm: 6.1.1	Berrak	Nitel olarak belirlenen renk, açık sarı veya daha açık olmalıdır.
Askıda Katı Madde İçeriği	TS EN 1008: 2003 Bölüm: 6.1.1	< 0,001 kg/l	Çökelti miktarı en fazla 4 mL olmalıdır.
Deterjanlar	TS EN 1008: 2003 Bölüm: 6.1.1	Yok	Herhangi bir köpük 2 dakika içerisinde kaybolmalıdır.
Sıvı ve Katı Yağlar	TS EN 1008: 2003 Bölüm: 6.1.1	Yok	Görünür izlerden (lekelerden) daha fazla olmamalıdır.
Organik Madde	TS EN 1008: 2003 Bölüm: 6.1.2	Yok	Sodyum hidroksit (NaOH) ilâve edildikten sonra nitel olarak belirlenen renk, sarıya dönük kahverengi veya daha açık olmalıdır.
Kurşun (Pb ⁺²)	TS EN 1008: 2003	< 10 ppm (mg/l)	< 100 ppm (mg/l)
Fosfat (P ₂ O ₅)	TS EN 1008: 2003	< 10 ppm (mg/l)	< 100 ppm (mg/l)
Çinko (Zn ⁺²)	TS EN 1008: 2003	< 10 ppm (mg/l)	< 100 ppm (mg/l)
Nitrat (NO ₃ ⁻)	TS EN 1008: 2003	< 50 ppm (mg/l)	< 500 ppm (mg/l)

Analizler 14 Eylül 2007 tarihinde Edirne DSİ laboratuvarına yaptırılmıştır.

3.1.4. Kum

Tekirdağ-Çorlu-Hıdırağa Mahallesi Yulafı Köyü civarından çıkartılarak eleme ve yıkaması yapılarak üretilen kum, hazırlanan karışım oranlarında agrega malzemesinin %20, %15, %10 oranlarında ince malzemeye katkı sağlamak için kullanılmıştır. Beton numunelerinde kum agrega malzemesinin % 10, 15 ve 20' sini oluşturmaktadır.

3.1.4.1. Kumun Elek Analizi (Granülometri) Deneyi

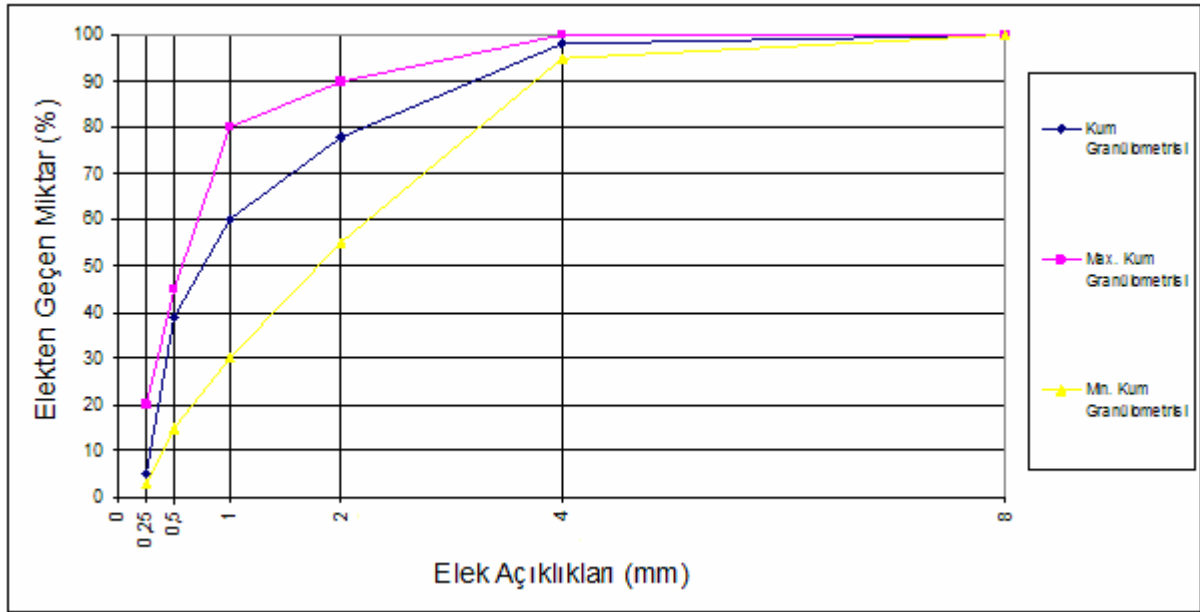
TS 3530 EN 933-1 (Anonim 1999) standardı esaslarına göre Çorlu BetonSA hazır beton tesisi laboratuvarında yapılmıştır. Deney sonuçları Çizelge 3.3.' de, TS 3530' a (Anonim 1999) göre beton kumunun granülometri sınırları Çizelge 3.4.' te verilmiştir. Şekil 3.2.' de görüldüğü gibi kullanılan kumun granülometrisi ideal kumun granülometrik sınırları içinde olup, betonda kullanılacak standarttır.

Çizelge 3.3. Kumun Granülometrisi

Agrega Cinsi	İnce Kum					
Elek Açıklığı, (mm)	8	4	2	1	0,5	0,25
Elekten Geçen, (%)	100	98	78	60	39	5,2

Çizelge 3.4. TS 3530 (Anonim 1999)' a Göre Beton Kumunun Granülometrisi

Elek Açıklığı, (mm)		8	4	2	1	0,5	0,25
Elekten Geçen, (%)	Minimum	100	95	55	30	15	03
	Maksimum	100	100	90	80	45	20



Şekil 3.2. İdeal Kumun ve Kullanılan Kumun Granülometrik Dağılımı

3.1.4.2. Kumun İnce Madde Oranı (Çamurlu Madde) Deneyi

Deney TS 3527 (Anonim 1980) standardındaki agregalarda yıkama metoduna göre Çorlu BetonSA hazır beton tesisi laboratuvarında yapılmıştır. Ağırlıkça ince madde oranı, % 1,1 sonucu elde edilmiştir. TS 3527 (Anonim 1980) standardına göre çökeltme deneyi sonunda çamurlu madde miktarı hacimce % 5,0' ten küçük olması gerektiğinden söz konusu kumun değeri bu standardın altında olduğundan uygun bir malzeme olduğu anlaşılmaktadır.

3.1.4.3. Kumun Özgül Ağırlık, Su Emme ve Gevşek Birim Ağırlık Deneyi

Deney TS 3526 (Anonim 1980) ve TS 3529 (Anonim 1980) standartlarına göre Çorlu BetonSA hazır beton tesisi laboratuvarında yapılmıştır. Deney sonuçları Çizelge 3.5.' te verilmiştir. Söz konusu kum; TS 3529 (Anonim 1980) standardına göre özgül ağırlık ve gevşek birim ağırlık değerinin minimum 1350 kg/m^3 olması şartını sağlamaktadır. TS 3526 (Anonim 1980) standardına göre ise su emme miktarı kum için maksimum % 2 olduğundan bu şartta sağlanmaktadır.

Çizelge 3.5. Kumun Özgül Ağırlık, Su Emme ve Gevşek Birim Ağırlık Oranları

Agrega Cinsi	Kuru Özgül Ağırlık (kg/m ³)	Suya Doygun Yüzey Kuru Özgül Ağırlık (kg/m ³)	Ağırlıkça Su Emme (%)	Gevşek Birim Ağırlık (kg/m ³)
İnce Kum	2580	2560	1,5	1420

3.1.4.4. Kumun Organik Madde Deneyi

TS 3673 (Anonim 1982) standardı esaslarına uygun olarak Çorlu BetonSA hazır beton tesisi laboratuvarında % 3' lük NaOH çözeltisi kullanılarak doğal ince kum üzerinde yapılan deney sonucunda çözeltilerin renginin "Renksiz" olduğu görülmüştür. TS 3673 (Anonim 1982) standardında; NaOH çözeltisinde 24 saat tutulan numunenin rengi standart referans çözeltisi renginde veya daha açık renkte olması gerektiğinden söz konusu kum için bu standart sağlanmış olmaktadır.

3.1.4.5. Kumda MgSO₄ Çözeltisi İle Don Deneyi

Agregalar üzerinde TS EN 1367-2 (Anonim 2001) standardına uygun Çorlu BetonSA hazır beton tesisi laboratuvarında olarak kimyasal yöntemle dona dayanıklılık deneyi MgSO₄ çözeltisi ile yapılmış olup elde edilen sonuçlar Çizelge 3.6.' de verilmiştir. TS EN 1367-2 (Anonim 2001) standardında; MgSO₄ çözeltisi ile yapılan dona dayanıklılık deneyinde ağırlık kaybı en çok % 15 olması şartı kullandığımız kum için geçerli olduğu görülmektedir.

Çizelge 3.6. Kumda MgSO₄ Çözeltisi İle Yapılan Don Deneyi Sonuçları

Agrega Cinsi	Geçen Elek Açıklığı (mm)	Kalan Elek Açıklığı (mm)	Deneyden Sonra İnce Elekten Geçen Miktar Yüzdesi (%)	Granülometri Yüzdesi (%)	Düzeltilmiş Kayıp (%)
İnce Kum	1,11	0,59	10,7	50	5,4
	0,59	0,30	11,8	50	5,9
TOPLAM					11,3

3.1.4.6. Kumun İnce Agregalarda Kavkı Yüzdesi Deneyi

TS EN 933-7 (Anonim 2000) standardı esaslarına göre İstanbul Teknik Üniversitesi Yapı Malzemesi laboratuvarında yapılan kavkı yüzdesi deneyi sonucunda ince kumda kavkı miktarı bulunamamıştır.

3.1.4.7. Kumun Kimyasal Özellikleri

TS EN 1744-1 (Anonim 2000) standardı esaslarına göre İstanbul Teknik Üniversitesi Yapı Malzemesi laboratuvarında yapılan deneyler sonucunda kumun kimyasal özellikleri Çizelge 3.7' de verilmiştir.

3.1.4.7.1. Klor – Sülfat İçeriği

Klorür Oranı % 0,0005 ve Sülfat Oranı % 0,009 olarak bulunmuştur.

3.1.4.7.2. Alkali – Agrega Reaktivitesi Deneyi

TS 2517 (Anonim 1977) standardına göre İstanbul Teknik Üniversitesi Yapı Malzemesi laboratuvarında yapılan deneyde Alkali agrega azalması 75 mmol/litre, çözünen silis (SiO₂) 84,6 mmol/litre olarak bulunmuştur. Bunların haricinde yapılan kimyasal analiz Çizelge 3.7.' de verilmiştir.

Çizelge 3.7. Kumun Kimyasal Analizi

Bileşen / Mineral	Analiz Sonuçları (%)
H ₂ O	2,04
Çözünmeyen Kalıntı	0,03
SiO ₂	79,96
Al ₂ O ₃	9,18
Fe ₂ O ₃	0,98
CaO	1,14
MgO	0,47
SO ₃	0,24
Na ₂ O	1,27
K ₂ O	4,31
Klorür (Cl ⁻)	0,0013
TiO ₂	0,06
BaO	0,09
SrO	0,025
ZrO ₂	0,017
Kızdırma Kaybı	0,18
TOPLAM	100

Bu deney sonuçlarına göre söz konusu malzemeden yapılacak betonun iyi sonuç vermeyeceği anlaşılmaktadır. Ancak 0-2 mm ince kum betonda ince malzemeye katkı olarak toplam karışımda % 20' yi geçmemek şartıyla kullanılmasında sakınca bulunmamaktadır. Çünkü olumsuz etkiye sebep olan maddeler malzeme boyutu büyüdükçe artmakta olup, kuvars miktarı gibi yararlı maddelerin miktarı malzeme boyutu azaldıkça artmaktadır.

3.1.4.8. Kumun Mineralojik ve Petrografik Analizi

Çalışmada kullanılan kum örneğinin Mineralojik ve Petrografik Analizi İTÜ Yapı Malzemesi Laboratuvarında yaptırılmıştır. Bu deneyler sonucunda; aşağıdaki değerler elde edilmiştir.

3.1.4.8.1. Makroskobik İnceleme

Çakıl ve kum boyutlu karışım şeklinde olan malzemenin % 35-40 oranı çakıl boyutlu malzemededir. Malzeme ağırlıklı olarak sarımsı kahve tonlarında, az oranda ise sarımsı kahve gri-yeşil ve siyah renklerde dir. % 10'luk seyreltik asitle köpürme olayına rastlanmamıştır. Malzemede karbonat oranı minerallerde kalsit, dolomit, argonit yoktur. Çakıl ve kum boyutlu malzemenin doğal su içinde suyun rengini çok hafif oranda (az oranda) açık sarımsı bej, tonlarda kirletmektedir. Buradan malzeme yaklaşık % 0,5-2 oranında ince kirletici mineral içermektedir.

3.1.4.8.2. Mikroskobik İnceleme

Alınan numunede ağırlık olarak %35-40' lık kısmını çakıl boyutlu malzeme oluşturmakta olup, çakıllar az köşeli, daha çok yuvarlak şekilli veya küreseldir. Boyutları, 0,3~0,8 cm aralığındadır. Çakıl boyutlu malzemenin mineral bileşim ve model oranı Çizelge 3.8.' de verilmiştir.

Çizelge 3.8. Çakıl Boyutlu Malzemenin Mineral Bileşim ve Model Oranı

Bileşen / Mineral	Kuvars	Kayaç Parçaları (Granit, Porfir ve Aplit)
Model Oran (%)	70-75	25-30

Söz konusu numunede ağırlık olarak % 65~60' lık kısmını kum boyutlu malzeme oluşturmakta olup, beyaz renksiz ve berrak olup, impürte içermez. Kuvars kristalleri daha çok köşeli, az yuvarlak küresellikleri orta ve düşüktür. Kristaller berrak kristali şeffaftır. Feldspat bej, sarımsı beyaz, köşeli, prizmatik şekillerde ayrışma izlenmemiştir. Diğer mineraller Gröna, Epidot Mika (Biotit+Muskovit), Amfibol, Piroksendir. Alkali agrega akıştırılabilir mineralerden Opal-Flint-Poröz mineral tridinit... vd. az oranda ve % 1' in altındadır. İnce boyutlu malzemenin mineral bileşim ve model oranı Çizelge 3.9.' da verilmiştir.

Çizelge 3.9. İnce Boyutlu Malzemenin Mineral Bileşim ve Model Oranı

Bileşen / Mineral	Model Oran (%)
Kuvars	71~77
Feldspat	9~11
Gröna	4~5
Epidot	1~2
Amfibol+Piroksen	2~3
Mika(Biotit+Muskovit)	2~3
Yabancı Kayaç (Gabro, Sist)	3~4
Opal-Fillit-Kalsedon Poröz Kristobalit	0,8~1

3.1.4.8.3. X Işınlari Difraksiyon İncelemesi

Numunenin Cu Ka radyasyon kullanılarak (Philips Difraktometre) gerçekleştirilen x-ışınları ve mika minerallerine ait çizgiler saptanmıştır. Mika çok düşük orandadır (muhtemelen %1~2). Kuvars ana mineraldir. Feldspat tipi K-Feldspat (sanidin)' dir.

Sonuç olarak; numune % 80 civarında kuvars ve %15~18 oranın feldspat içeren malzemedir. Feldspatların hem kum taneleri olarak bulunduğu hem de çakıl bileşenlerden geldiği anlaşılmıştır. Buradan hareketle öncelikle çakıl boyutlu elemanların elek sistemleriyle ayırt edilmesi ile kazanılacak nihai malzemedeki tümüyle kum boyutlu ve kuvarsça zenginleşmiş olacağı düşünülmektedir.

3.1.5. Çalışmada Kullanılan Araç Gereç

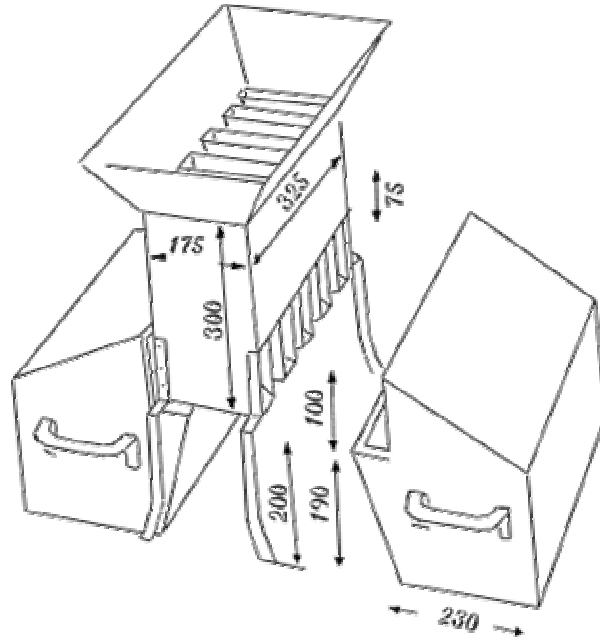
Çalışmada deneylerin yapılmasında yararlanılan laboratuarlarda (Betonsa Çorlu Hazır Beton Tesisinin tam teşekküllü laboratuvarı, Edirne DSİ XI. Bölge Müdürlüğü Beton Laboratuvarı, Akçansa İstanbul Çimento Fabrikası Agregat Laboratuvarı ve İstanbul Teknik Üniversitesi Yapı Malzemesi Laboratuvarı) kullanılan bütün deney; araç, gereç ve makinelerin standartlara uygun olduğu belgeli olup, elektronik ve hidrolik her türlü makinenin belli dönemlerde kalibrasyonları yapılmıştır. Deneylerde plastik ve cam ölçü kabı, hassas terazi, mala, spatula, beton numune için plastik küp kalıplar, kür havuzu, tek eksenli basınç aleti, Los Angeles aleti, ultrases aleti, fırça, gres yağı, etüv, sarsma tablası, elekler, piknometre, beton mikseri, plastik tokmak, şişleme çubuğu ve yüzey sertlik deneyi için schmidt çekici... vb. aletler kullanılmıştır.

3.1.6. Metot

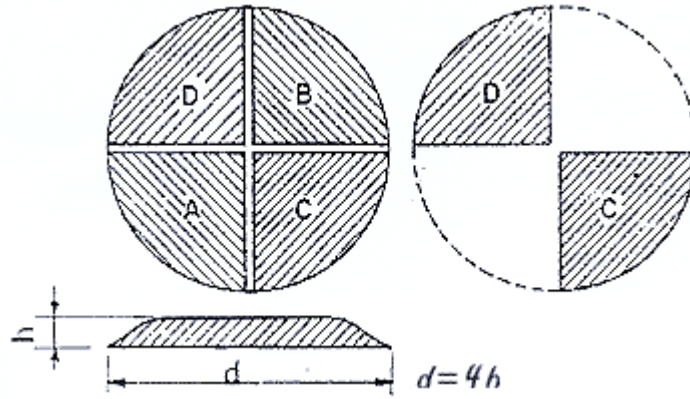
Çalışmada yer alan agregat deneyleri ile bu agregatlar ile hazırlanan beton numuneleri üzerinde yapılan beton deneyleri ile ilgili yöntemlere yer verilmiştir.

3.1.6.1. Agregat Numunelerinin Alınması

Deneyisel çalışmada kullanılacak olan agregatlar önceden belirlenen ocaklardan alınarak Çorlu BetonSA Hazır Beton Tesisinin beton laboratuvarına getirilmiştir. Agregat yığınının belirli bölgelerinden elek analizi yapmak amacıyla TS EN 932-1 (Anonim 1997) 'e uygun şekilde agregatdan numuneler alınmış ve TS EN 932-2 (Anonim 1999)' ye uygun biçimde Şekil 3.3.' teki bölgeç kullanılarak, Şekil 3.4.' teki görülen çeyrekleme yöntemi ile numuneler azaltılmış ve yaklaşık 50 kg. malzeme alınarak agregat deneyleri yapılmak üzere saklanmıştır.



Şekil 3.3. Bölgeç (Numune Ayırıcı) (Ölçüler mm.) (TS EN 932-2 (Anonim 1999))



Şekil 3.4. Dört Eşit Parçaya Bölerek Numune Alma (TS EN 932-2 (Anonim 1999))

3.1.6.2. Agregada Fiziksel Özelliklerin Tayini

Agreganın fiziksel özelliklerinin belirlenmesinde elek analizi, sıkışık ve gevşek birim hacim ağırlık, ince madde oranı, özgül ağırlık ve su emme, aşınma dayanımı, ufalanma, organik madde, Na_2SO_4 çözeltisi ile don, yassılık ve uzunluk deneyleri yapılmıştır.

3.1.6.2.1. Elek Analizi

Elek analizi deneyi, beton yapımında kullanılacak kırmataş ocaklarından alınan agregaların tane büyüklüğü dağılımını (granülometrik bileşimini), tane sınıflarını ve incelik modülünü belirleyebilmek için TS 3530 EN 933-1 (Anonim 1999)' e göre yapılmıştır.

Elek analizi için agrega deneyleri için alınan numuneler, TS 3530 EN 933-1'e (Anonim 1999) uygun olarak etüve konulmuş, 24 saat sonra etüvden çıkarılmıştır. Deney elekleri, yukarıdan aşağıya doğru göz açıklıkları giderek küçülecek şekilde üst üste yerleştirilmiştir. Numuneler kurutulup tartılmış deney numunesi en üstteki eleğin içine konmuş ve eleme işlemi yapılmıştır. Eleme işlemi sonunda her elekte kalan malzeme 0,1 gr duyarlıkta tartılmıştır. Çalışmada kullanılan elek takımı ve elek sarsma makinesi Şekil 3.5' te verilmiştir.



Şekil 3.5. Elek Analizinde Kullanılan Elek Takımı ve Sarsma Makinesi

3.1.6.2.2. Agregada Gevşek ve Sıkışık Birim Ağırlık Deneyi

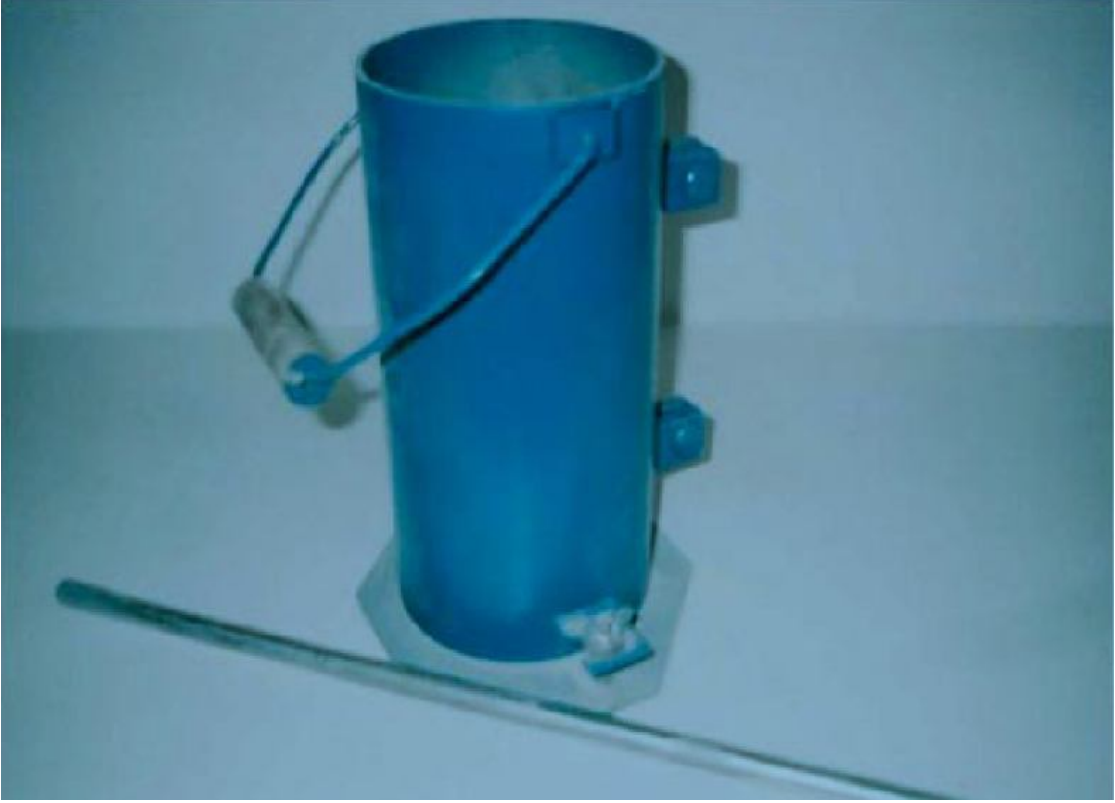
Beton yapımında kullanılacak kırmataş ocaklarından alınan agregaların sıkışık ve gevşek birim ağırlıklarını belirleyebilmek için TS 3529'a (Anonim 1980) göre yapılmıştır.

Sıkışık birim ağırlık deneyi, Şekil 3.6' da gösterilen ağırlığı tartılarak saptanmış uygun bir ölçü kabı, TS 707 (Aralık, 1980)' ye uygun olarak hava kurusu durumuna getirilmiş deney

numunesi ile önce yüksekliğinin üçte birine kadar doldurulur. Agreganın en büyük tane büyüklüğü, 31,5 mm veya daha küçük ise, numune, şişleme çubuğu ile yüzeyin her tarafına yayılacak şekilde 25 vuruş yapılarak şişlenip sıkıştırılır. Sıkıştırma işlemi, kap ikinci kez 2/3 ü, üçüncü kez tamamı taşarcasına doldurularak oluşturulan ikinci ve üçüncü tabakalar için de 25 kez şişlenerek tekrarlanır. Ölçü kabı üst yüzü şişleme çubuğu ile ayrılarak düzeltilir. İlk tabakanın şişlenmesi sırasında çubuğu ölçü kabının tabanına şiddetle vurmaktan kaçınılmalıdır. Diğer tabakaların şişlenmesi sırasında da ancak alt tabakanın üst yüzeyine girecek kadar kuvvetle şişlenmelidir.

En büyük tane büyüklüğü 31,5 mm den büyük ise sıkıştırma için şişleme yerine çarpma uygulanmalıdır. Çarpma için önce ölçü kabının kulplarının olduğu taraflardan bir tarafı yere değerken, öbür taraf yerden 5 cm kadar kaldırılıp serbestçe düşürülür. Düşürme işlemi beton gibi sert bir zemin üzerinde ve ölçü kabının her 1/3 doldurulduğu için 25 kez bir kulp tarafı 25 kez de diğer kulp tarafı olmak üzere toplam 50 kez uygulanır. Şişleme veya çarpma işlemi tamamlandıktan sonra ölçü kabının üst yüzünden taşan agreganın fazlası sıyrılarak alınır Ölçü kabı agreganın ile birlikte tartılır. Son tartım sonucundan kabın ağırlığı çıkartılarak kabın hacmine bölünerek agreganın sıkışık birim ağırlığı bulunur.

Gevşek birim ağırlık deneyinde ise, aynen sıkışık birim ağırlık deneyindeki işlemler yapılmakta, tek fark agreganın, Şekil 3.6' da gösterilen ölçü kabına sıkıştırılmadan kürekle direk doldurulmasıdır.



Şekil 3.6. Gevşek ve Sıkışık Birim Ağırlık Deneyinde Kullanılan Ölçü Kabı ve Şiş (TS 3529 (Anonim 1980))

3.1.6.2.3. İnce Madde Oranı Tayini Deneyi

İnce madde, tane büyüklüğü 0,063 mm den küçük olan malzemedir. Agregada bulunan kil, toprak ve eriyebilir parçacıkları ince maddeyi oluşturur. İnce madde oranı tayini için TS 3527 (Anonim 1980)' e göre deneyler yapılmıştır. Bu deney iki şekilde uygulanır. 4 mm' den küçük boyutlu agregalar için ince madde oranının çökelterek tayini yöntemi ve 4 mm' den büyük boyutlu agregalar için ince madde oranının yıkama ile tayini yöntemi şeklindedir.

İnce madde oranının çökelterek tayini yönteminde, TS 707 (Anonim 1980)' ye uygun olarak oluşturulmuş deney numunesi etüv kurusu durumuna getirilir, tartılarak kuru ağırlığı saptandıktan sonra yaklaşık 750 ml su ile birlikte ölçü silindirinin içine konur. Ölçü silindirinin ağzı kapatılır, 20 dakikalık aralarla üç kez 1-2 dakikalık süre ile şiddetle çalkalanır. Üçüncü çalkalamadan sonra ölçü silindiri ve içindekiler daha sarsılmayacak şekilde bir yere konularak bir saat dinlendirilir. Normal bir gözün ince kum olarak ayırt edebileceği malzemenin üstünde çökelen ince madde yüksekliği ölçülür. Bir saat beklendiği halde ölçü silindirindeki suyun yeterince berraklaşmamış olduğu gözlenir ve bu neden ile çökelpmenin

tümü ile gerçekleşmediği kanısına varılır ise, dinlendirme süresi başlangıçtan itibaren 24 saat geçinceye kadar uzatılır. 1 veya 24 saat dinlendirmenin sonunda çökelen ince madde; çökelen ince madde ağırlığının agreganın etüv kurusu ağırlığına oranı, onda bir hanesine yuvarlatılarak hesaplanır.

İnce madde oranının yıkama ile tayini yönteminde ise, TS 707 (Anonim 1980)' ye uygun olarak oluşturulmuş deney numunesi etüv kurusu durumuna getirilir, tartılarak kuru ağırlığı saptanır. Yeterli miktarda su ile birlikte çalkalama kabına konur. En az 12 saat su içinde bekletildikten sonra 0,063 mm den ince tanelerin daha irilerden ayrılmalarını sağlamak üzere 5 dakika süre ile kuvvetlice karıştırılarak çalkalanır. 8 mm, 1 mm ve 0,033 mm göz açıklıklı elekler sıra ile dizilir ve çalkalanmış olan deney numunesi suyu ile birlikte en üstteki eleğin içerisine boşaltılır. Çalkalama kafamda ince malzeme kalmaması için kap yıkama suyu "berrak hale gelinceye kadar yıkanır ve yıkama suyu eleklerden geçirilir. Eleklerin her üçünün üzerinde kalan agregalar bir araya toplanır etüv kurusu durumuna getirilir ve tartılır. Yıkabilen ince madde, 0,063 mm göz açıklıklı kara gözlü elekten geçen madde etüv kurusu ağırlığının, agreganın etüv kurusu ağırlığına oranı olarak onda bir hanesine yuvarlatılarak hesaplanır.

3.1.6.2.4. Özgül Ağırlık ve Su Emme

Beton yapımında kullanılacak kırmataş ocaklarından alınan agregaların kuru veya doymun kuru yüzey özgül ağırlıklarını ve görünen özgül ağırlığı ile su emme oranını belirlemek üzere TS 3526 (Anonim 1980)' ya göre yapılmıştır. Deneyin uygulamasında ince ve iri agrega için farklılıklar vardır.

İnce agreganın özgül ağırlığı ve su emme oranı tayini yönteminde, TS 707 (Anonim 1980)' ye uygun olarak oluşturulmuş deney numunesi su içerisinde 24 saat bekletildikten sonra ince taneleri kaybolmayacak şekilde suyu süzülerek akıtılır ve bir tava içine yayılır. Tava, tablalı ısıtıcısı üzerine konarak kurutulur. Gerek görülürse vantilatör ile hava akımı oluşturularak ve sürekli karıştırarak çabuk kurumaması ve böylece doymun kuru yüzey haline çabuk gelmesi sağlanır. Numunenin çok kurumamasına özen gösterilmelidir. Doymun kuru yüzey haline erişilip erişilemediğine göz ile muayene ederek karar verilemiyor ise kesik koni veya kesme yöntemlerinden biri uygulanır. Doymun kuru yüzey durumuna getirilmiş olan numune tartılır ve doymun kuru yüzey ağırlığı kaydedilir. Etüv kurusu durumuna getirilir.

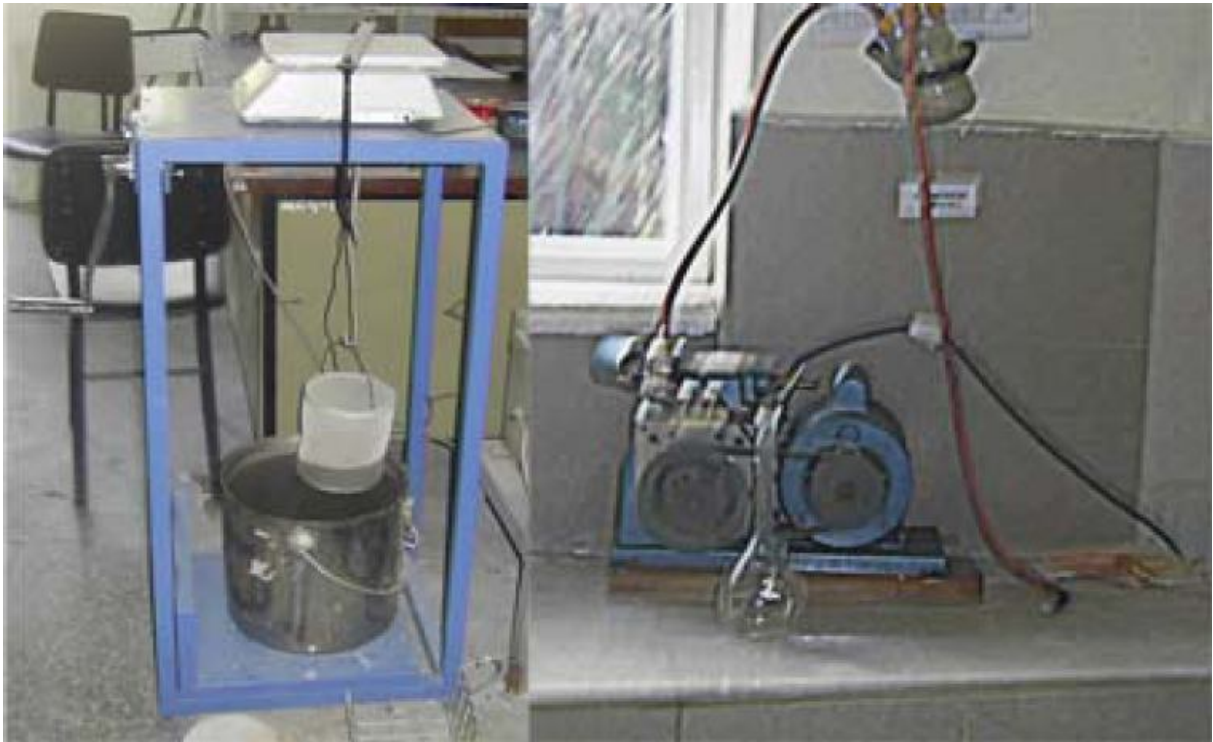
Şekil 3.7' nin sağ tarafında görülen de-sikatöre konarak oda sıcaklığına gelinceye kadar soğutulur. Soğumuş numune cam ölçü kalbına doldurulur birlikte tartılır. Ölçü kabının daha önce saptanmış olan ağırlığı bu tartıdan çıkarılarak numunenin 'kuru ağırlığı' belirlenir. Ölçü kabı yaklaşık 20° C daki su ile yarıya kadar doldurulur ve düz bir yüzey üzerinde hafif hafif vurularak ve aynı zamanda döndürülerek hava kabarcıklarının çıkması sağlanır. Kabarcıkların çıkmasını çabuklaştırmak için vakum pompası kullanılması uygun olabilir. Bir saat beklendikten sonra ölçü kabı yaklaşık 20°C' daki su ile 500 ml (veya 1000 ml) işaret çizgisine kadar doldurulur ve tartılır.

İnce agreganın kuru özgül ağırlığı; numunenin etüv kuru ağırlığının, doygun kuru yüzey durumundaki ağırlığı ile 500 ml çizgisine kadar su ile dolu ölçü kabı ağırlığının toplamından, ölçü kabı-su-numunenin toplam ağırlığı farkına oranı şeklinde hesaplanır. Doygun kuru yüzey özgül ağırlığı; numunenin doygun kuru yüzey durumundaki ağırlığının, doygun kuru yüzey durumundaki ağırlığı ile 500 ml çizgisine kadar su ile dolu ölçü kabı ağırlığının toplamından, ölçü kabı-su-numunenin toplam ağırlığı farkına oranı şeklinde hesaplanır. Görünen özgül ağırlığı; numunenin etüv kuru ağırlığının, etüv kuru ağırlığı ile 500 ml çizgisine kadar su ile dolu ölçü kabı ağırlığının toplamından, ölçü kabı-su-numunenin toplam ağırlığı farkına oranı şeklinde hesaplanır. Son olarak su emme oranı ise numunenin doygun kuru yüzey durumundaki ağırlığından etüv kuru ağırlığı çıkarılır ve etüv kuru ağırlığına bölünür. Sonuç 100 ile çarpılarak bulunur.

Kaba agreganın özgül ağırlığı ve su emme oranı tayini yönteminde ise, TS 707 (Anonim 1980)' ye uygun olarak oluşturulmuş deney numunesi içinde ortalama 20° C' da ki su bulunan bir kap içine konur ve hafifçe sallanarak, taneler üzerindeki toz ve yabancı maddelerden temizlenir. Su içinde 24 saat bekletildikten sonra çıkarılır, suyu süzülür ve tanelerin üzerlerinde 'gözle görülebilen su tabakası (film) kalmayınca'ya kadar kurutulur. İri taneleri teker teker kurulamak gerekebilir. Bu sırada aşın buharlaşmaya yer verilmemelidir. Kurutma biter bitmez, numune hemen tartılarak doygun kuru yüzey ağırlığı bulunur. Doygun kuru yüzey halindeki numune tartıdan hemen sonra Şekil 3.7' nin sol tarafında görülen kafes örgülü tel sepete konarak su dolu kovanın içine su yüzeyinden en az 5 cm daha aşağıda kalacak şekilde daldırılır. Su yüzüne çıkarılmadan kovanın içinde en az 10 kez sertçe kaldırılıp indirilerek sağa sola sallanarak taneler arasında kalabilecek hava kabarcıkları çıkarılır. Daha sonra sepetin kova kenarına dokunmamasına dikkat edilerek özel düzenle terazi kefesinin ortasına yerleştirilir ve doygun malzemenin sudaki ağırlığı bulunur. Numune

sudan çıkarılır ve etüv kurusu durumuna getirilir. Oda sıcaklığına kadar soğutulur ve havadaki kuru ağırlığı kaydedilir.

İri agreganın kuru özgül ağırlığı; numunenin etüv kurusu ağırlığının, doymun kuru yüzey durumundaki ağırlığından, ölçü kabı-su-numunenin toplam ağırlığı farkına oranı şeklinde hesaplanır. Doymun kuru yüzey özgül ağırlığı; numunenin doymun kuru yüzey durumundaki ağırlığının, doymun kuru yüzey durumundaki ağırlığından, ölçü kabı-su-numunenin toplam ağırlığı farkına oranı şeklinde hesaplanır. Görünen özgül ağırlığı; numunenin etüv kurusu ağırlığının, etüv kurusu ağırlığından, ölçü kabı-su-numunenin toplam ağırlığı farkına oranı şeklinde hesaplanır. Son olarak su emme oranı ise numunenin doymun kuru yüzey durumundaki ağırlığından etüv kurusu ağırlığı çıkarılır ve etüv kurusu ağırlığına bölünür. Sonuç 100 ile çarpılarak bulunur.



Şekil 3.7. Özgül Ağırlık Deneyinde Kullanılan Kafes Örgülü Tel Sepet ve De-Sikatör

3.1.6.2.5. Agreganın Parçalanma Direncinin Tayini İçin Los Angeles Metodu

Bu deney iri agregaların parçalanma direncinin tayini için işlemleri kapsar. Los Angeles aşınma dayanımı deneyi, TS EN 1097-2 (Anonim 2000)' ye göre yapılmıştır. Bu deneyde kullanılan cihaz iki tarafı kapalı, eksenini etrafında dönebilen, iç çapı 710 mm, boyu

508 mm olan bir elik silindirden oluşmaktadırdır. Silindir içinde belirli ağırlıkta ve sayıda elik bilyeler mevcuttur. Alet 100 ve 500 devir sonunda silindirden çıkarılan numune 1,6 mm' lik kare gözlü elekten elenerek, alta geçen miktarın %'si hesaplanır. Bu değer deney sonrasındaki kayıp yüzdesini ifade eder. TS 706, 100 dönme sonunda ağırlıkça %10, 500 dönme sonunda %50'den az kayıp varsa agreganın yeterli dayanıma sahip olduğu kabul edilmektedir. Los Angeles deney aleti Şekil 3.8' de görülmektedir. (Akman, 1995)



Şekil 3.8. Los Angeles Aşınma Deney Aleti

3.1.6.2.6. Agregalarda Ufalanma Deneyi

Ufalanma Deneyi agregaların aşınma dayanımı hakkında fikir veren deneydir. Yol ve hava meydanlarında kullanılan betonun yüksek dayanıklı olma zorunluluğu nedeniyle bu betonun üretiminde kullanılan agreganın önemi büyüktür. Bu bakımdan bu gibi yerlerdeki betonun içinde yer alacak olan agreganın çarpmaya dayanıklı olup olmadığının kullanılmadan önce kontrol edilmesi gerekir. Los Angeles metodundan farkı kullanılan numuneler üzerinde uygulanmaktadır. TS EN 1097-2 (Anonim 2000)' ye göre; deney numunesi, darbe deneyi makinesinin harcı içerisine doldurulur ve alkalanmaksızın el ile düzleştirilir. Deney numunesi uygun bir düzenek ile sıkıştırılır ve tokmak 370 mm yüksekliğe kaldırılır. Deney numunesi, şahmerdan ile 10 darbeye maruz bırakılır. Darbeler bittikten sonra tokmak

yukarıya kaldırılır ve deney cihazındaki havan alınır. Parçalanmış deney numunesi dikkatlice bir kaba alınır. Havana yapışan bütün ince taneler, fırça ile kap içine alınır ve deney numunesi daha sonra tartılır. Parçalanmış deney numunesi 0.2, 0.63, 2, 5, 8 mm açıklıklarına sahip beş elek üzerinde TS 3530 EN 933-1 (Anonim 1999)' e göre elenir. Beş elekte kalan fraksiyon ve toplama kabındaki malzeme, en yakın 0,5 gr.' a tartılır. Elemeden sonra, deney numunesinin toplam kütlesi, numunenin orijinal kütlesinden % 0,5' den daha fazla farklı ise, darbe deneyi başka bir deney numunesi üzerinde yapılır.

Her deney numunesi için 5 deney eleği ve tavanın üzerinde kalan malzemenin kütlesi, deneyden önceki deney numunesinin kütlece yüzdesi olarak hesaplanır. Buradan, 5 deney eleğinden geçen malzeme miktarı kütlece yüzde olarak hesaplanır. 5 deney eleğinin her birinden geçen malzeme miktarının kütlece yüzdeleri toplanır ve kütle miktarının toplamı yüzde olarak (M) verilir. Darbe ile parçalanma değeri SZ, M' nin 5' e bölünmesiyle elde edilir.

3.1.6.2.7. Agregalarda Organik Madde Deneyi

Agregalarda organik maddenin bulunup bulunmadığı TS EN 1744-1 (Anonim 1998) standardına göre renklendirme metodu kullanılarak belirlenir. Bu maksatla 1 m³ suya 30 gr. NaOH konulmak suretiyle sodyum hidroksit çözeltisi hazırlanır. Bir cam eprüvetin 100. taksimatına kadar konulan agregaya üzerine bu çözeltilerden 160. taksimata ulaşıncaya kadar dökülür. Eprüvet, içindekiler dökülmeden, kuvvetli bir şekilde çalkalanır. Bundan sonra 24 saat hareket ettirmeden saklanır. Bu süre sonunda agreganın üzerindeki çözelti rengi değişmiştir. Çözeltinin aldığı renge göre Çizelge 3.10' de görülen sonuçlar çıkarılır.(Postalcıoğlu, 1987)

Çizelge 3.10. Agregada Organik Maddelerin Miktarı (TS EN 1744-1 (Anonim 1998))

Çözelti Rengi	Organik Madde	Agreganın Durumu
Renksiz veya Çok Hafif Sarı	Organik Madde ya hiç yok ya da çok az var.	Yüksek kaliteli beton için kullanılmaya elverişlidir.
Safran Sarısı	Az miktarda var.	Normal işlerde kullanılır.
Belirli Kırmızı	Var.	Ancak önemsiz işlerde kullanılır.
Belirli Kahverengi	Çok var.	Kullanılmaz.

3.1.6.2.8. Agregaların Na₂SO₄ Çözeltisi İle Don Deneyi

Soğuk iklimlerde üretilen betonun donma etkisiyle yüzeyinin soyulmaması ve bir bütün olarak betonun parçalanmaması istenir. Betonun dona dayanıklılığında agrega önemli rol oynar. Bu nedenle donma etkisinde kalacak betonlarda kullanılacak agreganın da dona dayanıklı olması istenir. Agreganın dona dayanıklılığı esas olarak don deneyleri ile belirlenir. Öte yandan, agrega üzerine uygulanan don deneyiyle agreganın sağlamlığı hakkında da dolaylı olarak bilgi edinilir.

Agregaların Na₂SO₄ çözeltisine daldırılması ve takiben etüvde kurutulması yoluyla periyodik işleme maruz bırakılan agregaların davranışlarını değerlendirmek için kullanılmaktadır. Agregaların sodyum sülfata karşı dayanıklılık tayini ASTM C 88 (Anonim 2005)' e göre yapılmıştır.

Agreganın donmaya karşı dayanıklılığında bize kesin sonuç veren bir genel deney metodu bulunmamaktadır. Birçok ülkede kullanılan ve aşağıda açıklanan metodun uygulanması sonunda pozitif sonuç veren agregaların donmaya karşı dayanıklı olması beklenmektedir.

Deney için öncelikle 1 lt. suya en az 250 gr. Na₂SO₄ tuzu konularak bir çözelti hazırlanır. Donmaya dayanıklılık bakımından muayene edileceği agregadan boyutları 16-32 mm. arasında bulunan taneler ayrılır. Bu tanelerden 1 kg. malzeme elek içine konularak yukarıdaki şekilde hazırlanan sodyum sülfat çözeltisi içerisine daldırılır. 16 saat çözelti içinde tutulduktan sonra çıkarılır, bir etüvde 105°C de kurutulur, bir süre havaya terk edilir. Çözelti sıcaklığına yani 20°C ye kadar soğutulur.

Bunu izleyerek agrega tekrar çözelti içerisine bırakılmak suretiyle işlem tekrarlanır. Bu şekilde beş işlem, yani agrega beş defa yukarıdaki koşullar altında Na₂SO₄ çözeltisine daldırılır ve çıkarılır. En son işlem sonunda agrega kurutulduktan sonra 16 mm.' lik elekten elenir. Na₂SO₄ çözeltisinin etkisi ile tanelerin parçalanması sonunda karışımın içinde 16 mm. den küçük taneler meydana gelmiştir. Eleme sonunda ayrılan bu tanelerin miktarı, deneye tabii tutulan agrega miktarının (iri agregada) %18' inden fazla değilse malzemenin donmaya dayanıklı olduğu kabul edilir. Na₂SO₄ çözeltisine daldırılan agrega örnekleri Şekil 3.9' da görülmektedir.



Şekil 3.9. Sodyum Sülfat ile Dayanıklılık Tayini Deneyinden Bir Görünüş

3.1.6.2.9. Agregalarda Yassılık ve Uzunluk İndeksi Deneyi

İri agregaların şekil indisi tayini için bir metodu kapsar. Hafif agregalar da dahil olmak üzere tabii ve suni agregaların $D_i \leq 63$ mm ve $d_i \geq 4$ mm olmak üzere, d_i/D_i tane büyüklüğü aralıklarına uygulanır. (Agreganın, geçtiği en büyük (D_i) ve üzerinde aktığı en küçük (d_i) göz açıklığı ile tanımlanan aralık) Agregatanelerinin şekli, olabildiği kadar küresel ve kübik olmalıdır. Hangi şekildeki agregatanesinin kusurlu sayılabileceğine dair literatürde çok geniş fakat farklı çalışmalar yer almaktadır. TS 706 (Anonim 1980) standardına göre agregatanesinin en büyük boyutunun en küçük boyutuna oranı 3' den büyük olan tanelere şekilce kusurlu taneler denir. Tanıma uyan “yassı” veya “uzun” taneler şeklinde kusurlu tanelerdir.

TS 3814 EN 933-4 (Anonim 1999) standardına göre yapılan deneyde; numune, TS EN 932-2 (Anonim 1999)' deki şartlara uygun olarak azaltılır ve (110 ± 5) °C' da sabit

kütleye kadar kurutulur. 4 mm' den daha büyük tanelerin tamamen ayrılmasını sağlamak için, yeterli miktarda titreşim uygulayarak uygun deney elekleriyle elenir. 63 mm göz açıklıklı elekte kalan ve 4 mm göz açıklıklı elekten geçen taneler atılır. Gerekirse numune, deney numunesi kısmını elde etmek için, TS EN 932-2 (Anonim 1999)' ye göre ilâve azaltmaya tâbi tutulur. Deney numunesi kısmının kütlesi M_0 olarak kaydedilir. Deney numunesi kısmının kütlesi, TS 3814 EN 933-4 (Anonim 1999) standardında göre belirtildiği gibi olmalıdır.

$D > 2d$ olan numunelerden alınan deney numunesi kısımları takip eden deney işlemleri sırasında $D_i \leq 2d_i$ olacak şekilde d_i/D_i tane büyüklüğü aralıklarına ayrılır. Deneye tabi tutulan d_i ve D_i değerli tane aralığı deney raporunda verilmelidir. d_i ' den küçük veya D_i ' den büyük taneler ayrılır. Baskın tane büyüklüğü aralığı d_i/D_i ' nin kütlesi, M_1 olarak kayıt edilir. Gerektiğinde verniyeli kumpas kullanılarak her tanenin boyu (L) ve kalınlığı (E) tayin edilir ve $L/E > 3$ olan boyutlu taneler ayrılır. Bu ayrılan taneler, kübik olmayanlar şeklinde sınıflandırılır. Verniyeli kumpas kullanılarak ayrı ayrı sınıflandırılması gereken tanelerin sayısı, L/E oranı belirgin olarak 3' ten farklı olan tanelerin önceden ayrılması ile azaltılabilir. Kübik olmayan taneler tartılır ve kütlesi M_2 olarak kayıt edilir.

$D > 2d$ olan deney numunesi kısımları, TS EN 933-1' e uygun olarak elenmeyle, $D_i \leq 2d_i$ olan d_i/D_i tane büyüklüğü aralıkları halinde ayrılır. Deneye tabi tutulan d_i ve D_i değerli tane aralığı deney raporunda verilmelidir. Her bir tane büyüklüğü aralığının kütlesi M_i olarak kaydedilir ve her bir d_i/D_i tane büyüklüğü aralığının kütlesinin deney numunesi kısmının kütlesine (M_0) göre yüzdesi hesaplanır ve bu değer V_i olarak kaydedilir. M_0 ' ın % 10' undan daha az bir kısmını oluşturan herhangi bir d_i/D_i tane büyüklüğü aralığı dikkate alınmaz. İstendiğinde, geriye kalan ve 100' den daha az tane içeren herhangi bir d_i/D_i büyüklüğü aralığı, deney raporuna kaydedilmelidir. Aşırı sayıda tane içeren d_i/D_i büyüklük aralıkları, TS EN 932-2 (Anonim 1999)' ye göre tekrar azaltma işlemine tabi tutulabilir. Fakat bu azaltmadan sonra belirtilen tane büyüklüğü aralığında en az 100 tane kalmalıdır. Kalan her bir d_i/D_i büyüklüğü aralığında deneye tabi tutulacak tanelerin kütlesi M_{1i} olarak kaydedilir. Verniyeli kumpas kullanılarak, ayrı ayrı sınıflandırılması gereken tanelerin sayısı, L/E oranı belirgin olarak 3' ten büyük olan tanelerin önceden ayrılması ile azaltılabilir. Bu taneler kübik olmayan tane olarak sınıflandırılır. d_i/D_i tane büyüklüğü aralığındaki kübik olmayan taneler tartılır ve kütlesi M_{2i} olarak kayıt edilir.

$D < 2d$ olan deney numunesi kısımlarının şekil indisi (SI), aşağıdaki formüle göre hesaplanır;

$$SI = (M_2/M_1) \times 100$$

$D > 2d$ olan deney numunesi kısımlarının azaltılmamış tane büyüklük aralıkları şekil indisi (SI) aşağıdaki formüle göre hesaplanır ve şekil indisi (SI) değeri, en yakın tam sayıya yuvarlatılarak kaydedilir.

$$SI = (\sum M_{2i} / \sum M_{1i}) \times 100$$

$D > 2d$ olan deney numunesi kısımlarının azaltılmış tane büyüklük aralıkları deneye tabi tutulan tane büyüklük aralıklarındaki kübik olmayan tanelerin yüzdesi hesaplanır ve SI_i olarak kayıt edilir. Aşağıdaki eşitliğe göre kübik olmayan tanelerin ağırlıklı ortalama yüzdesi SI hesaplanır ve kübik olmayan tanelerin ağırlıklı ortalama yüzdesi en yakın tam sayıya yuvarlatılarak kaydedilir.

$$SI = \sum (V_i/S_{ii}) / \sum V_i$$

TS 706 (Anonim 1980) standardına göre tane büyüklüğü 8 mm ve daha fazla olan iri agregalarda şekilce kusurlu (yassı veya uzun) tanelerin oranı % 50'den çok olmamalıdır. ABD' nin ASTM Standartlarında, şekilce kusurlu agrega oranının en fazla ne kadar olabileceğine dair bir sınır değeri belirtilmemektedir. Ancak, ABD' de "The Corps of Engineers Specifications – ABD Ordu Mühendisleri Şartnamesi" şekilce kusurlu agrega tanelerinin oranının % 25' ten fazla olmaması gerektiğini belirtmektedir. (Erdoğan, 1995)

Şekilce kusurlu tane oranının yüksek olması, taze betonun işlenebilmesini olumsuz yönde etkilemekte, taze betonda su ihtiyacını ve terlemeyi (kanamayı) artırmakta, betonun perdelanarak düzgün yüzeye getirilebilmesini güçleştirmektedir. Şekilce kusurlu agrega kullanıldığında, taze betonda istenilen işlenebilme ancak daha çok miktarda su kullanılarak elde edileceğinden, sonuç olarak, sertleşmiş betonun dayanımı, dayanıklılığı, büzülmesi ve ekonomisi olumsuz yönde etkilenmektedir. (Erdoğan, 1995)

Bütün beton agregalarının temiz, sağlam ve sert olmaları istenir. Ayrıca, bu özellikleri içeren bir agregada yassı ve uzun tanelerin miktarı çok fazla olmamalıdır; yassı ve uzun

tanelerin miktarı % 40~45' ten fazla olduğu takdirde o agregayı beton yapımında, normal olarak, kullanmamak gerekir. Kusurlu tanelerin miktarı çok olduğunda taze betonda istenilen işlenebilme, betona ancak daha fazla karma suyu katarak sağlanabilir ki bu durumda istenilen dayanım için gerekli olan su-çimento oranının yükselmesine neden olur. su-çimento oranının yüksek olması beton dayanımının daha düşük olmasına yol açacağından hesaplanan ilk su-çimento oranını muhafaza edebilmek için, su miktarını artırınca, çimento miktarını da artırmak gerekir. Betondaki çimento miktarının artması da ekonomiyi etkiler. O bakımdan, beton yapımına daha uygun bir başka agrega temini ekonomik yönden çok büyük problem yaratmıyorsa, kusurlu agregayı kullanmamak gerekir. Öte yandan, bir başka agreganın temini çok zor ve pahalı olacak ise ve kusurlu agrega ile daha fazla çimento kullanarak istenilen betonun elde edilmesi yine de daha ucuza geliyorsa o zaman yassı ve uzun taneli agreganın kullanılabilmesini hesaba katmak gerekir. (Erdoğan, 1995)

3.1.6.3. Agregada Kimyasal Özelliklerin Tayini

Agreganın kimyasal özelliklerinin belirlenmesinde suda çözünen klor içeriği, asit köklü SO₂ içeriği, alkali agrega reaktivitesi, minerolojik ve petrografik analizleri yapılmıştır.

3.1.6.3.1. Agregalarda Suda Çözünen Klor İçeriği Deneyi

TS EN 1744-1 (Anonim 2000) standardına göre yapılan Volhard Metodu kullanılarak suda çözünebilir klorür tuzlarının tayini deneyi, deniz kökenli agregalar gibi agregaların tuzlu suya daldırılması veya doğrudan temasıyla oluşan klorür muhtevası için uygundur. Çöl kökenli bazı agregaların ince öğütülmesiyle yapılan nitrik asit ekstraksiyon deneyi, bu maddede belirtilen su ekstraksiyon metodundan anlamlı bir şekilde daha yüksek seviyelerde klorür gösterebilir. Bir agrega deney numunesi parçası, klorür iyonlarını uzaklaştırmak için su ile ekstrakte edilir. Ekstraktın analiz metodu Volhard titrasyonuna dayanır. Burada, gümüş nitrat çözeltisinin fazlası klorür çözeltisine ilâve edilir ve reaksiyona girmeyen kısım, standart tiyosiyonat çözeltisiyle, indikatör olarak amonyum demir (III) sülfat çözeltisi kullanılarak geri titre edilir. Klorürler, agreganın kütlece yüzdesi olarak klorür iyon muhtevası şeklinde rapor edilir. Laboratuvar numunesi TS EN 932-1 ve TS EN 932-2 (Anonim 1999)' de belirtilen işlemlere göre alınmalı ve katıları temsil ettiği gibi, nem muhtevasını da temsil etmelidir. Numunesi TS EN 1744-1 (Anonim 2000) standardında belirtilen anma agrega büyüklüğü için verilen değerlerden daha az olmayacak miktara azaltılır. Alt numune (azaltılmış numune)

(110±5)°C’ da sabit kütleye 24 saat kadar kurutulur. Alt numune 16 mm göz açıklıklı elekte elenir ve büyük taneli numuneler aşırı öğütmeden sakınarak elekten geçecek şekilde öğütülür. Birleştirilir ve iyice karıştırılır. TS EN 932-2 (Anonim 1999)’ de belirtilen işlemler kullanılarak her biri yaklaşık (2±0,3) kg iri agregalı veya her biri yaklaşık (500±75) g olan ince agregalı deney numunesi parçası elde edilir. Hafif agregalar söz konusu olduğunda, iki deney numunesi parçası yaklaşık 1 litredir.

Ekstraktların (özüt) hazırlanması için iri agregalar ve hafif agregalar için 5 litre kapasiteli iki geniş ağızlı cam, plâstik veya metal şişe ve ince agregalar için 2 litre kapasiteli iki şişe kullanılır. Her bir şişe tartılır ve kütleleri 1 gr. yaklaşımla kaydedilir. Elde edilen deney numunesi parçaları şişelere konur. Şişeler ve içindekiler tartılır, kütleleri 1 g yaklaşımla kaydedilir. Her bir şişedeki agrega kütlesi farktan hesaplanır. Her bir şişeye deney numunesi parçasının kütlesine eşit kütlede su ilâve edilir. Hafif agregalar için 1 litre su ilâve edilir. Şişeler, 60 dakika boyunca bir çalkalayıcıda karıştırılır. Sonra, ekstraktlar kuru, orta gözenekli süzgeç kâğıdından temiz kuru bir beherde en azından 100 ml berrak veya yarı berrak bir süzüntü toplanıncaya kadar süzülür.

Ekstraktların klorür muhtevasının tayini için, 100 ml süzölmüş ekstrakt, 100 ml’ lik bir pipetle alınır ve 250 ml’ lik bir erlene aktarılır. Erlene 5 ml nitrik asit ilâvesini takiben bir büret ile bütün klorürler çökene kadar gümüş nitrat çözeltisi ve biraz fazlası ilâve edilir. Sülfid ihtiva eden agregaların analizi yapılırken, çözeltilerin 3~5 dakika kaynama sıcaklığının hemen altına kadar ısıtılması sağlanır. Beyaz renkli bir sülfür çökeleği oluşabilir ama süzölüp atılmasına gerek yoktur. Soğutulur ve gümüş nitrat çözeltisi ilâve edilir. En az 3 ml tiyosiyanat çözeltisinin titresini sağlayacak miktarda gümüş nitrat gereklidir. İlâve edilen gümüş nitrat çözeltisinin toplam hacmi V_5 , kaydedilir. 2 ml 3, 5, 5 - trimetilhekzan-1-ol ilâve edilir, tapa takılır ve çökelek oluşması için erlen kuvvetle çalkalanır. Tapa çözelti kaybetmekten sakınarak, dikkatlice çıkarılır ve su ile çalkalanır, yıkama suyu çözeltide toplanır. 5 ml amonyum demir (III) sülfat indikatör çözeltisi ilâvesini takiben ayarlı tiyosiyanat çözeltisi bir büretle ilk kalıcı renk değişimi, yani yarı berrak beyaz renk mat kahverengiye dönüşüncüye kadar ilâve edilir. Çözelti, ayarlama için kullanıldığı zamanki gibi aynı renkte olur. İlâve edilen tiyosiyanat çözeltisinin hacmi V_6 , kaydedilir. İkinci deney numunesi ekstraktı için de aynı işlemler tekrarlanır. Her ekstraktın tayinlerinin sayısı bir olarak sabittir. Deney sonuçları, iki ekstraktın tayinlerinin sonucunun ortalaması olarak verilir. Sonuç olarak, Agreganın klorür muhtevası, C, aşağıdaki eşitlikten hesaplanır,

$$C = 0,003546 W [V_5 - (10 \times CT \times V_6)] (\%)$$

Donatılı betonda kullanılacak agregalarda, donatının korozyona karşı korunmasını tehlikeye sokan, örneğin nitratlar, halojenürler (florür hariç) gibi tuzlar zararlı miktarda bulunmamalıdır. Ön gerilmeli beton için kullanılacak agregalarda, suda çözünen klorürler, klor olarak hesaplandığında ağırlıkça % 0,2' den fazla bulunmamalıdır. Çalışmada agregaların klor içeriği Volhard Metodu kullanılarak suda çözünebilir klorür tuzlarının tayini deneyi ile saptanmış olup, TS 706 (Anonim 1980)' ya göre karşılaştırılmıştır.

3.1.6.3.2. Agregalarda Asit Kökenli SO₃ İçeriği Deneyi

TS EN 1744-1 (Anonim 2000) standardına göre yapılan seyreltik hidroklorik asitle, agrega deney numunesi parçasından ekstrakte edilen sülfatlar, gravimetrik metotla tayin edilirler. Sülfat iyonu muhtevası agreganın kütlece yüzdesi olarak ifade edilir. Laboratuvar numunesi TS EN 932-1 ve TS EN 932-2 (Anonim 1999)' de belirtilen işlemlere göre alınmalı ve katıları temsil ettiği gibi, nem muhtevasını da temsil etmelidir. TS EN 1744-1 (Anonim 2000) standardında belirtilen anma agrega büyüklüğü için verilen değerlerden daha az olmayacak miktara azaltılır. Kademeli olarak kırılır, alt numune azaltılır. Sonra, 0,125 mm göz açıklığı olan deney eleğinden geçen yaklaşık 20 gr.' lık bir kütle elde edilene kadar öğütmeye ve azaltmaya devam edilir. Deney numunesi parçası olarak bu maddeden yaklaşık 2 gr. alınır. Eğer bu işlem sırasında kurutma gerekirse, sıcaklık, sülfatların oksitlenmemesi (110±5)°C' u geçmemelidir.

Deney numunesi parçası (m₆), 0,1 mg yaklaşımla tartılır ve 250 mL' lik bir behere konarak, 90 ml soğuk su ilâve edilir. Karışım kuvvetlice karıştırılırken, 10 ml derişik hidroklorik asit ilâve edilir. Çözelti hafif ısıtılır ve yassı uçlu bir cam karıştırma çubuğu ile katılar dağıtılır. Çözelti, 15 dakika kaynama noktasının hemen altında tutulur. Önemli miktarda karbonat ihtiva eden agregalar asit ilâvesiyle köpürürler. Bu gibi durumlarda, sürekli karıştırılarak yavaşça asit ilâve edilir. Sülfat ihtiva eden agregalar asitlendirildiğinde H₂S açığa çıkar ve belirgin kokusundan fark edilir. Bu gibi durumlarda, sülfatların oksidasyonu nedeniyle, bu işlemde sülfat muhtevasının olduğundan daha fazla bulunması tehlikesi vardır. Herhangi bir oksidasyondan sakınmak için, 90 ml su ve 10 ml derişik hidroklorik asit 250 ml' lik bir behere konarak kaynama noktasına ısıtılır. Isı kaynağından uzaklaştırılır ve deney

numunesi parçası asit çözeltisine serpererek eklenir. Kalıntı, 400 ml' lik bir behere orta dereceli süzgeç kâğıdından süzülür. Sıcak su ile iyice yıkanır. Yıkamalarda gümüş nitrat deneyiyle klorür iyonlarının bulunmadığı kontrol edilir. Hacim yaklaşık 250 ml' ye ayarlanır; eğer gerekirse (1+11)' lik hidroklorik asit ile metil kırmızısı indikatörünün kırmızı renk vermesi için asitlendirilir. Kaynama durumuna getirilir ve 5 dakika kaynatılır. Çözeltinin berraklığı kontrol edilir, değilse, deney yeni bir deney numunesi parçası ile tekrarlanır. Kaynama noktasına gelen çözelti kuvvetlice karıştırılırken, damla damla kaynama noktasının hemen altına ısıtılmış 10 ml baryum klorür çözeltisi ilâve edilir. Baryum sülfat çökeleği olgunlaştırılır, süzülür ve yakılır. 0,1 mg yaklaşımla tartılır ve çökeleğin kütlesi (m_7) hesaplanır. Sonuç olarak; SO_3 olarak ifade edilen, agreganın asitte çözünebilen sülfat muhtevası aşağıdaki eşitlikten hesaplanır.

$$\text{Sülfat Muhtevası} = (m_7 / m_6) \times 34,30 (\%)$$

Kükürtlü bileşikler cinslerine, agrega içindeki miktarlarına ve yapının içinde bulunduğu ortam koşullarına bağlı olarak, betonda zararlı değişikliklere neden olabilirler. Burada kükürtlü bileşiğin cinsi ve dağılışı önemlidir. Örneğin iyi sıkıştırılmamış betonlarda, hava akımı ve rutubet vasıtasıyla oksitlenen sülfatlar (alkali sülfatlar jibs, anhidrit gibi) zararlı olabilir. Sülfatlar betondaki kireç ve alüminyum bileşikleri ile reaksiyona girerler ve zamanla büyüyen kristaller meydana getirerek betonun parçalanmasına neden olurlar. TS 706 (Anonim 1980)' ya göre, beton için kullanılacak agregalarda sülfat içeriği % 1' den fazla bulunmamalıdır. TS 706 EN 12620 (Anonim 2003) standardına göre ise toplam kükürt muhtevası, S cinsinden; havada soğutulmuş yüksek fırın cürufu için kütlece % 2' yi, havada soğutulmuş yüksek fırın cürufu dışındaki agregalar için % 1' i aşmamalıdır.

3.1.6.3.3. Agregalarda Alkali Agregata Reaktivitesinin Kimyasal Yolla Tayini Deneyi

Alkali-agregata reaksiyonu agreganın reaktif silis bileşenleri ile çimentonun alkalileri (Na_2O ve K_2O) arasında oluşan kimyasal bir olaydır. Bu olay son yıllarda, alkali-silis reaksiyonu olarak da adlandırılmaktadır. Çakmaktaşı, çört, kumtaşı, basalt, opalinli kaya kökenli agregalarda bulunabilecek opal, kuartz, tridimit, kristobalit gibi reaktif silisler, beton içerisindeki çimentonun alkalileri ile reaksiyona girerek çok büyük genleşme kapasitesine sahip alkali-silis jellerinin oluşmasına yol açar. Alkalilerle agrega arasında yer alan reaksiyonlar, bazen beton yapımında aylar, hatta yıllar sonra oluşurlar. Sertleşmiş beton

içerisinde yer alabilecek bu tür reaksiyonlar sonucunda oluşan büyük genleşme sertleşmiş betonun çatlamasına, kırılmasına neden olurlar.(Erdoğan, 1995)

Agregalarda, alkali-agrega reaksiyonuna yol açabilecek reaktif silis bulunup bulunmadığının saptanması için şu standartlar vardır. ABD' de ASTM standartlarından ASTM C295 (Anonim 1994) petrografik deney yöntemi, ASTM C227 (Anonim 2003) harç Çubukları yöntemi, ASTM C289 (Anonim 1994) çabuk Kimyasal yöntem ve TS 2517 (Anonim 1977) Alkali Agregata Reaktivitesinin Kimyasal Yolla Tayinidir.

ASTM Standartlarındaki yöntemler arasında en sağlıklı ve en çok kullanılan ASTM C227 (Anonim 2003) harç çubukları yöntemidir. Bu yöntemde göre, kullanılacak agregata önce kum boyutuna öğütülmekte ve çimento ile karıştırılarak elde edilen harçtan 25*25*286 mm boyutlu prizmalar yapılmaktadır. Harç prizmaların boyu zaman içerisinde hassas olarak ölçülerek genleşme miktarı bulunmaktadır. Harç prizmaların boyu 3 ay sonunda % 0,05 veya 6 ay sonunda % 0,10' dan fazla olduğu takdirde kullanılan agreganın fazla miktarda reaktif silis içerdiği kanaatine ulaşılmaktadır.(Erdoğan, 1995)

TS 2517 (Anonim 1977) standardına göre yapılan beton agregalarının alkali agregata reaktivitesi tayini deneyinde ise agreganın maksimum tane çapı göz önüne alınarak agregayı temsil edecek miktarda (2-4 kg) numune alınır. Kalın agregata önce delik açıklığı 4 mm olan elekten geçecek şekilde bir çeneli kırıcıda kırılır. Elde edilen kırma taş ve ince agreganın tamamı delik açıklığı 0,250 mm olan elekten geçecek şekilde ezilir. Değirmenden çıkan ezilmiş malzeme delik açıklığı 0,250 ve 0,125 mm olan elek serisinden elenir. Delik açıklığı 0,125 mm olan elek altına geçen kısım atılır. Delik açıklığı 0,250 mm olan elek üzerinde kalan malzeme yeniden ezilir ve elenir. Bu işleme numunenin tamamı delik açıklığı 0,250 mm olan elekten geçinceye kadar devam edilir. 0,125 mm lik elek üzerinde kalan malzeme elek üzerinde yıkanır, yıkanmış numune 105 ± 5°C lük etüvde 20 ± 4 saat kurutulur. Soğutulur ve 0,125 mm lik elekten yeniden elenir, bu elek üzerinde kalan kısım deney için saklanır. Hazırlanmış ve kurutulmuş numuneden 25,00 ± 0,05 g lık üç numune tartılır. Her üç numune ayrı reaksiyon kabına konur. Üzerine pipet veya büretle 25 nü 1,000 N sodyum hidroksit çözeltisi ilâve edilir. Dördüncü reaksiyon kabına yalnız 25 ml sodyum hidroksit çözeltisi konularak tanık numune olarak hazırlanır. Reaksiyon kaplarının ağzı kapatılır. Derhal 80 ± 1,0°C lük termostatik su banyosu içine konur. 24 ± 1/4 saat su banyosunda tutulduktan sonra banyodan çıkarılır, akar su altında tutularak 15 ± 2 dakikada oda sıcaklığına kadar soğutulur.

Soğuduktan sonra reaksiyon kaplarının ağzı açılır. İçine çabuk süzen bir filtre kâğıdı yerleştirilmiş bir porselen Gooch krozesinden kuru bir kap içine vakum ile süzülür, önce reaksiyon kabı içinde bulunan çözelti karıştırılmaksızın huniye aktarılır. Çözeltinin tamamı aşağı geçince vakum kesilir.

Reaksiyon kabı içinde kalan agrega paslanmaz çelikten yapılmış bir spatula ile süzgeç kâğıdı üzerine alınır, tekrar vakum yapılır. Süzme işlemine, 10 saniyede 1 damla düşünceye kadar devam edilir (Filtre kâğıdı yıkanmaz). Süzüntü saklanır. Süzme için geçen süre kaydedilir. Bütün deneylerde süzme süresi aynı tutulur. Şahit denemede, üç numunede ayrı ayrı tespit edilmiş olan süzme sürelerinin ortalamasına eşit bir süre vakum tatbik edilir. Süzme işlemi biter bitmez, süzüntü çalkalanarak homojen hale getirilir. Süzüntüden kuru bir pipetle 10 ml çekilerek 200 ml lik bir balon jöjeye alınır. Damıtık su ile 200 ml' ye tamamlanır. Bu çözelti, çözünmüş silisin ve alkali azalmasının tayini için saklanır. Çözünmüş silisin tayini için silis konsantrasyonuna göre kullanılan 2 metot mevcuttur.

Gravimetrik Metot, litrede 50 milimol den daha ihtiva eden çözeltiler için uygulanır. TS 2517 (Anonim 1977) standardına göre hazırlanmış 200 ml çözeltiden bir pipetle 100 ml çekilir. 400 ml' lik bir behere konur, üzerine 5 - 10 ml derişik hidroklorik asit katılır ve su banyosu üzerinde kuruluğa kadar buharlaştırılır. Su banyosundan alınır, soğuduktan sonra 5 - 10 ml derişik hidroflorik asit ve 5~10 ml damıtık su ilâve edilir. Beherin ağzı kapatılır. 10 dakika su banyosunda veya elektrik ocağı üzerinde bekletilir. Çözelti üzerine kendi hacmine eşit miktarda sıcak damıtık su ilâve edilir ve hemen süzülür. Ayrılan silisyum dioksit çökeltisi önce sıcak 1/99 seyredik hidroklorik asit çözeltisi ile sonra sıcak su ile yıkanır. Süzüntü kuruluğa kadar yeniden buharlaştırır. $105 \pm 5^\circ \text{C}$ sıcaklıkta 1 saat bekletilir. Kalıntı üzerine 10 - 151 ml seyreklik hidroklorik asit katılır ve su banyosunda veya elektrik ocağında ısıtılır. Çözelti kendi hacmi kadar sıcak damıtık su ile seyreltilir. Çökelti varsa süzülür ve daha önce yapıldığı şekilde yıkanır. Her iki silis çökeltisi birleştirilerek platin kroze konur. Kurutulur, alev almamasına dikkat edilerek yakılır. $1100^\circ\sim 1200^\circ\text{C}$ sıcaklıkta değişmez ağırlığa kadar kızdırılır, soğutulur ve tartılır. Platin kroze içinde bulunan silis üzerine birkaç damla su, 10 ml hidroflorik asit ve bir damla derişik sülfürik asit konur. Bir çeker ocak içinde kuruluğa kadar dikkatle buharlaştırılır. Kalıntı $1100^\circ\sim 1200^\circ\text{C}$ sıcaklıkta bir fırın içinde 1~2 dakika ısıtılır, soğutulur ve tartılır. Bu tartım ile ilk tartım arasındaki fark silis miktarını verir (M_j). Aynı çözeltiler kullanılarak şahit numune üzerinde de aynı işlemler yapılır ve silis miktarı bulunur. Çözünmüş silis şu formülle hesaplanır.

$$S_c = (M_1 - M_2) * 3330$$

Kolorimetrik Metot, litrede 50 milimolden daha az silis ihtiva eden çözeltiler için uygundur. Standard silis çözeltilerinden uygun miktarlarda çekilerek konsantrasyonu 0,0 ile 0,5 m mol/l arasında değişen bir seri ayar çözeltileri hazırlanarak kalorimetrede okunur. Ayar çözeltileri şöyle hazırlanır. Standard sodyum silikat çözeltilerinden, hazırlanacak konsantrasyona göre hesaplanarak uygun hacimde çözelti çekilir ve 100 ml lik balon jöjeye konur. Balonun yansıma kadar damıtık su katılır. 2 ml amonyum molibdat çözeltileri ve 1 ml 1/1 seyrettik hidroklorik asit çözeltileri konur ve çalkalanarak karıştırılır. 15 dakika oda sıcaklığında bekletilir. 1,5 ± 0,2 ml oksalik asit çözeltileri konur ve balonun işaret çizgisine kadar damıtık su ile tamamlanır. 5,0 ± 0,1 dakika oda sıcaklığında bekletilir. Kolorimetre tüpüne konulan çözeltilerin, yaklaşık 410mµ' luk filtre ile geçirgenliği okunur. Okunan değerler ordinatta ve mmol/l olarak silis konsantrasyonları apsiste olmak üzere bir ayar eğrisi çizilir. Numunede kolorimetrik metotla silis tayini şöyle yapılır. TS 2517 (Anonim 1977) standardına göre hazırlanmış 200 ml' lik çözeltilerden pipetle 10 ml çekilir ve 100 ml' lik bir ölçülü balona konur. Aynen ayar çözeltilerinde yapıldığı gibi gerekli reaktifler ilâve edilir ve ayar eğrisi çizilmiş bir kalorimetrede okunur. Kalorimetrede okunan değer, 30' dan aşağı veya 50' den yukarı ise, silis çözeltileri numunesinde 10' ml yerine daha az veya çok çekilerek deney yeniden yapılır. Çözünen silis konsantrasyonu şu formülle hesaplanır.

$$S_c = 20x (100/V) * C$$

Alkali Azalmasının tayini için, TS 2517 (Anonim 1977) standardına göre hazırlanmış 200 nü' lik çözeltilerden 20 ml numune çekilir. 100 ml lik bir erlenmayere konur. 2-3 damla fenolftalein çözeltileri damlatılır. 0,05 N hidroklorik asit çözeltileri ile dönüm noktasına dek titre edilir. Alkali azalması şu formülle hesaplanır.

$$R_c = (20N/V_1) * (V_3 - V_2) * 1000$$

Aynı bir agrega numunesi için yapılan üç deney sonucu aşağıdaki koşullara uygun bulunmazsa deney tekrar edilir. Elde edilen alkali azalması (B_c) ve çözünmüş silis (S_c) değerleri 100 mmol/l' den daha küçük ise, her bir deney sonucu ortalama değerden en çok 12 mmol/l fark yapmalıdır. Elde edilen alkali azalması (R_c) ve çözünmüş silis (S_c) değerleri 100

mmol/l' den daha büyük ise, her bir deney sonucu ortalama değerden en çok % 12 fark yapmalıdır.

Sonuç olarak, muayene edilen agreganın alkali azalması (R_c) ve çözünmüş silis (S_c) değerleri kullanılarak standarttaki grafik yardımıyla söz konusu agreganın grafikteki yeri saptanır. Grafikte I nolu bölgeye düşen agregalar, alkali - agrega reaktivitesi bakımından zararsız sayılırlar. Bu agregalar alkalinitesi % 0,60 dan yüksek olsun veya olmasın her çeşit çimento ile birlikte kullanılabilir. Grafikte II nolu bölgeye düşen agregalar, zararlı etki yapan mineralleri ihtiva etmekle beraber, morlar - bar deneyinde ölçülen şişme değeri zararlı sınırın altında kalabilir. Bu nedenle bu bölgeye düşen agregalar TS 707 (Anonim 1980)' de verilen alkali - agrega reaktivitesi deneyi ile birlikte değerlendirilmelidir. TS 707 (Anonim 1980)' de verilen ve doğrudan şişme miktarının ölçülmesine dayanan deney uzun sürelidir (6 - 12 ay). Kimyasal deney kısa zamanda sonuç almak üzere yapılır. Ancak agrega içinde Magnezyum karbonat, demir karbonat veya fazla miktarda magnezyum silikat bulunması halinde kimyasal deney ile yanıltıcı sonuçlar alınabilir. Bu nedenle bu bölgeye düşen agregaların ayrıca TS 707 (Anonim 1980)' de verilen deneye de tabi tutulması uygundur. Grafikte III nolu bölgeye düşen agregalar alkali - agrega reaktivitesi bakımından zararlı sayılırlar. Bu agregalar alkalinitesi % 0.60' dan yüksek olan çimentolarla birlikte kullanılmamalıdır.

Alkali agrega reaksiyonu (AAR) 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. AAR' nin başlıca türü alkali silika reaksiyonudur. Alkali-Silika Reaksiyonunun (ASR) önemli derecede oluşması üç faktöre bağlıdır.

- a. Çimentodaki alkali oksit ($Na_2O + 0,658 K_2O$) miktarı % 0,6' dan büyük ise;
- b. Agregada alkaliye duyarlı silisli mineraller bulunuyor ise; (Yurdumuzda bulunan agregalardaki alkaliye duyarlı tanelerin; opalli kumtaşı, diğer opalli taşlar ve reaksiyon yapabilen çakmaktaşı olmak üzere 3 grupta toplanabileceği belirtilmektedir. TS 706 (Anonim 1980))
- c. Betonda yeterli miktarda rutubet bulunuyor ise; ASR aşağıda açıklanan iki aşama sonunda zararlı etkisini gösterir;

Alkali + Silika → Jel (Alkali Silikat Çözeltisi)

Jel + Rutubet → Genleşme

Burada 2. aşama sonunda meydana gelen genleşme çatlamalara yol açarak, betonu hasara uğrattır.

3.1.6.3.4. Agregaların Mineralojik - Petrografik Analiz Değerleri Deneyi

Granit, siyenit, diorit, gabro ve bazalt gibi sağlam kaliteli kayadan elde edilen agregalar beton agregası olarak kullanılabilir. Ancak bunların çimento hamuru ile olan aderansları istenen düzeyde değildir. Yapraksı dokuya sahip, mikaşıst gibi kayalardan elde edilen agregaların beton agregası olarak kullanılması sakıncalıdır. Silis, kuvarz durumunda uygundur, ancak silis içeren kayalardan elde edilen agregaların kullanılması betonda hacim sabitliğini bozabilir. Kalker ve dolomit kökenli agregalar beton için en uygun olanlarıdır. Ancak dolomitlerin kil damarları içermesi sakınca yaratabilir.

Yeterli mekanik dayanıma sahip, yapraklanmış dağılmayan, su ile temas edince şişmeyen, hacim değişimine uğramayan, sülfat etkisine yol açmayan, çimento ile alkali reaktivitesi göstermeyen ve bazı kimyasal reaksiyonlarda beton hasarına yol açmayan agregalar betonda kullanılır.

Bu çalışmada agregaların mineralojik – petrografik analiz değerleri için deney yapılmamıştır. Ancak İTÜ veya özel laboratuvarlar tarafından yapılan deney sonuçlarından yararlanılmıştır.

3.1.6.4. Araştırmada Kullanılan Agregalarla Oluşturulan Taze Betonlar Üzerine Yapılan Deneyler

3.1.6.4.1. Taze Beton İçin Su/Çimento Oranı ve Birim Hacim Ağırlığı Deneyi

Taze beton, betonun karıştırma işlemi bittikten sonra sahip olduğu işlenebilirliğini belirli bir değişme olmadan koruyabildiği süre içindeki halidir. (Şekil, 3.10.) TS 2941 (Anonim 1978) standardı, tartma yöntemi ile taze betonun birim ağırlığının bulunmasını, taze betonda verim, çimento miktarı (dozaj) ve hava miktarı ile karma suyu, agrega varsa katkı

maddesi miktarlarının tayinini kapsar. Belirli bir hacim içerisinde sıkıştırılarak yerleştirilmiş taze betonun birim hacmine isabet eden ağırlığın kg/m^3 olarak ifade edilmesine birim hacim ağırlığı denir. Betonda hava miktarı, betondaki kapalı agrega boşlukları haricinde mevcut hava hacminin beton hacmine oranının yüzdesi olarak ifadesidir. Taze betonun verimi (randımanı), betonu oluşturan maddelerin belirli miktarlarda bir arada karıştırılıp sıkıştırılmaları sonucu elde edilen taze betonun gerçek hacmidir.

TS 2941 (Anonim 1978)' e göre beton, yaklaşık olarak eşit hacimlerde olan üç tabaka halinde ölçme kabı içerisinde yerleştirilir. Her tabaka şişleme çubuğunun 14 dm^3 ten küçük hacimli kaplarda 25, daha büyük hacimli kaplarda 50 darbesi ile sıkıştırılır. Darbeler tabaka yüzeyinde düzgün olarak dağılmalıdır. Her tabakanın sıkıştırılmasından sonra kabın kenarlarına tokmak ile 10 - 15 kere vurularak beton içinde kalması mümkün olan boşluk ve hava kabarcıkları giderilmelidir. Alt tabakanın şişlenmesi sırasında çubuğun tabakanın bütün derinliğine nüfuzu sağlanmalı ancak kabın dibine çok sert olarak vurulmamalıdır. Orta ve üst tabakaları sıkıştırırken darbelerin şiddeti çubuğun bir alttaki tabakaya yaklaşık 25 mm derinliğine kadar girmesini sağlayacak şekilde ayarlanmalıdır. Üst tabaka yerleştirilirken betonun kaptan çok fazla taşmamasına dikkat edilmelidir. Sıkıştırılmış olan beton yüzeyi, ölçme kabı üst seviyesinde veya bu seviyeye çok yakın olmalıdır. Gereğinde numune betonundan bir miktar ilâve edilir veyahut fazla beton bir mala ile alınır. Daha sonra sıyırma levhası yardımı ile beton yüzeyi kabı tam üst seviyeye kadar dolu bırakacak şekilde sıyırılarak düzlenir. Bu işlem sırasında sıyrılan beton tabakasının kalınlığı yaklaşık 3 mm den fazla olduğu takdirde deney tekrarlanır. Sıyırma işlemi için sıyırma levhası önce beton yüzeyinin yarısını kaplayacak şekilde beton yüzeyine bastırılır ve yatay olarak geriye çeküle. Levha sonra tekrar sıyrılan yüzeye konulur ve üstten basarken ileriye doğru sürülerek geri kalan yüzeyin sıyırılması sağlanır. Daha sonra beton tamamen düzleninceye kadar levha eğik olarak beton yüzeyi üzerinde boydan boya hareket ettirilir. Ölçme kabı içindeki betonun yüzeyi tamamen düzlendikten sonra kabın kenarlarına ve dış yüzüne bulaşmış olan beton silinerek temizlenir. Dolu kap terazide tartılır ve brüt ağırlıktan kabın tara ağırlığının çıkartılması sonucu kaptaki betonun net ağırlığı tayin edilir.

Taze betonun birim ağırlığı, ölçme kabındaki betonun net ağırlığının ölçme kabının kalibre edilmiş hacmine oranı şeklinde hesaplanır. Sonuç; kg/m^3 olarak ve en yakın kg/m^3 değere yuvarlatılmış olarak ifade edilir.

Taze betonun verimi, beton karışımındaki çimento ağırlığı, karma suyu ağırlığı, ince ve iri agreganın ağırlığı (kullanıldığı nem durumuna göre) ve varsa, katı veya sıvı katkı maddelerinin toplam ağırlığının toplamının taze betonun birim ağırlığına oranı şeklinde hesaplanır ve en yakın % 0,1 değerlerine kadar hesaplanır ve m^3 olarak ifade edilir.

Relatif verim, taze betonun veriminin beton karışım hesapları sırasında, teorik olarak elde edilmesi öngörölmüş olan taze beton hacmine oranı şeklinde hesaplanır. Relatif verim, 1,00 den büyük değeri gereğinden fazla beton imal edilmekte olduğunu, 1,00 den küçük değeri ise gereğinden az beton imal edilmekte olduğunu belirtir. 1,00 den çok fazla sapması ise birim ağırlığın tayini sırasında veya teorik taze beton hacminin hesaplanmasında hatalar bulunduğunu gösterir.

Taze betondaki gerçek çimento miktarı, beton karışımındaki çimento ağırlığının verime oranı şeklinde hesaplanır ve en yakın $1 \text{ kg}/m^3$ değere yuvalatılarak ifade edilir.

Taze betondaki hava miktar, beton karışımından elde edilen taze betonun gerçek hacminden hava hariç betonu oluşturan maddelerin mutlak hacimleri toplamı çıkarılarak elde edilen sonucun beton karışımından elde edilen taze betonun gerçek hacmine oranının 100 ile çarpılması ile yüzde olarak hesaplanır ve en yakın % 0,1 değere yuvarlatılarak ifade edilir. Her maddenin m^3 olarak mutlak hacmi, karışımındaki ton olarak ağırlığının, özgül ağırlığına bölünmesi ile elde edilir. Bu amaçla ince ve iri agregaya için kullanılacak ağırlık ve hacim özgül ağırlığı değerleri agreganın doygun yüzey kuru durumuna göre hesaplanmalıdır. Karma suyu ağırlığı da bu esasa göre ve net su-çimento oranına uygun olarak işleme girmelidir. TS 19 (Anonim 1974)' a uygun olarak imal edilmiş olan çimentoların özgül ağırlıkları $3,15 \text{ kg}/\text{cm}^3$ olarak kabul edilebilir. Diğer tür çimentolar için özgül ağırlık TS 24 (Anonim 1977)'e uygun olarak tayin edilir. Betonda varsa, katı veya sıvı katkı maddelerinin özgül ağırlıkları uygun bir yöntemle tayin edilmelidir.

Taze betonun hava hariç, teorik birim ağırlığı, beton karışımındaki çimento ağırlığı, karma suyu ağırlığı, ince ve iri agreganın ağırlığı (kullanıldığı nem durumuna göre) ve varsa, katı veya sıvı katkı maddelerinin toplam ağırlığının toplamının hava hariç betonu oluşturan maddelerin mutlak hacimleri toplamına oranı şeklinde hesaplanır. Betonu oluşturan maddelerin özellikleri ve karışımındaki oranları değişmediği takdirde, taze betonun hava hariç, teorik birim ağırlığı değeri sabit kalır.

Taze betondaki gerçek karma suyu miktarı; beton karışımındaki karma suyu ağırlığının beton karışımından elde edilen taze betonun gerçek hacmine oranı şeklinde, ince agrega miktarı; beton karışımındaki ince agreganın ağırlığının beton karışımından elde edilen taze betonun gerçek hacmine oranı şeklinde, iri agrega miktarı; beton karışımındaki iri agreganın ağırlığının beton karışımından elde edilen taze betonun gerçek hacmine oranı şeklinde ve katkı maddesi miktarı ise; beton karışımındaki katı veya sıvı katkı maddelerinin toplam ağırlığının beton karışımından elde edilen taze betonun gerçek hacmine oranı şeklinde hesaplanır. En yakın 1 kg/m^3 değere yuvarlatılarak ifade edilir.



Şekil 3.10. Karışım Oranlarına Göre Hazırlanan Beton Karışımlarının Taze Beton Hazırlanması İçin Mikserde Karıştırılması

3.1.6.5. Sertleşmiş Beton Deneyleri

Sertleşmiş beton deneylerinden; basınç dayanımı, beton yüzey sertliği yolu ile yaklaşık basınç dayanımı, birim ağırlık, betonda ultrases hızı ile ölçüm, özgül ağırlık ve su emme deneyleri yapılmıştır. Deneysel çalışmalarda 7, 28 ve 90 günlük numuneler üzerinde analizler yapılmıştır.

3.1.6.5.1. Tek Eksenli Basınç Dayanımı Deneyi

Bu deney belirli yaşlardaki beton numuneleri birim alanının taşıyabileceği yük miktarının belirlenmesi ve aynı karışımla üretilen betonun gerçek uygulamadaki elemanın taşıyabileceği yük hakkında fikir yürütmek amacıyla kullanılmaktadır. Basınç dayanımı TS EN 12390-3 (Anonim 2003)' e göre yapılmıştır.

TS EN 12390-3 (Anonim 2003)' e göre yapılan deneyde numune, deney makinesine yerleştirilmeden önce, yüzeyindeki fazla su kurulanır. Deney makinesi yükleme başlıklarının yüzeyleri silinerek temizlenir ve numunenin başlıklarla temas edecek yüzeylerinde bulunan herhangi gevşek çıkıntı veya tane alınır. Deney numunesi ve deney makinesinin yükleme başlığı arasında, aralık ayarlama blokları ve ilâve plâkalardan başka yerleştirme parçası kullanılmamalıdır. Küp numuneler, yük uygulama yönü beton döküm yönüne dik olacak konumda yerleştirilmelidir. Numuneler, makinenin alt yükleme başlığı üzerine merkezlenerek yerleştirilmelidir. Küp numuneler, belirtilmiş boyutunun veya silindir numuneler, belirtilmiş çapının $\pm \%1$ 'i doğrulukla merkeze yerleştirilmelidir. İlâve yükleme plâkaları kullanılıyorsa bunlar, numunenin alt ve üst yüzeylerine göre ayarlanmalıdır. Kullanılan deney makinesi iki kolonlu ise, küp numuneler, mastarlanmış yüzeyi kolona bakacak şekilde yerleştirilmelidir.

Yük, numuneye, darbe tesiri olmaksızın, seçilen hızdan (0,2 MPa/s (N/mm².s) - 1,0 MPa /s (N/mm².s)) arasında sabit bir yükleme hızı sapma, $\pm \%10$ 'u geçmeyecek şekilde, en büyük yüke ulaşıncaya kadar sabit hızda uygulanmalıdır. Elle kumanda edilen deney makinelerinde, numunenin kırılma aşamasına yaklaşıldığında, yükleme hızında meydana gelen düşme eğilimi, yük ayar vanası kullanılarak ayarlanır. Göstergeden okunan en büyük yük kaydedilir.

Basınç dayanımı, aşağıda verilen eşitlik kullanılarak hesaplanır. Basınç dayanımı, en yakın 0,5 MPa (N/mm²)'ye yuvarlatılarak gösterilmelidir.

$$f_c = F/A_c$$

Burada;

f_c : Basınç Dayanımı, MPa (N/mm²),

F: Kırılma Anında Ulaşılan En Büyük Yük, N,

A_c: Numunenin, üzerine basınç yükünün uygulandığı en kesit alanı, mm².

Bu alan, (TS EN 12390-1) numune üzerinde ölçülen gerçek boyutlar kullanılarak hesaplanır.

Beton numuneleri Şekil 3.11' deki şekilde kalıba yerleştirilmesi sarsma tablası kullanılarak yapılmıştır. Kalıptan çıkarılan beton örnekleri Şekil 3.12' deki kür havuzunda bekletilmiştir. Sertleşmiş beton örnekleri Şekil 3.13' deki tek eksenli basınç aleti ile kırılmıştır.



Şekil 3.11. Karışımı Tamamlanmış Taze Betondan 15*15 cm Ebatlarında Küp Numune Olarak Hazırlanması



Şekil 3.12. Kür Havuzuna Yerleştirilmiş Beton Numuneleri



Şekil 3.13. Tek Eksenli Basınç Aleti

3.1.6.5.2. Beton Yüzey Sertliği Yolu İle Yaklaşık Basınç Dayanımı Deneyi

Yüzey sertliği yolu ile yaklaşık beton dayanımının tayini bu metodun uygulanabileceği alanların belirlenmesi amacıyla kullanılmaktadır. Yüzey sertlik dayanımı TS 3260'a (Anonim 1978) göre yapılmıştır.

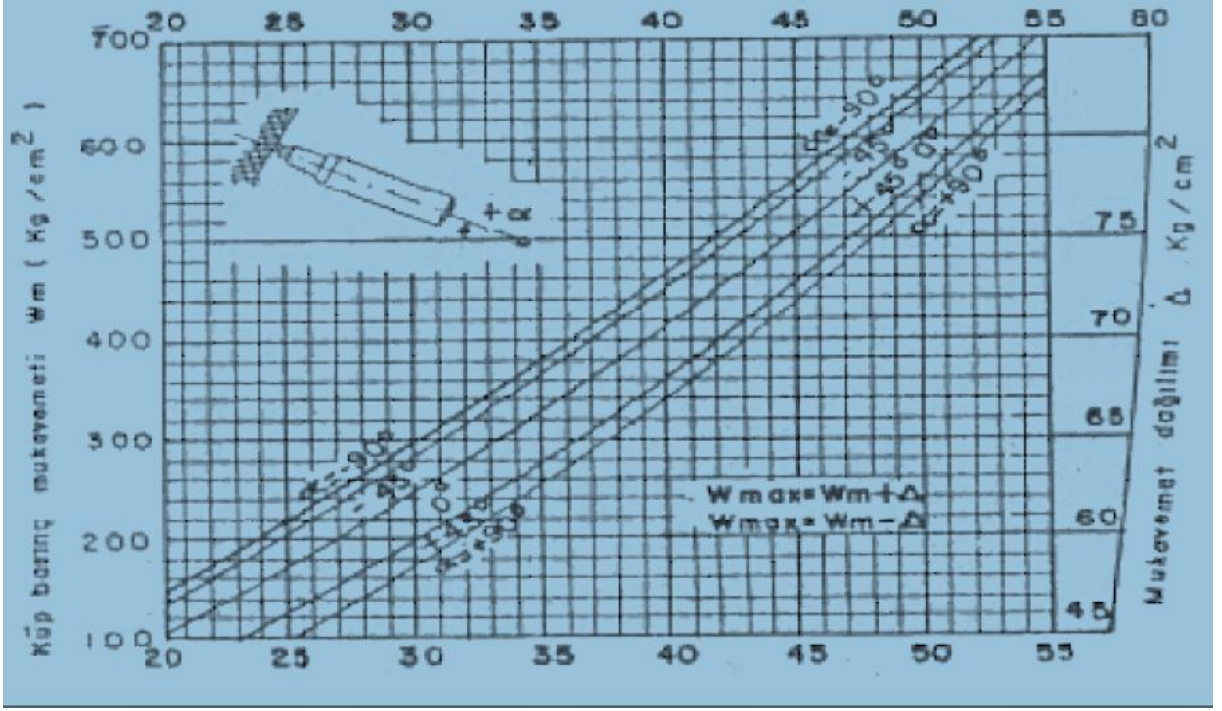
Yüzey sertliği deney yöntemleri beton niteliğini yaklaşık olarak belirtir ve ön dökümlü veya yerinde dökülmüş betonlardaki nitelik denetim işlemleri için ön bilgiler verir. Genel olarak yüzey sertliği deney sonuçları ile betonun dayanımı ve diğer ölçülebilen özellikleri arasında kesin bir ilişki veya orantı kurulamamaktadır. Deney sonuçlarındaki yanlıgıyı azaltmak için; özel koşullar için gösterge değerlerinin saptanması gerekir. Betondan kesilen bir numune üzerinde yapılan basınç dayanımı deneyi gibi ek bir bilgi olmadan, yalnız, yüzey sertliği deney sonucunun vereceği bilgi, dökümünden üç aydan fazla bir süre geçmiş betonda, dayanımın saptanması için yeterli değildir. Beton üzerinde, sertlik yöntemleriyle yapılan deneylerin bugüne değin kullanılan diğer yöntemlerle yapılan deneylerin yerini alacak deneyler değil, yalnız tamamlayıcı veya yararlı ek deneyler olarak düşünülmesi gerekir. Bu deneyler yalnız üzerinde deney yapılan beton yüzeyinin (yaklaşık olarak 30 mm derinliğine değin) nitelikleri hakkında bilgi verir. Bu aygıtlar yalnız beton yüzeyinin rölatif sertliği üzerinde bir değer verir. Beton sertlik deneyi sonuçlarının betonun diğer nitelikleriyle olan ilişkisi ancak aynı koşullarda daha önceden yapılan deneylerin sonuçlarıyla yorumlanabilir. Betonun dayanımı ve diğer nitelikleri ile ilgili sertlik indeksi değerleri, aygıtların tipine ve yapan firmaya göre değişmektedir. Mümkün olduğunda, uygulamadan önce, belirli beton ve belirli koşullar için gösterge değerlerinin saptanması gerekir.

TS 3260'a (Anonim 1978) göre deney; uygun bir aygıt seçilir (geri tepmeli çekiç tipi veya bilyeli çekiç tipi ve uygun bilye büyüklüğü). Aygıtın doğru çalışıp çalışmadığı denetlenir. Beton taşıyıcının düzgün, temiz ve kuru bir yüzeyi seçilir. Bunun kalıba gelen bir yüzey olması tercih edilir ancak gerekli düzeltmeler yapıldığı veya özel kalibrasyon yapıldığı takdirde üstte kalan serbest bir yüzey veya mala ile düzeltilmiş bir yüzeyde yeterli olabilir. Yüzeyde iğreti duran bir tabaka var ise, bu aşındırıcı bir araçla alınmalıdır, iyi sıkıştırmama, çimento şerbetinin akıp gitmesi, parçalama veya yontma sonucu oluşan kaba yüzeyler güvenilir sonuçlar vermez. Böyle yüzeyler üzerinde deneyler yapılmamalıdır. Gerçeğe yakın iyi bir ortalama bulmak için en azından dokuz ve genellikle 25'i aşmayan okuma elde etmek gerekir. 25 ten çok okuma elde etmekle, ortalamanın gerçeğe yakınlığı fazla artmaz. 9 ile 25

arasında değişen ayrı ayrı alınan okumalar, 300 mm x 300 mm' yi geçmeyen bir alan üzerinde kısıtlamak, bütün bir taşıyıcı veya bileşen üzerinde rastgele okumalar almaktan normal olarak daha iyidir. 20 mm - 50 mm' lik karelağlar yapılmalı, bunların keşiştiği yerler okuma noktaları olarak alınmalıdır. Bu işlem, deneyi yapanın okuma noktalarının seçiminde daha objektif olmasını sağlar. Durum gerektirirse, bir taşıyıcı veya bileşen üzerinde birden fazla deney yapılmalıdır. Deneyler arasındaki farklar o taşıyıcı veya bileşen betonunun değişkenliği için bir ölçü olacaktır. Böylelikle deneyler beton döküm derinliğine göre değişik sonuçlar verecektir. Bu da, beton döküm derinliğinin üst ve altlarında, yerleşerek sıkışmanın ve çimento şerbetinin akmasının doğurduğu su/çimento oranları arasındaki farklılıkların yansımasıdır. Beton döküm derinliği daha az olan yerlerdeki deney sonuçlarında daha düşük değerler elde edilir. Ortalamayı alırken en küçük ve en büyük değerler hariç olmak üzere bütün okumalar, kullanılmalıdır.

Bir deneyde yeterince homogen numuneler üzerinde alınan okumalar arasında farklılık çoğu zaman % 7 civarındadır, ancak bu fark % 15 e kadar da yükselebilir. Genellikle, okumalar arasındaki farkların betonun dayanımı arttıkça küçüldüğü, kalın agreganın miktarı ve büyüklüğü arttıkça büyüdüğü görülür. Çarpmaların uygulanılacağı noktalar, kenarlardan veya beton bileşendeki sürekliliğin önemli ölçüde kesintilere uğradığı yerlerden en az 20 mm uzaklıkta bulunmalıdır. Normal büyüklükteki beton donatı demirlerinin yüzeye olan uzaklıkları normal ise, sertlik değerleri üzerinde bir etkisi yoktur. Fazla narin olan kirişler, kalınlığı 100 mm' den az olan ince paneller ve döşeme betonları, çarpma altında titreşen yerlerinde daha düşük değerler verir. Bu durum yüzey sertliğinin değerlendirilmesinde göz önünde bulundurulmalıdır. Aygıtın uygulama yönleri çoğunlukla yatay veya düşeydir ancak uygulama yönünü değiştirmemek koşuluyla, deney herhangi bir yönde yapılabilir. Deneyin yapıldığı belirli bir yön için düzeltmeler veya kalibrasyon değerleri aygıtla beraber verilir.

Her deneyde, elde edilen 9 ile 25 adet arasındaki okumanın ortalaması, en büyük ve en küçük okumalar Standard sapma ve değişme katsayısı verilir. Beton taşıyıcının tamamı için okumaların istatistik katsayıları verilir. Sertlik deney çekicinin uygulandığı yapı bileşeninin betonu ile bu aygıtın kalibrasyonunda kullanılan deney numunesi betonu arasındaki benzerliğin derecesi belirtilir. Beton numunelerinin yaklaşık dayanımları Şekil 3.14.' deki grafikten yararlanılarak bulunmuştur.



Şekil 3.14. Schmidt Çekicinde Vuruş Açısı İle Maksimum ve Minimum Mukavemetler Bağıntısı (Bayazıt 1988)

3.1.6.5.3. Betonda Ultrases Hızı Ölçümü Deneyi

Ultrases hızı ile ölçüm ASTM C 597 (Anonim 2002)' ye göre yapılmıştır. Malzeme testinde kullanılan ultrases (Şekil 3.15), piezzo elektrik metodu ile elde edilmiştir. Beton numunenin bir ucuna ultrasesi oluşturan verici, diğer ucuna da malzeme içinden geçen ses dalgalarını alan bir alıcı yerleştirilmiştir. Alıcı tarafından tutulan ses dalgaları bir osilografına nakledilerek sesin örnek içinden geçiş zamanı tespit edilerek burada sesin örnekteki yayılma hızı bulunmuştur.



Şekil 3.15. Ultrases Aleti

3.1.6.5.4. Hazırlanan Beton Numunelerinin Özgül Ağırlık, Su Emme Deneyi

Sertleşmiş betonda; özgül ağırlık, su emme ve boşluk oranı, betonun etüv kurusu ağırlığı ile suya doymuş ağırlığı arasındaki fark ile hava ve su içinde yapılan tartılardan yararlanarak belirlenir. Sertleşmiş deney numunelerine ait betonlarda, özgül ağırlık, su emme ve boşluk oranı tayini TS 3624 (Anonim 1981)' e göre yapılmıştır.

Deney numuneleri istenilen şekil ve büyüklükte silindirik küp veya prizma parçalarından da olabilir. Ancak bir deney numunesi ağırlığı yaklaşık olarak 800 gr.' dan veya hacimce 350 cm³' ten az olmamalı ve numune üzerinde gözle görülür çatlaklar yarıklar ve kırık kenarlar bulunmamalı ve olabildiğince düzgün yüzeyli olmalıdır.

Laboratuarda belirli bir beton karışımı için hazırlanan deney numuneleri TS 3068 (Anonim 1980)'e uygun olarak en az 6 adet hazırlanmalıdır. Yapılardaki betonlardan kesilerek veya karot olmak suretiyle veya alınmış karot parçalarından hazırlanan deney numuneleri de yapılabilir. Ancak deney numuneleri en az 6 adet olmalıdır. Ayrıca 6 adet numunenin 3 adedi gerektiğinde deneyin tekrarı için saklanmalıdır.

Laboratuarda hazırlanan deney numuneleri deney yaşına kadar TS 2940 da öngörülen standart kürde, yapı betonundan kesilerek hazırlanan deney numuneleri ise deney başlamadan önce 48 saat süreyle $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ sıcaklığında su içinde tutulmalıdır.

Etüv kurusu ağırlıkların tayini, deney numuneleri tartıldıktan sonra $100^{\circ}\text{C} - 105^{\circ}\text{C}$ arasındaki sıcaklıkta bir etüvde, 24 saat kurutulur. Etüvden çıkarılan deney numuneleri kuru havada, tartılır. Birbirini izleyen bu iki tartımdan elde edilen ağırlık farkı küçük ağırlığın % 0,5 inden fazla ise, deney numuneleri yeniden bir 24 saatlik kuruma süreci için etüve konur. Bu işleme birbirini izleyen iki tartım arasındaki fark elde edilen en düşük ağırlığın % 0,5' inden daha küçük bir değere ininceye kadar devam edilir ve bu değere erişildikten sonraki kuru ağırlık saptanır.

Etüv kurusu ağırlığı saptanmış numuneler $20^{\circ}\text{C} \pm 25^{\circ}\text{C}$ ye kadar soğutulduktan sonra $21^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ sıcaklıktaki su içine batırılır. Numuneler su içinde 24 saat bekletilir ve bu sürenin sonunda sudan çıkarılan numunelerin yüzey ıslaklığı bir havlu ile alınıp tartılır. Tekrar suya konulan numuneler 24 saatlik bir süre sonunda sudan çıkarılarak yüzey ıslaklığı alınarak tartılır. Birbirlerini izleyen iki tartım arasındaki fark büyük ağırlığın % 0,5' inden az oluncaya kadar 24 saatlik aralıklarla suda tutma ve tartma işlemi sürdürülür. Ardışık iki tartım arasındaki farkı % 0,5' ten az olan son tartım değeri, doymuş kuru yüzeyli numune ağırlığı olarak kaydedilir.

Su içinde kaynatma sonrası suya doymuş ağırlıklarının tayini, doymuş kuru yüzeyli numune ağırlığı bulunmuş ve son tartımı yapılmış deney numuneleri bir kaynatma kabı içine konulur. Kap, deney numunelerinin üzeri örtülünceye kadar su ile doldurulur. Daha sonra 5 saat süreyle kaynatılır. Sonra sıcaklığı $20^{\circ}\text{C} - 25^{\circ}\text{C}$ ye düşünceye kadar 14 saatten az olmamak üzere çevre sıcaklığında soğumaya bırakılır. Kaptan çıkarılan deney numunelerinin yüzey ıslaklığı bir havlu ile alınır ve tartılır. Böylece önce suya doymuş duruma getirilmiş olan numunelerin su içinde kaynatma sonrası doymuş kuru yüzey ağırlıkları bulunmuş olur. Burada uygulanan kaynatma yönteminin; özellikle yeterli olgunluğa, erişmemiş betonlarda hidrasyona etki ederek beton boşluk hacminde değişmelere ve genleşmeler sonucu çatlamalara neden olabileceği göz önünde bulundurulmalıdır.

Ağırlıkça su emme oranı; doymuş kuru yüzeyli ağırlığından kuru ağırlığı çıkarılır elde edilen sonucun kuru ağırlığa oranı 100 ile çarpılarak hesaplanır. Sonuç % olarak belirtilir.

Sertleşmiş beton deney numunelerinin su emme yüzdesi (kaynatılarak); suya doymun ağırlığından kuru ağırlığı çıkarılır elde edilen sonucun kuru ağırlığa oranı 100 ile çarpılarak hesaplanır. Sonuç % olarak belirtilir.

Kuru özgül ağırlığı; kuru ağırlığın suya doymun ağırlık ile su içindeki ağırlık arasındaki farkın oranı şeklinde hesaplanır. Birimi (kg/dm^3)' dir.

Doymun kuru yüzey özgül ağırlığı; doymun kuru yüzeyli ağırlığın, suya doymun ağırlık ile su içindeki ağırlık arasındaki farkın oranı şeklinde hesaplanır. Birimi (kg/dm^3)' dir.

Görünür özgül ağırlığı, kuru ağırlığın, kuru ağırlık ile su içindeki ağırlık arasındaki farkın oranı şeklinde hesaplanır. Birimi (kg/dm^3)' dir.

Görünür boşluk oranı; suya doymun ağırlığı ile kuru ağırlık arasındaki farkın, suya doymun ağırlık ile su içindeki ağırlık arasındaki farka oranı elde edilir. Sonucun 100 ile çarpılarak hesaplanır. Sonuç % olarak belirtilir.

En az 3 numunede denenir ve aritmetik ortalaması alınarak nihai sonuca varılır.

3.1.6.6. Karışım Oranları

Bu çalışmaya konu olan malzemeler ile beton deney numuneleri hazırlanmış ve Çizelge 3.11' deki gibi simgelenmiştir.

Çizelge 3.11. Deney Numunelerine Ait Simgeler

Kodu	Beton Dozajı
BK1 300	Beşiktepe Bazalt 300 Çimento Dozajlı Beton Deney Numunesi
BK1 400	Beşiktepe Bazalt 400 Çimento Dozajlı Beton Deney Numunesi
BK1 500	Beşiktepe Bazalt 500 Çimento Dozajlı Beton Deney Numunesi
BK2 300	Karatepe 1 Bazalt 300 Çimento Dozajlı Beton Deney Numunesi
BK2 400	Karatepe 1 Bazalt 400 Çimento Dozajlı Beton Deney Numunesi
BK2 500	Karatepe 1 Bazalt 500 Çimento Dozajlı Beton Deney Numunesi
BK3 300	Karatepe 2 Bazalt 300 Çimento Dozajlı Beton Deney Numunesi
BK3 400	Karatepe 2 Bazalt 400 Çimento Dozajlı Beton Deney Numunesi
BK3 500	Karatepe 2 Bazalt 500 Çimento Dozajlı Beton Deney Numunesi
KK1 300	Pınarhisar Kireçtaşı 300 Çimento Dozajlı Beton Deney Numunesi
KK1 400	Pınarhisar Kireçtaşı 400 Çimento Dozajlı Beton Deney Numunesi
KK1 500	Pınarhisar Kireçtaşı 500 Çimento Dozajlı Beton Deney Numunesi
KK2 300	Saray Kireçtaşı 300 Çimento Dozajlı Beton Deney Numunesi
KK2 400	Saray Kireçtaşı 400 Çimento Dozajlı Beton Deney Numunesi
KK2 500	Saray Kireçtaşı 500 Çimento Dozajlı Beton Deney Numunesi
DK1 300	Kapaklı Dolomit 300 Çimento Dozajlı Beton Deney Numunesi
DK1 400	Kapaklı Dolomit 400 Çimento Dozajlı Beton Deney Numunesi
DK1 500	Kapaklı Dolomit 500 Çimento Dozajlı Beton Deney Numunesi

Hazırlanan deney numunelerine ait beton karışım hesaplarında su/çimento oranı 0,60 olarak sabit alınmıştır. Çalışmada 5 değişik ocaktan 6 farklı agrega ile 1 m³ beton içerisindeki çimento miktarı 300 kg 400 kg ve 500 kg olacak şekilde, 3 değişik zaman için (7 gün, 28 gün ve 90 gün) 3' er adet beton numuneler üretilmiştir. Sonuç olarak deneysel çalışmalarda kullanılmak üzere 162 adet beton numunesi hazırlanmıştır.

Karışım hesapları, üretilecek betonun plastik kıvamda ve maksimum dane çapı 19,1 mm olacak şekilde birim hacim ağırlık yöntemine göre yapılmıştır. Agrega karışım oranları;

300 çimento dozlu numune için; agrega hacminin %20' si Kum (dane çapı 0-8 mm), %25' i Taş Tozu (dane çapı 0-8 mm), %27' si 1 Numara Kırmataş (dane çapı 0,25-16 mm) ve %28' i 2 Numara Kırmataş (dane çapı 1 - 31,5 mm) esas alınmıştır.

400 çimento dozlu numune için; agrega hacminin % 15' i Kum (dane çapı 0-8 mm), % 25' i Taş Tozu (dane çapı 0-8 mm), % 29' u 1 Numara Kırmataş (dane çapı 0,25-16 mm) ve % 31' i 2 Numara Kırmataş (dane çapı 1 - 31,5 mm) esas alınmıştır.

500 çimento dozlu numune için; agrega hacminin % 10' u Kum (dane çapı 0-8 mm), % 25' i Taş Tozu (dane çapı 0-8 mm), % 31' i 1 Numara Kırmataş (dane çapı 0,25-16 mm) ve % 34' ü 2 Numara Kırmataş (dane çapı 1 - 31,5 mm) esas alınmıştır.

Beton karışım hesapları TS 802'de (Anonim 1985) belirtilen karışım suyu ve hava miktarları esas alınarak 1m³ yerine yerleştirilmiş ve sıkıştırılmış betonda bulunacak beton bileşenlerinin miktarları denklem 3.2' de yerine kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\frac{C}{\delta_c} + S + \frac{A_1}{\delta_{A_1}} + \frac{A_2}{\delta_{A_2}} + \frac{A_3}{\delta_{A_3}} + \frac{A_4}{\delta_{A_4}} + H = 1m^3 \quad (3.2)$$

Burada;

C: Karışımdaki Çimento Miktarı (kg)

δ_c : Çimentonun Özgül Ağırlığı (kg/m³)

S: Karışımdaki Su Miktarı (m³)

A₁: Karışımdaki Kum Miktarı (kg)

δ_{A_1} : Kumun Özgül Ağırlığı (kg/m³)

A₂: Karışımdaki Taş Tozu Miktarı (kg)

δ_{A_2} : Taş Tozunun Özgül Ağırlığı (kg/m³)

A₃: Karışımdaki 1 Nolu Kırmataş Miktarı (kg)

δ_{A_3} : 1 Nolu Kırmataşın Özgül Ağırlığı (kg/m³)

A₄: Karışımdaki 2 Nolu Kırmataş Miktarı (kg)

δ_{A_4} : 2 Nolu Kırmataşın Özgül Ağırlığı (kg/m³)

H: Karışımdaki Toplam Hava Miktarı (m³)

Deney numunelerinde hapis olunmuş hava miktarı 0,01 m³ alınmıştır. Deney numunelerine ait karışımlarda 1 m³ için kullanılan oranlar Çizelge 3.12' te verilmiştir.

Çizelge 3.12. Deney Beton Numunelerine Ait Karışım Oranları (1m³)

Beton Türü	Çimento (kg/m ³)	Su (kg/m ³)	Kum (kg/m ³)	Taş Tozu (kg/m ³)	1 Nolu Kırmataş (kg/m ³)	2 Nolu Kırmataş (kg/m ³)	Toplam (kg/m ³)
BK1 300	300	186	372	480	515	515	2368
BK2 300	300	186	372	418	482	515	2273
BK3 300	300	186	372	357	440	482	2137
KK1 300	300	186	372	487	518	517	2380
KK2 300	300	186	372	425	486	517	2286
DK1 300	300	186	372	362	443	484	2147
BK1 400	400	248	243	490	522	518	2421
BK2 400	400	248	243	428	489	519	2327
BK3 400	400	248	243	365	446	486	2188
KK1 400	400	248	243	464	492	492	2339
KK2 400	400	248	243	405	461	493	2250
DK1 400	400	248	243	345	420	461	2117
BK1 500	500	309	138	466	496	494	2403
BK2 500	500	309	138	406	465	495	2313
BK3 500	500	309	138	347	424	463	2181
KK1 500	500	309	138	478	513	507	2445
KK2 500	500	309	138	417	480	508	2352
DK1 500	500	309	138	356	438	475	2216

3.1.6.7. Deney Numunelerine Ait Betonların Hazırlanması

Beton numunelerin üretimi Betonsa Çorlu Hazır Beton Tesisinin tam teşekküllü laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Karışıma giren agrega, su ve çimento miktarları üretilecek betonun koduna göre önceden tartılıp hazırlanmıştır. Karışım suyu Çorlu Karatepe Mevkii yeraltı suyu (gerekli deneyler yapılarak, deney sonunda kullanılabilirliği sonucu elde edildikten sonra) kullanılmıştır. Harcı karıştırmasında kullanılan düz eksenli mikser önceden nemlendirilmiştir. Önce agregalar miksere katılarak beş dakika karıştırılmış, daha sonra çimento katılarak üç dakika daha bileşimdeki kuru haldeki malzemeler karıştırılmıştır. Daha sonra mikserdeki karışıma gerekli su ilave edilerek, karıştırma işlemi üç dakika daha sürdürülmüştür. Çeşitli deneylerde kullanılmak üzere sarsma tablası üzerindeki 15*15*15 cm. ölçülerindeki kübik kalıplara harç üç aşamada konmuş ve her aşamada 10 sn. sarsma tablası aleti ile sarsılmıştır. Numunelerin üstü ıslak keten örtü ile örtülerek 24 saat kalıp içinde bırakılmış, bu sürenin sonunda lastik takozlar yardımıyla kalıptan çıkarılmıştır. Numuneler deneylerin yapılacağı güne kadar sıcaklığı 22 °C olan kür havuzunda saklanmıştır. Beton karışımında kullanılan çimento İstanbul AkçanSA Çimento fabrikasından alınmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Çalışmada yer alan agregalar ile yapılan beton numuneleri üzerinde gerçekleştirilen deney sonuçları ve bunların değerlendirilmesi aşağıda başlıklar halinde verilmiştir.

4.1. Agregası Numuneleri İle Yapılan Deneylerine Ait Sonuçlar

4.1.1. Agregası Elek Analiz Deneylerine Ait Sonuçlar

Altı farklı agregası numunesinin 3 farklı çeşidine (taş tozu, 1 numara ve 2 numara olmak üzere) ait elek analizleri Çorlu BetonSA hazır beton tesisi laboratuvarında yapılmış, deney sonuçları Çizelge 4.1., Çizelge 4.2., Çizelge 4.3.' te verilmiştir. Ayrıca standart sınır değerleri aşağıdaki çizelgelerde belirtilmiştir. Çizelgelerde belirtilen alt ve üst sınırlar TS 3530 EN 933-1 (Anonim 1999) ve ASTM C33 (Anonim 2002) standartlardan yararlanarak oluşturulmuştur.

Çizelge 4.1. Taş Tozuna Ait Elek Analizi Sonuçları (0,25 mm – 31,5 mm)

Elek Göz Açıklığı (mm)	BK-1		BK-2		BK-3		KK-1		KK-2		DK-1		Alt Sınır	Üst Sınır
	E.Geç. (%)	E.Kal. (%)	E.Geç. (%)	E.Kal. (%)	E.Geç. (%)	E.Kal. (%)	E.Geç. (%)	E.Kal. (%)	E.Geç. (%)	E.Kal. (%)	E.Geç. (%)	E.Kal. (%)	E.Geç. (%)	E.Geç. (%)
31,5	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	100,0
16	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	100,0
8	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	100,0
4	85,2	14,8	84,8	15,2	92,6	7,4	95,4	4,6	96,0	4,0	97,0	3,0	95,0	100,0
2	57,3	27,9	58,4	26,4	59,5	33,1	59,5	35,9	60,0	36,0	56,0	41,0	55,0	90,0
1	35,3	22,0	37,1	21,3	38,5	21,0	37,3	22,2	39,0	21,0	36,0	20,0	30,0	80,0
0,5	17,9	17,4	18,3	18,8	16,9	21,6	22,7	14,6	23,0	16,0	29,0	7,0	15,0	45,0
0,25	7,1	10,8	6,5	11,8	9,1	7,8	11,5	11,2	11,1	11,9	22,4	6,6	3,0	20,0
Toplam (%)		92,9		93,5		90,9		88,5		88,9		77,6		

Çizelge 4.2. 1 Numara Kırmataşa Ait Elek Analizi Sonuçları (0,25 mm – 31,5 mm)

Elek Göz Açıklığı (mm)	BK-1		BK-2		BK-3		KK-1		KK-2		DK-1		Alt Sınır	Üst Sınır
	E.Geç. (%)	E.Kal. (%)	E.Geç. (%)	E.Kal. (%)	E.Geç. (%)	E.Kal. (%)	E.Geç. (%)	E.Kal. (%)	E.Geç. (%)	E.Kal. (%)	E.Geç. (%)	E.Kal. (%)	E.Geç. (%)	E.Geç. (%)
31,5	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	100,0
16	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	95,0	100,0
8	68,5	31,5	66,2	33,8	59,2	40,8	81,3	18,7	80,0	20,0	55,0	45,0	60,0	90,0
4	9,7	58,8	8,3	57,9	8,9	50,3	9,4	70,9	8,3	71,7	8,8	46,2	0,0	15,0
2	2,1	7,6	2,2	6,1	2,4	6,5	8,5	0,9	8,0	0,3	2,5	6,3	0,0	4,0
1	1,3	0,8	1,1	1,1	1,5	0,9	1,8	6,7	1,6	6,4	1,7	0,8	0,0	1,5
0,5	0,6	0,7	0,8	0,3	0,9	0,6	0,4	1,4	0,3	1,3	0,4	1,3	0,0	0,5
0,25	0,0	0,6	0,0	0,8	0,0	0,9	0,0	0,4	0,0	0,3	0,0	0,4	0,0	0,0
Toplam (%)		100,0		100,0		100,0		100,0		100,0		100,0		

Çizelge 4.3. 2 Numara Kırmataşa Ait Elek Analizi Sonuçları (0,25 mm – 31,5 mm)

Elek Göz Açıklığı (mm)	BK-1		BK-2		BK-3		KK-1		KK-2		DK-1		Alt Sınır	Üst Sınır
	E.Geç. (%)	E.Kal. (%)	E.Geç. (%)	E.Kal. (%)	E.Geç. (%)	E.Kal. (%)	E.Geç. (%)	E.Kal. (%)	E.Geç. (%)	E.Kal. (%)	E.Geç. (%)	E.Kal. (%)	E.Geç. (%)	E.Geç. (%)
31,5	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	100,0
16	58,3	41,7	56,4	43,6	56,0	44,0	71,0	29,0	75,0	25,0	65,0	35,0	60,0	95,0
8	7,4	50,9	6,8	49,6	7,1	48,9	7,2	63,8	5,2	69,8	5,7	59,3	0,0	15,0
4	1,5	5,9	1,1	5,7	1,4	5,7	0,5	6,7	0,4	4,8	0,6	5,1	0,0	4,0
2	0,6	0,9	0,7	0,4	0,6	0,8	0,0	0,5	0,0	0,4	0,0	0,6	0,0	1,5
1	0,0	0,6	0,0	0,7	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5
0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,25	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Toplam (%)		100,0		100,0		100,0		100,0		100,0		100,0		

300 çimento dozlu beton numunesi için elde edilen agrega karışımına ait elek analizi Çizelge 4.4.' de ve bununla ilgili granülometri eğrisi Şekil 4.1.' de verilmiştir. 400 çimento dozlu beton numunesi için elde edilen agrega karışımına ait elek analizi Çizelge 4.5.' te ve bununla ilgili granülometri eğrisi Şekil 4.2.' de verilmiştir. 500 çimento dozlu beton numunesi için elde edilen agrega karışımına ait elek analizi Çizelge 4.6.' da ve bununla ilgili granülometri eğrisi Şekil 4.3.' de verilmiştir.

Çizelge 4.4. 300 Çimento Dozlu Beton Numunesi İçin Hazırlanan Agrega Karışımlarına Ait Elek Analiz Sonuçları (0,25 mm – 31,5 mm)

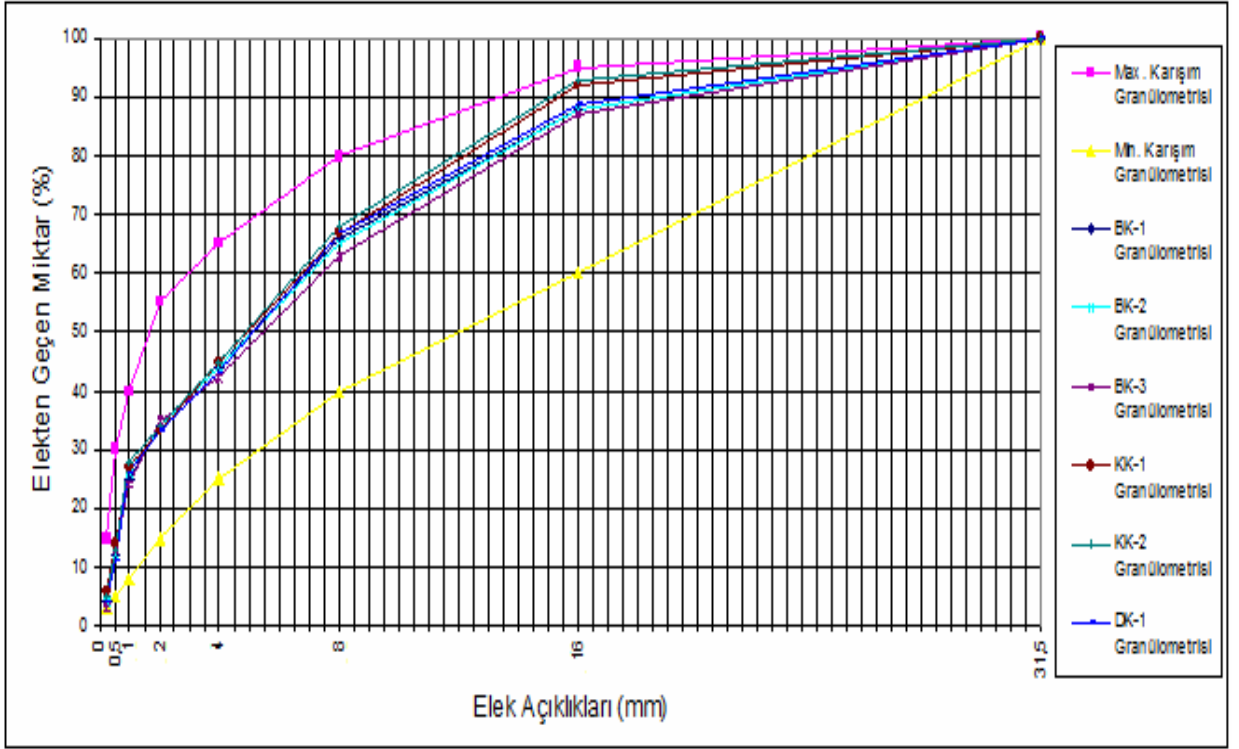
Elek Göz Açıklığı (mm)	BK-1		BK-2		BK-3		KK-1		KK-2		DK-1		Alt Sınır	Üst Sınır
	E.Geç. (%)	E.Kal. (%)	E.Geç. (%)	E.Kal. (%)	E.Geç. (%)	E.Kal. (%)	E.Geç. (%)	E.Kal. (%)	E.Geç. (%)	E.Kal. (%)	E.Geç. (%)	E.Kal. (%)	E.Geç. (%)	E.Geç. (%)
31,5	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	100,0
16	88,0	12,0	88,0	12,0	87,0	13,0	92,0	8,0	93,0	7,0	89,0	11,0	60,0	95,0
8	66,0	22,0	65,0	23,0	63,0	24,0	67,0	25,0	68,0	25,0	67,0	22,0	40,0	80,0
4	44,0	22,0	44,0	21,0	42,0	21,0	45,0	22,0	45,0	23,0	43,0	24,0	25,0	65,0
2	34,0	10,0	34,0	10,0	35,0	7,0	33,0	12,0	34,0	11,0	33,0	10,0	15,0	55,0
1	25,0	9,0	26,0	8,0	24,0	11,0	27,0	6,0	28,0	6,0	26,0	7,0	8,0	40,0
0,5	12,0	13,0	12,0	14,0	13,0	11,0	14,0	13,0	13,0	15,0	11,0	15,0	5,0	30,0
0,25	4,0	8,0	4,0	8,0	3,0	10,0	6,0	8,0	5,0	8,0	4,0	7,0	3,0	15,0
Toplam (%)		96,0		96,0		97,0		94,0		95,0		96,0		

Çizelge 4.5. 400 Çimento Dozlu Beton Numunesi İçin Hazırlanan Agrega Karışımlarına Ait Elek Analiz Sonuçları (0,25 mm – 31,5 mm)

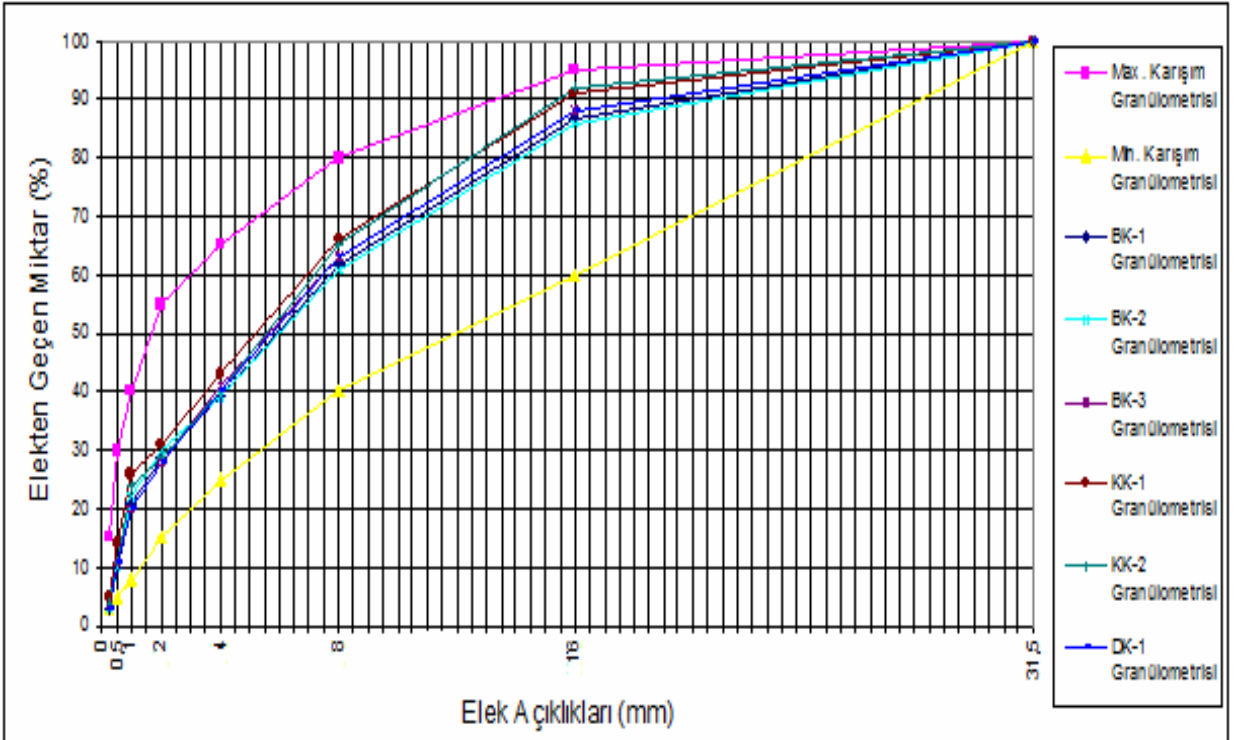
Elek Göz Açıklığı (mm)	BK-1		BK-2		BK-3		KK-1		KK-2		DK-1		Alt Sınır	Üst Sınır
	E.Geç. (%)	E.Kal. (%)	E.Geç. (%)	E.Kal. (%)	E.Geç. (%)	E.Kal. (%)	E.Geç. (%)	E.Kal. (%)	E.Geç. (%)	E.Kal. (%)	E.Geç. (%)	E.Kal. (%)	E.Geç. (%)	E.Geç. (%)
31,5	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	100,0
16	87,0	13,0	86,0	14,0	88,0	12,0	91,0	9,0	92,0	8,0	88,0	12,0	60,0	95,0
8	62,0	25,0	61,0	25,0	63,0	25,0	66,0	25,0	65,0	27,0	63,0	25,0	40,0	80,0
4	39,0	23,0	39,0	22,0	41,0	22,0	43,0	23,0	40,0	25,0	40,0	23,0	25,0	65,0
2	29,0	10,0	30,0	9,0	28,0	13,0	31,0	12,0	29,0	11,0	28,0	12,0	15,0	55,0
1	21,0	8,0	22,0	8,0	20,0	8,0	26,0	5,0	24,0	5,0	20,0	8,0	8,0	40,0
0,5	10,0	11,0	10,0	12,0	11,0	9,0	14,0	12,0	11,0	13,0	11,0	9,0	5,0	30,0
0,25	3,0	7,0	3,0	7,0	4,0	7,0	5,0	9,0	4,0	7,0	3,0	8,0	3,0	15,0
Toplam (%)		97,0		97,0		96,0		100,0		96,0		100,0		

Çizelge 4.6. 500 Çimento Dozlu Beton Numunesi için Hazırlanan Agrega Karışımlarına Ait Elek Analiz Sonuçları (0,25 mm – 31,5 mm)

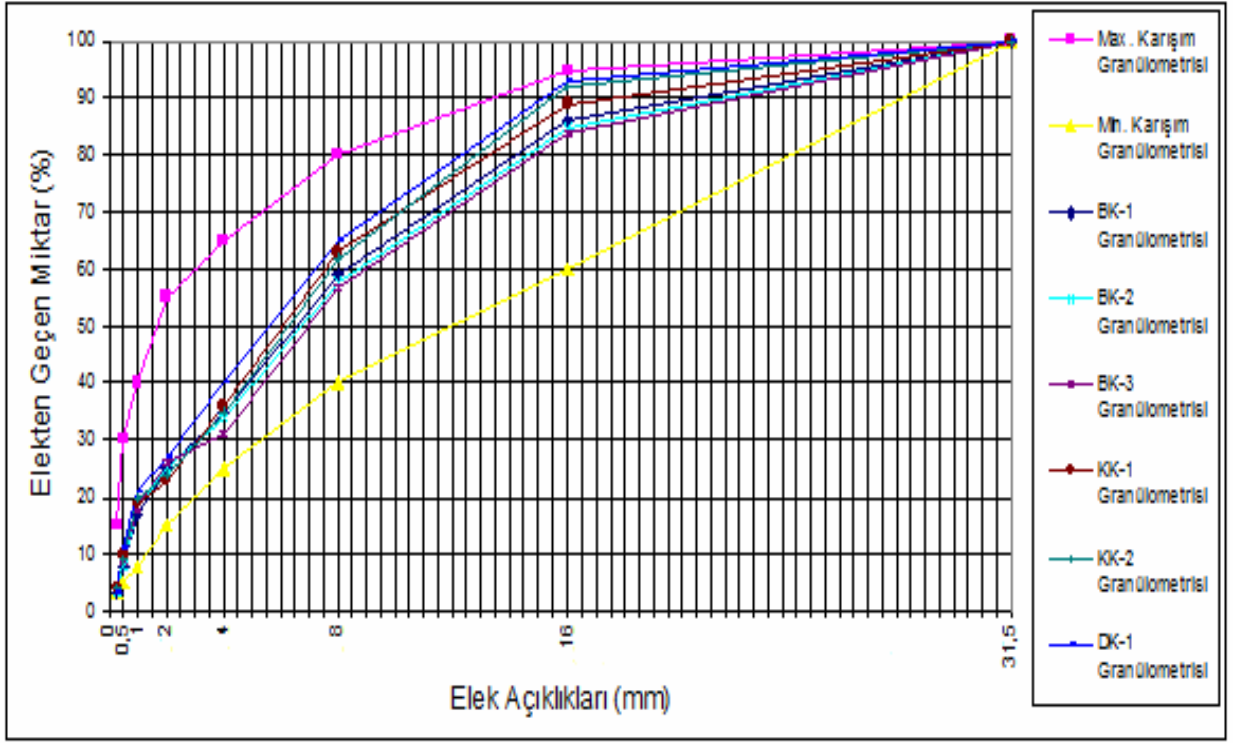
Elek Göz Açıklığı (mm)	BK-1		BK-2		BK-3		KK-1		KK-2		DK-1		Alt Sınır	Üst Sınır
	E.Geç. (%)	E.Kal. (%)	E.Geç. (%)	E.Kal. (%)	E.Geç. (%)	E.Kal. (%)	E.Geç. (%)	E.Kal. (%)	E.Geç. (%)	E.Kal. (%)	E.Geç. (%)	E.Kal. (%)	E.Geç. (%)	E.Geç. (%)
31,5	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	100,0
16	86,0	14,0	85,0	15,0	84,0	16,0	89,0	11,0	92,0	8,0	93,0	7,0	60,0	95,0
8	59,0	27,0	58,0	27,0	57,0	27,0	63,0	26,0	62,0	30,0	65,0	28,0	40,0	80,0
4	35,0	24,0	34,0	24,0	31,0	26,0	36,0	27,0	35,0	27,0	40,0	25,0	25,0	65,0
2	25,0	10,0	25,0	9,0	26,0	5,0	23,0	13,0	24,0	11,0	27,0	13,0	15,0	55,0
1	17,0	8,0	18,0	7,0	18,0	8,0	19,0	4,0	20,0	4,0	21,0	6,0	8,0	40,0
0,5	8,0	9,0	8,0	10,0	9,0	9,0	10,0	9,0	9,0	11,0	11,0	10,0	5,0	30,0
0,25	3,0	5,0	3,0	5,0	4,0	5,0	4,0	6,0	4,0	5,0	3,0	8,0	3,0	15,0
Toplam (%)		97,0		97,0		96,0		96,0		96,0		97,0		



Şekil 4.1. 300 Çimento Dozajlı Beton Numunesi için Hazırlanan Agrega Karışımlarına Ait Granülometri Eğrileri



Şekil 4.2. 400 Çimento Dozajlı Beton Numunesi için Hazırlanan Agrega Karışımlarına Ait Granülometri Eğrileri



Şekil 4.3. 500 Çimento Dozajlı Beton Numunesi için Hazırlanan Agrega Karışımlarına Ait Granülometri Eğrileri

Agregaların incelik modülü (4.1) nolu eşitlik ile hesaplanarak, sonuçlar Çizelge 4.7 ve 4.8' de verilmiştir.

$$I_{mk} = \frac{\sum(100 - p)}{100} \quad (4.1)$$

Burada I_{mk} = incelik modülü, p = elekten geçen malzeme yüzdesidir.

Çizelge 4.7. Taş Tozu, 1 Numara Kırmataşa ve 2 Numara Kırmataşa Ait İncelik Modülleri

Agrega Numunelerine Ait İncelik Modülleri	BK-1	BK-2	BK-3	KK-1	KK-2	DK-1	ALT SINIR	ÜST SINIR
Taş Tozu Numunesi	2,97	2,95	2,83	2,74	2,71	2,60	3,02	1,65
1 Numara Kırmataş Numunesi	5,18	5,21	5,27	4,99	5,02	5,32	5,45	4,89
2 Numara Kırmataş Numunesi	6,32	6,35	6,35	6,21	6,19	6,29	6,40	5,84

Çizelge 4.8. Farklı Çimento Dozajlı Beton Numunesi için Hazırlanan Agrega Karışımlarına Ait İncelik Modülleri

Agrega Numunelerine Ait İncelik Modülleri	BK-1	BK-2	BK-3	KK-1	KK-2	DK-1	ALT SINIR	ÜST SINIR
300 Çimento Dozajlı Beton Numunesi	4,27	4,27	4,33	4,16	4,14	4,27	5,44	3,20
400 Çimento Dozajlı Beton Numunesi	4,49	4,49	4,45	4,24	4,35	4,47	5,44	3,20
500 Çimento Dozajlı Beton Numunesi	4,67	4,69	4,71	4,56	4,54	4,40	5,44	3,20

Agregaların elek analizlerinde Amerikan Beton Enstitüsü (ACI) 304,2R-96 Komite Raporunda Pompa Betonu için tavsiye edilen tüvanan agrega tane büyüklüğü dağılımı bölgeleri esas alınmıştır. Çalışmada kullanılan BK-1, BK-2, BK-3, KK-1, KK-2 ve DK-1 agregalarının taş tozu, 1 numara, 2 numara boyutlarına ait elek analiz sonuçları ve incelik modülleri tavsiye edilen alt ve üst sınırları içindedir. Ayrıca beton numunesi olarak kullanılacak kırmataş ve kum karışımlarına ait elek analiz sonuçları ve incelik modülleri tavsiye edilen alt ve üst sınırları içinde kaldığı belirlenmiştir.

4.1.2. Agrega Numunelerinde Gevşek ve Sıkışık Birim Ağırlık Deneyi

TS 3529 (Anonim 1980)' a göre küp veya küre hacmine yakın agregalarda birim ağırlık 1600-1800 kg/m³, kalker kökenli kırmataş agregalarında ise birim ağırlık 1300-1500 kg/m³ olması önerilmektedir. Birim Ağırlık deneyinde sıkışık ve gevşek olmak üzere iki farklı yöntem kullanılır. Birim ağırlık deneyinde kullanılan agrega örneklerinin 3 hali için (Taş tozu, 1 numara ve 2 numara) birim ağırlık değerleri yapılan hesap sonuçları Çizelge 4.9' da verilmiştir. Deney Çorlu BetonSA hazır beton tesisi laboratuvarında yapılmıştır.

Çizelge 4.9. Agrega Birim Ağırlık Deneyi Sonuç Değerleri

Agrega Numunesi	Deney Yöntemi	Agrega Çeşidi	En Büyük Agregada Dane Çapı (mm)	Ölçek Kabı Boş Ağırlığı (gr)	Agrega + Kap Ağırlığı (gr)	Agrega Ağırlığı (gr)	Ölçek Kabı İç Hacmi (cm ³)	Agrega Birim Ağırlığı (gr/cm ³)
BK-1	Gevşek	Taş Tozu	4,76	5150	14526	9376	6400	1,465
		1 No	18,45	5150	14398	9248	6400	1,445
		2 No	19,17	5150	14270	9120	6400	1,425
BK-1	Sıkışık	Taş Tozu	4,76	5150	16153	11003	6400	1,719
		1 No	18,45	5150	15496	10346	6400	1,617
		2 No	19,17	5150	15504	10354	6400	1,618
BK-2	Gevşek	Taş Tozu	4,76	5150	14590	9440	6400	1,475
		1 No	18,45	5150	14475	9325	6400	1,457
		2 No	19,17	5150	14276	9126	6400	1,426
BK-2	Sıkışık	Taş Tozu	4,76	5150	16228	11078	6400	1,731
		1 No	18,45	5150	15582	10432	6400	1,630
		2 No	19,17	5150	15512	10362	6400	1,619
BK-3	Gevşek	Taş Tozu	4,76	5150	14558	9408	6400	1,470
		1 No	18,45	5150	14462	9312	6400	1,455
		2 No	19,17	5150	14334	9184	6400	1,435
BK-3	Sıkışık	Taş Tozu	4,76	5150	16191	11041	6400	1,725
		1 No	18,45	5150	15568	10418	6400	1,628
		2 No	19,17	5150	15577	10427	6400	1,629
KK-1	Gevşek	Taş Tozu	4,76	5150	14718	9568	6400	1,495
		1 No	18,45	5150	14430	9280	6400	1,450
		2 No	19,17	5150	14302	9152	6400	1,430
KK-1	Sıkışık	Taş Tozu	4,76	5150	16379	11229	6400	1,754
		1 No	18,45	5150	15532	10382	6400	1,622
		2 No	19,17	5150	15541	10391	6400	1,624
KK-2	Gevşek	Taş Tozu	4,76	5150	14686	9536	6400	1,490
		1 No	18,45	5150	14366	9216	6400	1,440
		2 No	19,17	5150	14238	9088	6400	1,420
KK-2	Sıkışık	Taş Tozu	4,76	5150	16341	11191	6400	1,749
		1 No	18,45	5150	15460	10310	6400	1,611
		2 No	19,17	5150	15468	10318	6400	1,612
DK-1	Gevşek	Taş Tozu	4,76	5150	15710	10560	6400	1,650
		1 No	18,45	5150	15198	10048	6400	1,570
		2 No	19,17	5150	15134	9984	6400	1,560
DK-1	Sıkışık	Taş Tozu	4,76	5150	17543	12393	6400	1,936
		1 No	18,45	5150	16391	11241	6400	1,756
		2 No	19,17	5150	16485	11335	6400	1,771

300, 400 ve 500 çimento dozlu beton numunesi için hazırlanan agregası karışımına ait gevşek ve sıkışık birim ağırlık değerleri için yapılan hesap sonuçları Çizelge 4.10, 4.11 ve 4.12' de verilmiştir.

Çizelge 4.10. 300 Çimemto Dozajlı Numune İçin Birim Ağırlık Deneyi Değerleri

Agrega Türü	Toplam Hacim (cm ³)	Kumun Hacmi (%20) (cm ³)	Kumun Gevşek Birim Ağırlığı (gr/cm ³)	Kumun Sıkışık Birim Ağırlığı (gr/cm ³)	Taş Tozunun Hacmi (%25) (cm ³)	Taş Tozunun Gevşek Birim Ağırlığı (gr/cm ³)	Taş Tozunun Sıkışık Birim Ağırlığı (gr/cm ³)	1 Numara Kırmataşın Hacmi (%27) (cm ³)	1 Numara Kırmataşın Gevşek Birim Ağırlığı (gr/cm ³)	1 Numara Kırmataşın Sıkışık Birim Ağırlığı (gr/cm ³)	2 Numara Kırmataşın Hacmi (%28) (cm ³)	2 Numara Kırmataşın Gevşek Birim Ağırlığı (gr/cm ³)	2 Numara Kırmataşın Sıkışık Birim Ağırlığı (gr/cm ³)	300' lük Numune için Yapılan Karışımın Gevşek Birim Ağırlığı (gr/cm ³)	300' lük Numune için Yapılan Karışımın Sıkışık Birim Ağırlığı (gr/cm ³)
BK-1	6400	1280	1,420	1,425	1600	1,465	1,719	1728	1,445	1,617	1792	1,425	1,618	1,439	1,604
BK-2						1,475	1,731		1,457	1,630		1,426	1,619	1,445	1,611
BK-3						1,470	1,725		1,455	1,435		1,628	1,629	1,500	1,560
KK-1						1,495	1,754		1,450	1,622		1,430	1,624	1,450	1,616
KK-2						1,490	1,749		1,440	1,611		1,420	1,612	1,443	1,609
DK-1						1,650	1,936		1,570	1,756		1,560	1,771	1,557	1,739

Çizelge 4.11. 400 Çimemto Dozajlı Numune İçin Birim Ağırlık Deneyi Değerleri

Agrega Türü	Toplam Hacim (cm ³)	Kumun Hacmi (%15) (cm ³)	Kumun Gevşek Birim Ağırlığı (gr/cm ³)	Kumun Sıkışık Birim Ağırlığı (gr/cm ³)	Taş Tozunun Hacmi (%25) (cm ³)	Taş Tozunun Gevşek Birim Ağırlığı (gr/cm ³)	Taş Tozunun Sıkışık Birim Ağırlığı (gr/cm ³)	1 Numara Kırmataşın Hacmi (%29) (cm ³)	1 Numara Kırmataşın Gevşek Birim Ağırlığı (gr/cm ³)	1 Numara Kırmataşın Sıkışık Birim Ağırlığı (gr/cm ³)	2 Numara Kırmataşın Hacmi (%31) (cm ³)	2 Numara Kırmataşın Gevşek Birim Ağırlığı (gr/cm ³)	2 Numara Kırmataşın Sıkışık Birim Ağırlığı (gr/cm ³)	400' lük Numune için Yapılan Karışımın Gevşek Birim Ağırlığı (gr/cm ³)	400' lük Numune için Yapılan Karışımın Sıkışık Birim Ağırlığı (gr/cm ³)
BK-1	6400	960	1,420	1,425	1600	1,465	1,719	1856	1,445	1,617	1984	1,425	1,618	1,440	1,614
BK-2						1,475	1,731		1,457	1,630		1,426	1,619	1,446	1,621
BK-3						1,470	1,725		1,455	1,435		1,628	1,629	1,507	1,566
KK-1						1,495	1,754		1,450	1,622		1,430	1,624	1,451	1,626
KK-2						1,490	1,749		1,440	1,611		1,420	1,612	1,443	1,618
DK-1						1,650	1,936		1,570	1,756		1,560	1,771	1,564	1,756

Çizelge 4.12. 500 Çimemto Dozajlı Numune İçin Birim Ağırlık Deneyi Değerleri

Agrega Türü	Toplam Hacim (cm ³)	Kumun Hacmi (%10) (cm ³)	Kumun Gevşek Birim Ağırlığı (gr/cm ³)	Kumun Sıkışık Birim Ağırlığı (gr/cm ³)	Taş Tozunun Hacmi (%25) (cm ³)	Taş Tozunun Gevşek Birim Ağırlığı (gr/cm ³)	Taş Tozunun Sıkışık Birim Ağırlığı (gr/cm ³)	1 Numara Kırmataşın Hacmi (%31) (cm ³)	1 Numara Kırmataşın Gevşek Birim Ağırlığı (gr/cm ³)	1 Numara Kırmataşın Sıkışık Birim Ağırlığı (gr/cm ³)	2 Numara Kırmataşın Hacmi (%34) (cm ³)	2 Numara Kırmataşın Gevşek Birim Ağırlığı (gr/cm ³)	2 Numara Kırmataşın Sıkışık Birim Ağırlığı (gr/cm ³)	500' lük Numune için Yapılan Karışımın Gevşek Birim Ağırlığı (gr/cm ³)	500' lük Numune için Yapılan Karışımın Sıkışık Birim Ağırlığı (gr/cm ³)
BK-1	6400	640	1,420	1,425	1600	1,465	1,719	1984	1,445	1,617	2176	1,425	1,618	1,441	1,624
BK-2						1,475	1,731		1,457	1,630		1,426	1,619	1,447	1,631
BK-3						1,470	1,725		1,455	1,435		1,628	1,629	1,514	1,572
KK-1						1,495	1,754		1,450	1,622		1,430	1,624	1,451	1,636
KK-2						1,490	1,749		1,440	1,611		1,420	1,612	1,444	1,627
DK-1						1,650	1,936		1,570	1,756		1,560	1,771	1,572	1,773

Granülometrisi uygun (en az boşluklu) kuru, kusurlu malzemesi az, özgül ağırlığı fazla olan agregaların birim ağırlıkları da fazla olur. Sıkışık birim ağırlık değerleri TS 706 EN 12620 (Anonim 2003) standartında belirtilen $1,50 \text{ kg/dm}^3$ (gr/cm^3)’ ten büyük, gevşek birim ağırlık değerleri standartlarca belirtilen $1,45 \text{ kg/dm}^3$ (gr/cm^3)’ ten büyük değerler alması öngörülmektedir.

4.1.3. Agregada Numunelerinde İnce Madde Oranı (Çamurlu Madde) Deneyi

TS 3527 (Anonim 1980) esaslarına göre Çorlu BetonSA hazır beton tesisi laboratuvarında yapılan deneyin sonuçları Çizelge 4.13 ve 4.14’ de verilmiştir.

Çizelge 4.13. Agregada Numunelerinde Kil, Toprak ve Eriyebilir Malzeme Miktarları

Agregada Türü	Agregada Tipi	Numune Kuru Kütlesi (gr)	Yıkama Sonu Kuru Kütlesi (gr)	Ağırlıkça İnce Madde Oranı (%)	TS 3527 Standardına Göre (%)
BK-1	Taş Tozu	2178	2000	1,9	< % 5,0
	1 No	1550	1527	0,5	< % 1,5
	2 No	1650	1630	0,2	< % 1,5
BK-2	Taş Tozu	2158	1991	1,4	< % 5,0
	1 No	1564	1542	0,4	< % 1,5
	2 No	1675	1658	0,1	< % 1,5
BK-3	Taş Tozu	1834	1687	1,7	< % 5,0
	1 No	1538	1514	0,6	< % 1,5
	2 No	1673	1658	0,3	< % 1,5
KK-1	Taş Tozu	1583	1543	2,6	< % 5,0
	1 No	1634	1627	0,4	< % 1,5
	2 No	1738	1735	0,2	< % 1,5
KK-2	Taş Tozu	1693	1637	1,7	< % 5,0
	1 No	1547	1539	0,5	< % 1,5
	2 No	1649	1644	0,3	< % 1,5
DK-1	Taş Tozu	1346	1244	1,2	< % 5,0
	1 No	1378	1374	0,3	< % 1,5
	2 No	1475	1474	0,1	< % 1,5

Çizelge 4.14. 300, 400 ve 500 Çimento Dozajlı Karışımda Kullanılacak Agregaların Kil, Toprak ve Eriyebilir Malzeme Miktarları

Karışım Tipi	Agrega Türü	Karışım Oranları (%)	Agrega Tipi	Ağırlıkça İnce Madde Oranı (%)	Karışıma İnce ve Kaba Agregadan Gelen Ağırlıkça İnce Madde Oranı (%)	Karışıma Gelen Ağırlıkça İnce Madde Oranı (%)	TS 3527 'e Göre Karışıma İnce ve Kaba Agregadan Gelen Ağırlıkça İnce Madde Oranı (%)	TS 3527'e Göre Karışıma Gelen Ağırlıkça İnce Madde Oranı (%)
300 Çimento Dozlu Karışım İçin	BK-1	20	İnce Kum	1,2	1,59	0,91	< % 5,0	< % 3,1
		25	Taş Tozu	1,9				
		27	1 No	0,5	0,35		< % 1,5	
		28	2 No	0,2				
	BK-2	20	İnce Kum	1,2	1,31	0,73	< % 5,0	< % 3,1
		25	Taş Tozu	1,4				
		27	1 No	0,4	0,25		< % 1,5	
		28	2 No	0,1				
	BK-3	20	İnce Kum	1,2	1,48	0,91	< % 5,0	< % 3,1
		25	Taş Tozu	1,7				
		27	1 No	0,6	0,45		< % 1,5	
		28	2 No	0,3				
	KK-1	20	İnce Kum	1,2	1,98	1,05	< % 5,0	< % 3,1
		25	Taş Tozu	2,6				
		27	1 No	0,4	0,30		< % 1,5	
		28	2 No	0,2				
	KK-2	20	İnce Kum	1,2	1,48	0,88	< % 5,0	< % 3,1
		25	Taş Tozu	1,7				
		27	1 No	0,5	0,40		< % 1,5	
		28	2 No	0,3				
DK-1	20	İnce Kum	1,2	1,20	0,65	< % 5,0	< % 3,1	
	25	Taş Tozu	1,2					
	27	1 No	0,3	0,20		< % 1,5		
	28	2 No	0,1					
400 Çimento Dozlu Karışım İçin	BK-1	15	İnce Kum	1,2	1,64	0,86	< % 5,0	< % 2,9
		25	Taş Tozu	1,9				
		29	1 No	0,5	0,35		< % 1,5	
		31	2 No	0,2				
	BK-2	15	İnce Kum	1,2	1,33	0,68	< % 5,0	< % 2,9
		25	Taş Tozu	1,4				
		29	1 No	0,4	0,25		< % 1,5	
		31	2 No	0,1				
	BK-3	15	İnce Kum	1,2	1,51	0,87	< % 5,0	< % 2,9
		25	Taş Tozu	1,7				
		29	1 No	0,6	0,45		< % 1,5	
		31	2 No	0,3				
	KK-1	15	İnce Kum	1,2	2,08	1,01	< % 5,0	< % 2,9
		25	Taş Tozu	2,6				
		29	1 No	0,4	0,30		< % 1,5	
		31	2 No	0,2				
	KK-2	15	İnce Kum	1,2	1,51	0,84	< % 5,0	< % 2,9
		25	Taş Tozu	1,7				
		29	1 No	0,5	0,40		< % 1,5	
		31	2 No	0,3				
DK-1	15	İnce Kum	1,2	1,20	0,60	< % 5,0	< % 2,9	
	25	Taş Tozu	1,2					
	29	1 No	0,3	0,20		< % 1,5		
	31	2 No	0,1					

Çizelge 4.14.’ ün Devamı

Karışım Tipi	Agrega Türü	Karışım Oranları (%)	Agrega Tipi	Ağırlıkça İnce Madde Oranı (%)	Karışım İnce ve Kaba Agregadan Gelen Ağırlıkça İnce Madde Oranı (%)	Karışım Gelen Ağırlıkça İnce Madde Oranı (%)	TS 3527’e Göre Karışım İnce ve Kaba Agregadan Gelen Ağırlıkça İnce Madde Oranı (%)	TS 3527’e Göre Karışım Gelen Ağırlıkça İnce Madde Oranı (%)
500 Çimento Dozlu Karışım İçin	BK-1	10	İnce Kum	1,2	1,70	0,82	< % 5,0	< % 2,7
		25	Taş Tozu	1,9				
		31	1 No	0,5	0,34		< % 1,5	
		34	2 No	0,2				
	BK-2	10	İnce Kum	1,2	1,34	0,63	< % 5,0	< % 2,7
		25	Taş Tozu	1,4				
		31	1 No	0,4	0,24		< % 1,5	
		34	2 No	0,1				
	BK-3	10	İnce Kum	1,2	1,56	0,83	< % 5,0	< % 2,7
		25	Taş Tozu	1,7				
		31	1 No	0,6	0,44		< % 1,5	
		34	2 No	0,3				
	KK-1	10	İnce Kum	1,2	2,20	0,96	< % 5,0	< % 2,7
		25	Taş Tozu	2,6				
		31	1 No	0,4	0,30		< % 1,5	
		34	2 No	0,2				
	KK-2	10	İnce Kum	1,2	1,56	0,80	< % 5,0	< % 2,7
		25	Taş Tozu	1,7				
		31	1 No	0,5	0,40		< % 1,5	
		34	2 No	0,3				
DK-1	10	İnce Kum	1,2	1,20	0,55	< % 5,0	< % 2,7	
	25	Taş Tozu	1,2					
	31	1 No	0,3	0,20		< % 1,5		
	34	2 No	0,1					

Deneye maruz bırakılan numunelerin tümü ilgili standartta ön görülen sınır değerlerin arasında yer aldığı belirlenmiştir.

4.1.4. Agregada Numunelerine Ait Özgül Ağırlık ve Su Emme Değerleri

Agreganın kökeni hakkında fikir veren özgül ağırlık değerleri genel olarak 2,4 - 2,8 gr/cm³ arasında yer almaktadır. Özgül ağırlığı 2,4 gr/cm³’ den düşük agregalar hafif agregalar olarak adlandırılır. (Baradan, 1996).

Deneylerde kullanılan agregaların TS 3526 (Anonim 1980)’ ya göre hesaplanan özgül ağırlığa ait sonuçlar Çizelge 4.15 ve 4.16’ da ve su emmeye ait sonuçlar Çizelge 4.17 ve 4.18’ de verilmiştir. Deney Çorlu BetonSA hazır beton tesisi laboratuvarında yapılmıştır.

Çizelge 4.15. Agrega Numunelerine Ait Özgül Ağırlık Değerleri

Agrega Çeşidi	Agrega Tipi	Deney Numunesinin				Kuru Özgül Ağırlığı (gr/cm ³)	Suya Doygun Özgül Ağırlığı (gr/cm ³)	Görünen Özgül Ağırlığı (gr/cm ³)
		Doygun Kuru Yüze Ağırlığı (gr)	Su İçindeki Ağırlığı (gr)	Su ve Kabin Ağırlığı (gr)	Etüt Kuru Ağırlığı (gr)			
KUM	İnce Kum	1500	1898	1000	1477	2,45	2,49	2,55
BK-1	Taş Tozu	1545	1964	1000	1524	2,62	2,66	2,72
	1 No	1564	1984	1000	1550	2,67	2,70	2,74
	2 No	1556	1980	1000	1544	2,68	2,70	2,74
BK-2	Taş Tozu	1534	1966	1000	1515	2,67	2,70	2,76
	1 No	1578	1999	1000	1566	2,70	2,73	2,76
	2 No	1567	1990	1000	1556	2,70	2,72	2,75
BK-3	Taş Tozu	1584	2002	1000	1565	2,69	2,72	2,78
	1 No	1538	1978	1000	1527	2,73	2,75	2,78
	2 No	1529	1969	1000	1519	2,71	2,73	2,76
KK-1	Taş Tozu	1585	1962	1000	1552	2,49	2,54	2,63
	1 No	1576	1959	1000	1551	2,51	2,55	2,62
	2 No	1538	1937	1000	1515	2,52	2,56	2,62
KK-2	Taş Tozu	1575	1959	1000	1543	2,50	2,56	2,64
	1 No	1548	1947	1000	1524	2,54	2,58	2,64
	2 No	1549	1946	1000	1526	2,53	2,57	2,63
DK-1	Taş Tozu	1575	1984	1000	1559	2,64	2,66	2,71
	1 No	1564	1987	1000	1558	2,70	2,71	2,73
	2 No	1568	1984	1000	1563	2,68	2,68	2,70

Çizelge 4.16. 300, 400 ve 500 Çimento Dozajlı Beton Numunelerde Kullanılan Agregaların Özgül Ağırlık Değerleri

	Agrega Çeşidi	BK-1				BK-2				BK-3				KK-1				KK-2				DK-1							
	Agrega Tipi	İnce Kum	Taş Tozu	1 No	2 No	İnce Kum	Taş Tozu	1 No	2 No	İnce Kum	Taş Tozu	1 No	2 No	İnce Kum	Taş Tozu	1 No	2 No	İnce Kum	Taş Tozu	1 No	2 No	İnce Kum	Taş Tozu	1 No	2 No				
300 Çimento Dozajlı Karışım	Karışım Oranı (%)	20	25	27	28	20	25	27	28	20	25	27	28	20	25	27	28	20	25	27	28	20	25	27	28	20	25	27	28
	Kuru Özgül Ağırlığı (gr/cm ³)	2,62				2,64				2,66				2,50				2,51				2,63							
	Suya Doygun Özgül Ağırlığı (gr/cm ³)	2,65				2,67				2,68				2,54				2,55				2,65							
	Görünen Özgül Ağırlığı (gr/cm ³)	2,70				2,72				2,73				2,61				2,62				2,68							
400 Çimento Dozajlı Karışım	Karışım Oranı (%)	15	25	29	31	15	25	29	31	15	25	29	31	15	25	29	31	15	25	29	31	15	25	29	31	15	25	29	31
	Kuru Özgül Ağırlığı (gr/cm ³)	2,63				2,66				2,67				2,50				2,51				2,64							
	Suya Doygun Özgül Ağırlığı (gr/cm ³)	2,66				2,68				2,70				2,54				2,56				2,66							
	Görünen Özgül Ağırlığı (gr/cm ³)	2,71				2,73				2,74				2,61				2,62				2,69							
500 Çimento Dozajlı Karışım	Karışım Oranı (%)	10	25	31	34	10	25	31	34	10	25	31	34	10	25	31	34	10	25	31	34	10	25	31	34	10	25	31	34
	Kuru Özgül Ağırlığı (gr/cm ³)	2,64				2,67				2,69				2,50				2,52				2,65							
	Suya Doygun Özgül Ağırlığı (gr/cm ³)	2,67				2,69				2,71				2,55				2,56				2,67							
	Görünen Özgül Ağırlığı (gr/cm ³)	2,72				2,74				2,75				2,62				2,63				2,70							

Çizelge 4.17. Agrega Numunelerine Ait Su Emme Değerleri

Agrega Çeşidi	KUM	BK-1	BK-2	BK-3	KK-1	KK-2	DK-1
Agrega Tipi	İnce Kum	Taş Tozu 1 No 2 No	Taş Tozu 1 No 2 No	Taş Tozu 1 No 2 No	Taş Tozu 1 No 2 No	Taş Tozu 1 No 2 No	Taş Tozu 1 No 2 No
Doygun Kuru Yüzey Ağırlığı (gr)	1500	1545 1564 1556	1534 1578 1567	1584 1538 1529	1585 1576 1538	1575 1548 1549	1575 1564 1568
Etüt Kuru Ağırlığı (gr)	1477	1524 1550 1544	1515 1566 1556	1565 1527 1519	1552 1551 1515	1543 1524 1526	1559 1558 1563
Su Emmesi (%)	1,56	1,38 0,90 0,78	1,25 0,77 0,71	1,21 0,72 0,66	2,13 1,61 1,52	2,07 1,57 1,51	1,03 0,39 0,32

Çizelge 4.18. 300, 400 ve 500 Çimento Dozajlı Beton Numunelerde Kullanılan Agregaların Su Emme Değerleri

	Agrega Çeşidi	BK-1				BK-2				BK-3				KK-1				KK-2				DK-1			
	Agrega Tipi	İnce Kum	Taş Tozu	1 No	2 No	İnce Kum	Taş Tozu	1 No	2 No	İnce Kum	Taş Tozu	1 No	2 No	İnce Kum	Taş Tozu	1 No	2 No	İnce Kum	Taş Tozu	1 No	2 No	İnce Kum	Taş Tozu	1 No	2 No
300 Çimento Dozajlı Karışım	Karışım Oranı (%)	20	25	27	28	20	25	27	28	20	25	27	28	20	25	27	28	20	25	27	28	20	25	27	28
	Su Emmesi (%)	1,12				1,03				0,99				1,70				1,68				0,76			
400 Çimento Dozajlı Karışım	Karışım Oranı (%)	15	25	29	31	15	25	29	31	15	25	29	31	15	25	29	31	15	25	29	31	15	25	29	31
	Su Emmesi (%)	1,08				0,99				0,95				1,70				1,68				0,70			
500 Çimento Dozajlı Karışım	Karışım Oranı (%)	10	25	31	34	10	25	31	34	10	25	31	34	10	25	31	34	10	25	31	34	10	25	31	34
	Su Emmesi (%)	1,04				0,95				0,91				1,70				1,68				0,64			

Normal beton agregalarının özgül ağırlığı genellikle 2,50 – 2,90 gr/cm³ değerleri arasındadır. Beton karışım hesabını yapabilmek için üretimde kullanılacak agregaların özgül ağırlıklarının bilinmesi gerekir.

Özgül ağırlığı yüksek olan agregaların don mukavemeti ve dayanıklılığı yüksek olması beklenir. Agreganın emdiği su miktarı tanelerin kökenine, yapısına ve granülometri

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

Su emme deneyinde elde edilen sonuçlar, beton karışım hesaplarında su/çimento oranına esas alarak doygun kuru yüzeyli alındığına göre, agreganın su emme değerini saptamak gereklidir. Agreganın su emme değeri % 1' den büyük değerler aldığıında, agreganın kalitesiz olduğu anlamına gelmemelidir. Fiziksel özelliklere ait kesin limitler saptandığı halde agreganın elverişsiz sayılmasını gerektirecek yüksek su emme değerleri hakkında belirli limitler ortaya koyulamamıştır. (Ermutlu 1961).

TS 3526 (Anonim 1980)' ya göre beton agregası olarak kullanılacak ince ve kaba agrega için su emmesi min. % 0,5 - max. % 2,0 ile sınırlamıştır.

4.1.6. Agregalarda Aşınma Dayanımına Ait Sonuçlar

Yollarda, döşemelerde, betonarme taşıyıcı sistemde kullanılan agrega sürekli darbe, sürtünme ve aşınma etkileri altında olduğundan, agregaların bu etkilere cevap verebilmesi, aşınmaya ve darbeye karşı dayanıklı olması gerekir.

Agregaların aşınma dayanımını elde etmek için en çok Los-Angeles aşınma deneyi uygulanır. Burada kullanılan 1 ve 2 numara agregadan TS EN 1097-2 (Anonim 2000) standartına göre Edirne DSİ XI. Bölge Müdürlüğü beton laboratuvarında yapılan deney sonuçları Çizelge 4.19' ta verilmiştir.

Çizelge 4.19. Agrega Numunelerine Ait Aşınma Deneyi Sonuçları

Agrega Çeşidi	Agrega Tipi	Deney Öncesi Agreganın Ağırlığı (gr)	100 Devir Sonunda Elek Üstünde Kalan (gr)	500 Devir Sonunda Elek Üstünde Kalan (gr)	Los Angeles Katsayısı (%)		TSE 3694' e Göre Uygunluk Sınırları (%)	
					100 Devir	500 Devir	100 Devir	500 Devir
BK-1	1 No	5000	4738	4013	5,25	19,75	< 10	< 50
	2 No	5000	4745	4113	5,10	17,75	< 10	< 50
BK-2	1 No	5000	4745	4040	5,10	19,20	< 10	< 50
	2 No	5000	4775	4160	4,50	16,80	< 10	< 50
BK-3	1 No	5000	4743	4028	5,15	19,45	< 10	< 50
	2 No	5000	4768	4154	4,65	16,92	< 10	< 50
KK-1	1 No	5000	4645	3935	7,10	21,30	< 10	< 50
	2 No	5000	4690	4015	6,20	19,70	< 10	< 50
KK-2	1 No	5000	4585	3785	8,30	24,30	< 10	< 50
	2 No	5000	4690	3895	6,20	22,10	< 10	< 50
DK-1	1 No	5000	4675	4018	6,50	19,65	< 10	< 50
	2 No	5000	4715	4090	5,70	18,20	< 10	< 50

TS EN 1097-2 (Anonim 2000) standardına göre, Los Angeles aşınma deneyi sonunda bilyeli tamburda 100 dönme sonunda ağırlıkça % 10' dan, 500 dönme sonunda ağırlıkça % 50' den az kayıp varsa agreganın yeterli dayanıma sahip olduğu kabul edilmektedir. Bu deney sonuçlarına bakılarak, agreganın dayanıklılığı ve sertliği hakkında bilgiye verilir. Ayrıca söz konusu malzemenin ocaktan çıkarılması ve nakli sırasında ne miktarda parçalanacağı hakkında da fikir edinilebilir.(Ermütlu, 1961).Elde edilen deney sonuçlarına göre, söz konusu agregalar standart sınırlar içerisinde kalmıştır.

4.1.7. Agregalarda Organik Madde Tayini Deneyine Ait Sonuçlar

Agregalar; çürümüş bitki kökleri, humus ve turba gibi organik maddeleri içeriyor olabilir. Beton agregası olarak kullanılan agregalarda bu maddelerin bulunmaması istenir. Çünkü organik maddeler betonun prizini ve sertleşmesini geciktirerek, dayanımının düşmesine neden olabilir. Hatta bazı durumlarda betonun bozulmasına bile yol açabilir.

TS EN 1744-1 (Anonim 1998)' e göre %3 konsantrasyonlu NaOH çözeltisi kullanılarak Çorlu BetonSA hazır beton tesisi laboratuvarında yapılan deneyde; 24 saat sonundaki sıvının renginin renksizden açık sarıya kadar değişmesi halinde organik maddenin önemsiz miktarda bulunduğu karar verilebilir. Buna karşılık renginin koyu sarı, kahverengi

veya kırmızı olması halinde agreganın organik maddeleri zararlı oranda içerdiği kabul edilebilir.(Özkul ve ark. 2004). Söz konusu deneye ait sonuçlar Çizelge 4.20’ de verilmiştir.

Çizelge 4.20. Agregada Numunelerine Ait Organik Madde Deneyi Sonuçları

Agrega Çeşidi	BK-1	BK-2	BK-3	KK-1	KK-2	DK-1
Deney Sonucu Çözelti Rengi	Renksiz	Renksiz	Renksiz	Renksiz	Renksiz	Renksiz

4.1.8. Agregada Numunelerinin Na₂SO₄ Çözeltisi İle Don Tayini Deneyi Sonuçları

Araştırma sonucunda ilgili agregada numunelerine ait sonuçlar Çizelge 4.21’ de verilmiştir. TS 706 EN 12620 (Anonim 2003)’ ye göre standart değerler; Na₂SO₄ eriğinde iri agregada için ağırlık kaybı %18, ince agregada %15’ dir. MgSO₄ çözeltisinde iri agregada için ağırlık kaybı %27, ince agregada içinse % 22’ dir .ASTM C 88 (Anonim 2005)’ e göre standart değerlerdir. Çalışmaya konu olan agregada numuneleri üzerinde yapılan deneylerde Na₂SO₄ eriğinde iri agregada için ağırlık kaybı %12, ince agregada %10, MgSO₄ çözeltisi için iri agregada için ağırlık kaybı %18, ince agregada içinse % 15 olarak bulunmuştur. Bu değerler sınır değerleri geçmemiştir. Deney Çorlu BetonSA hazır beton tesisi laboratuvarında yapılmıştır.

Çizelge 4.21. Agrega Numunelerine Ait Dona Dayanıklılık Deneyi Sonuçları

Agrega Çeşidi	Geçen Elek Açıklığı (mm)	Kalan Elek Açıklığı (mm)	Deneyden Sonra Elekten Geçen Miktar Yüzdesi (%)	Esas Granülometri (%)	Düzeltilmiş Kayıp Yüzdesi (%)	Toplam Değer (%)	Standart Değer Max. (%)
BK-1	19,0	12,5	13,0	52,0	6,8	12,8	18,0
	12,5	9,5	11,8	22,0	2,6		
	9,5	4,76	14,6	23,0	3,4		
BK-2	19,0	12,5	17,0	44,0	7,5	15,9	18,0
	12,5	9,5	11,6	31,0	3,6		
	9,5	4,76	21,8	22,0	4,8		
BK-3	19,0	12,5	13,8	50,0	6,9	13,1	18,0
	12,5	9,5	7,3	37,0	2,7		
	9,5	4,76	35,0	10,0	3,5		
KK-1	19,0	12,5	15,0	48,0	7,2	16,7	18,0
	12,5	9,5	17,5	24,0	4,2		
	9,5	4,76	21,2	25,0	5,3		
KK-2	19,0	12,5	14,9	45,0	6,7	15,5	18,0
	12,5	9,5	12,8	32,0	4,1		
	9,5	4,76	23,5	20,0	4,7		
DK-1	19,0	12,5	13,6	53,0	7,2	15,8	18,0
	12,5	9,5	13,0	27,0	3,5		
	9,5	4,76	30,0	17,0	5,1		

4.1.9. Agrega Numunelerinde Suda Çözünen Klor İçeriği Deneyi Sonuçları

Agrega numuneleri üzerinde TS EN 1744 -1 (Anonim 2000)' e göre İstanbul Teknik Üniversitesi Yapı Malzemesi laboratuvarında yapılan suda çözünen klor içeriği deney sonuçları Çizelge 4.22' te verilmiştir. TS 706 EN 12620 (Anonim 2003) standardına göre; beton için kullanılacak agregalarda suda çözünen klorürler, klor olarak hesaplandığında, bu değer in ağırlıkça % 0,002' den fazla bulunmaması gerekmektedir.

Çizelge 4.22. Agregaların Suda Çözünen Klor Miktarı Sonuçları

Agrega Çeşidi	BK-1	BK-2	BK-3	KK-1	KK-2	DK-1
Standart Klorür İçeriği (%)	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Klorür İçeriği (%)	0,0018	0,0017	0,0017	0,0012	0,0019	0,0015

Çizelge 4.22’ te verilen deney sonuçları incelendiğinde, TS EN 1744 -1 (Anonim 2000) standardında izin verilen değerden aşağıda sonuçlar verdiğinden çalışmaya konu olan agrega numunelerindeki klor içeriği beton yapılmasına mani değildir.

4.1.10. Agrega Numunelerinde Asit Köklü SO₃ İçeriği Sonuçları

Agrega numuneleri üzerinde TS EN 1744 -1 (Anonim 2000)’ e göre İstanbul Teknik Üniversitesi Yapı Malzemesi laboratuvarında yapılan deney sonuçları Çizelge 4.23’ te verilmiştir. TS 706 EN 12620 (Anonim 2003) standardına göre; beton için kullanılacak agregalarda, sülfat içeriği % 1’den fazla bulunmaması gerekmektedir.

Çizelge 4.23. Agrega Numunelerine Ait Kükürt Miktarı Deney Sonuçları

Agrega Çeşidi	BK-1	BK-2	BK-3	KK-1	KK-2	DK-1
Standart Kükürt İçeriği (%)	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Kükürt İçeriği (%)	0,35	0,37	0,38	0,20	0,27	0,90

Deney sonuçları incelendiğinde, TS 706 EN 12620 (Anonim 2003) standardında izin verilen değerden aşağıda sonuçlar verdiğinden çalışmaya konu olan agrega numunelerindeki kükürt içeriği beton yapılmasına mani değildir.

4.1.11. Agrega Numunelerine Ait Yassılık ve Uzunluk İndeksi Deneyi Sonuçları

Agrega numuneleri üzerinde TS 3814 EN 933–4 (Anonim 1999)’ e göre Çorlu BetonSA hazır beton tesisi laboratuvarında yapılan deney sonuçları Çizelge 4.24 ve 4.25’ te verilmiştir. TS 706 EN 12620 (Anonim 2003) standardına göre; şekilce kusurlu taneler (yassı veya uzun taneler) oranı, 8 mm’ nin üzerindeki agregalarda ağırlıkça % 40’den çok olmaması gerekir.

Çizelge 4.24. Agrega Numunelerinde Yassılık ve Uzunluk İndeksi Deneyi Sonuçları

Agrega Çeşidi	Agrega Tipi	Yassılık İndeksi (%)	Uzunluk İndeksi (%)	Standart Değerleri	
				Yassılık İnd. (%)	Uzunluk İnd. (%)
BK-1	1 No	8,85	5,63	< %40	< %40
	2 No	9,95	6,85	< %40	< %40
BK-2	1 No	7,85	4,89	< %40	< %40
	2 No	9,72	4,14	< %40	< %40
BK-3	1 No	8,18	5,21	< %40	< %40
	2 No	9,95	4,83	< %40	< %40
KK-1	1 No	5,24	3,38	< %40	< %40
	2 No	8,34	5,12	< %40	< %40
KK-2	1 No	5,86	3,60	< %40	< %40
	2 No	7,86	4,65	< %40	< %40
DK-1	1 No	3,73	2,83	< %40	< %40
	2 No	5,63	2,84	< %40	< %40

Çizelge 4.25. Agrega Numunelerinde Yassılık İndeksi Deneyi Sonuçları

Agrega Çeşidi	Agrega Tipi	Tartım Miktarı (gr)	Kusurlu Madde Miktarı (gr)	Yassılık İndeksi (%)	Standart Değerleri
					Yassılık İnd. (%)
BK-1	1 No	2000	177	8,85	< %40
	2 No	2000	199	9,95	< %40
BK-2	1 No	2000	157	7,85	< %40
	2 No	2000	194	9,72	< %40
BK-3	1 No	2000	164	8,18	< %40
	2 No	2000	199	9,95	< %40
KK-1	1 No	2000	105	5,24	< %40
	2 No	2000	167	8,34	< %40
KK-2	1 No	2000	117	5,86	< %40
	2 No	2000	157	7,86	< %40
DK-1	1 No	2000	75	3,73	< %40
	2 No	2000	113	5,63	< %40

Agrega numuneleri üzerinde yapılan yassılık indeksi deney sonuçlarına bakıldığında standart sınır değerinden daha küçük değerler elde edilmiştir. Şekilce kusurlu tane oranının düşük olması taze betonun işlenebilmesini olumlu yönde etkilemektedir. Buna göre DK1 ile yapılan beton işlenebilme açısından en iyi sonucu verdiği görülmüştür.

4.1.12. Agregada Numunelerinde Alkali Agregada Reaktivitesinin Kimyasal Yolla Tayini

Agregada numuneleri üzerinde TS 2517 (Anonim 1977)' e göre İstanbul Teknik Üniversitesi Yapı Malzemesi laboratuvarında yapılan deney sonuçları Çizelge 4.26' da verilmiştir. TS 2517 (Anonim 1977) ve TS 706 EN 12620 (Anonim 2003) standardına göre; çimentoda eşdeğer alkali oksit değeri % 0,6' dan büyükse kumda, alkaliye duyarlı taneler ağırlıkça % 0,5' den az olması gerekmektedir.

Çizelge 4.26. Agregada Numunelerine Ait Alkali Agregada Reaktivitesi Deneyi Sonuçları

Agregada Çeşidi	Alkali Agregada Reaktivitesi
BK-1	TS 2517 standardına göre yapılan deneyde Alkali agregada azalması 50 mmol/litre, çözünen silis (SiO ₂) 3,80 mmol/litre olarak bulunmuştur. Söz konusu agregada Zararsız agregada bölgelerinde kalmaktadır.
BK-2	TS 2517 standardına göre yapılan deneyde Alkali agregada azalması 50 mmol/litre, çözünen silis (SiO ₂) 3,75 mmol/litre olarak bulunmuştur. Söz konusu agregada Zararsız agregada bölgelerinde kalmaktadır.
BK-3	TS 2517 standardına göre yapılan deneyde Alkali agregada azalması 50 mmol/litre, çözünen silis (SiO ₂) 3,79 mmol/litre olarak bulunmuştur. Söz konusu agregada Zararsız agregada bölgelerinde kalmaktadır.
KK-1	TS 2517 standardına göre yapılan deneyde Alkali agregada azalması 50 mmol/litre, çözünen silis (SiO ₂) 3,77 mmol/litre olarak bulunmuştur. Söz konusu agregada Zararsız agregada bölgelerinde kalmaktadır.
KK-2	TS 2517 standardına göre yapılan deneyde Alkali agregada azalması 50 mmol/litre, çözünen silis (SiO ₂) 3,75 mmol/litre olarak bulunmuştur. Söz konusu agregada Zararsız agregada bölgelerinde kalmaktadır.
DK-1	TS 2517 standardına göre yapılan deneyde Alkali agregada azalması 50 mmol/litre, çözünen silis (SiO ₂) 3,70 mmol/litre olarak bulunmuştur. Söz konusu agregada Zararsız agregada bölgelerinde kalmaktadır.

Agregada numunelerine ait Alkali-Agregada Reaktivitesi deney sonuçları incelendiğinde kullanılan bütün agregalar zararsız agregada bölgesinde kaldığı görülmüştür.

4.1.13. Agregada Numunelerine Ait Mineralojik - Petrografik Analiz Değerleri

Agregada numunelerine ait mineralojik ve petrografik analiz değerleri İTÜ Jeoloji ve Jeofizik laboratuvarında yaptırılarak elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

4.1.13.1. BK-1 Agregasının Mineralojik - Petrografik Analiz Değerleri

4.1.13.1.1. Makroskopik İnceleme

Makroskopik inceleme sonucunda malzeme hakkında şu veriler elde edilmiştir.

- a. **Renk:** Koyu gri-siyah renkli, ince beyaz kılcal damarlar içerir.
- b. **Yapı/Doku:** Masif, kompakt ve yoğun
- c. **Ayrışım:** İzlenmedi. Boşluk yer yer var.
- d. **Kenar kesme:** Düzgün, kopmalar yok, 0,5 cm kalınlıkta plaka kesilebilmekte,
- e. **Cila kabul:** Orta
- f. **Sertlik:** 4,5-5 Mohs
- g. **Asitte Reaksiyon:** Herhangi bir reaksiyon izlenmedi.

4.1.13.1.2. Mikroskopik İnceleme

Mikroskopik inceleme sonucunda malzeme hakkında aşağıdaki veriler elde edilmiştir.

a. **Doku:** Orta-iri taneli Olivin kristallerini çevreleyen mikrolitik hamurun oluşturduğu 'VOLKANİK PORFİRİK-MİKROLİTİK' diğer bir deyimle 'BAZALTİK' doku izlenmektedir. Doku altında, fenokristaller halinde, olivin kristalleri orta ve iri taneli, yuvarlak şekiller altında ve ayrışma gözlenmemiştir. Bazı olivinleri demirli opak bir hale ile çevrelenmiş (iddingsitleşme) şekiller altındadır. Örnek kayaç içinde daha az oranda plajoklas, Hamur matriks, mikrolit girift konumda, ince-uzun plajoklas mikrolitleri ile araboşlukları ise küçük mikrolitik olivin kristalleri doldurulmuştur. Mineral çevreleri ve ara boşluklarda demirli kahve renkli bol oranda demirli-opak mineraller yer almaktadır.

b. **Tane Boyutu:** Olivinler (Fenokristaller): 0,2 mm- 0,9 mm. ve 1,2 mm boyutlarda Mikrolit Plajoklaslar: 0,45 mm - 0,3 mm ve 0,1 mm boyutlardadır.

c. **Mineral Bileşim:** BK1' e ait mineral bileşimi Çizelge 4.27'de verilmiştir.

Çizelge 4.27. BK1' e Ait Agreganın Mineral Bileşim ve Model Oranı

Mineral Bileşim	Modal Oran (%)	Özellikleri
Olivin (Fenokristal)	20-25	Orta-iri taneli-oval ve ayrışmamış taneler halinde, esas kayaç yapıcı mineraldir. Bol orandadır.
Plajiolklas (Fenokristal)	5-7	İdiyomarf, kristal şekillerinde polisentetik ikizli ve az orandadır.
Mikrolitik Hamur	60-65	Esasen plajiolklas mikrolitlerinin gript biçimde yer aldıkları ortamda, ara boşluklar, olivin ve opak minerallerle dolguludur.
Opak Mineral	6-7	Mineral çevrelerinde (olivin) ve ara boşluklarda hamur içinde bol oranda yer alan Hematit, Manyetit bileşimlidir.

Söz konusu agrega numunesinin Olivinli Bazalt olduğu ortaya çıkmıştır.

4.1.13.2. BK-2 Agregasının Mineralojik - Petrografik Analiz Değerleri

4.1.13.2.1. Makroskopik İnceleme

Makroskopik inceleme sonucunda malzeme hakkında şu veriler elde edilmiştir.

- a. **Renk:** Koyu gri siyah tonlarındadır.
- b. **Yapı/Doku:** Masif kompakt, ve yoğun olup, herhangi bir boşluk ve çatlaklığa rastlanmamıştır.
- c. **Ayrışım:** Rastlanmamıştır.
- d. **Kenar kesme:** Düzgün kenarlı ve köşeli, 0.5 cm kalınlıklarına kadar incelikte levha verebilen özelliktedir.
- e. **Cila kabul:** İyidir.
- f. **Sertlik:** 6-7 Mohs' tur.
- g. **Asitte reaksiyon:** Herhangi bir reaksiyon izlenmemiştir.

4.1.13.2.2. Mikroskopik İnceleme

Mikroskopik inceleme sonucunda malzeme hakkında şu veriler elde edilmiştir.

- a. **Doku:** Olivin fenokristallerinin çevrelendiği mikrolitik hamurla çevrelenmiş tipik bir 'Bazaltik Doku' sergilenmektedir.
- b. **Tane Boyutu:** Olivin Fenokristalleri; 0.15mm-0.45mm ve 0.9mm tane boyutlu, Mikrolitik Plajiolklaslar; 0.1mm- ve 0.6mm tane boyutludur.
- c. **Mineral Bileşim:** BK2' e ait Mineral Bileşimi Çizelge 4.28' de verilmiştir.

Çizelge 4.28. BK2' ye Ait Agreganın Mineral Bileşim ve Model Oranı

Mineral Bileşim	Modal Oran (%)	Özellikleri
Olivin (Fenokristal)	15-17	İnce-orta ve iri taneli oval şekilli ve ayrılmamış kristaller halinde, çatlaklı rastlanmadı. Esas kayaç yapıcı mineraldir.
Matriks (Hamur)	80-85	Girift konumda plajioklas-mikrolitik kristalleri ve araları dolduran olivin mikrolitleri ile opak mineraller yer alırlar.

Söz konusu agrega numunesinin Olivinli Bazalt olduğu ortaya çıkmıştır.

4.1.13.3. BK-3 Agregasının Mineralojik - Petrografik Analiz Değerleri

4.1.13.3.1. Makroskopik İnceleme

Makroskopik inceleme sonucunda malzeme hakkında şu veriler elde edilmiştir.

- a. **Renk:** Homojen Koyu grimsi siyah renkli, mavimsi tonlarındadır.
- b. **Yapı/Doku:** Maxif, kompakt, Boşluk içermemektedir.
- c. **Ayrışım:** Rastlanmamıştır.
- d. **Kenar kesme:** Düzgün, genelde köşe kenar kopma yoktur. Bazı örneklerde köşe kopmalar izlenmiştir. 0.5 cm kalınlıkta plaka kesilebilir.
- e. **Cila-kabul:** İyidir.
- f. **Sertlik:** 5-6 Mohs' tur.
- g. **Asitte Reaksiyon:** Herhangi bir reaksiyon izlenmemiştir.

4.1.13.3.2. Mikroskopik İnceleme

Mikroskopik inceleme sonucunda malzeme hakkında şu veriler elde edilmiştir.

a. **Doku:** Bol Olivin fenokristalleri ile bunları çevreleyen plajioklas mikrolitli matriks (hamur) dan oluşan tipik 'VOLKANİK PORFİRİK' veya tipik 'BAZALTİK' doku izlenmiştir. Bu doku altında orta-iri taneli oval, ayrılmamış olivin kristalleri, mikrolitik plajioklaslı matriks'te herhangi bir ayrışma izlenmemiştir. Ayrıca boşluk olayına rastlanmamıştır.

b. **Tane Boyutu:** Olivin Fenokristalleri; 1,50 mm - 0,60 mm ve 0,95 mm, Plajioklas Mikrolitleri; 0,45 mm - 0,75 mm ve 0,20 mm' dir.

c. **Mineral Bileşim:** BK3' e ait Mineral Bileşimi Çizelge 4.29' da verilmiştir.

Çizelge 4.29. BK3' ye Ait Agreganın Mineral Bileşim ve Model Oranı

Mineral Bileşim	Modal Oran (%)	Özellikleri
Olivin (Fenokristal)	25-30	İri-Orta taneli, oval şekilli, ayrışma göstermezler. Kırıklanma izlenir. Esas kayaç yapıcı mineraldir.
Matriks (Hamur)	70-75	Plajjoklas, mikrolitleri girift konumda ve bunların ara boşlukları olivin ve opak minerallerde (hematit, manyetit) dolgulanmıştır.

Söz konusu agrega numunesinin Olivinli Bazalt olduğu ortaya çıkmıştır.

4.1.13.4. KK-1 Agregasının Mineralojik - Petrografik Analiz Değerleri

Kırmataş malzeme, çok köşeli, beyaz-krem tonlarında daha az oranda yuvarlak şekilli, küreselliği düşüktür.

4.1.13.4.1. Makroskopik İnceleme

Makroskopik inceleme sonucunda malzeme hakkında şu veriler elde edilmiştir.

- a. **Renk:** Beyaz bej tonlarda, nadiren sarımsı bej örneklere rastlanmıştır.
- b. **Yapı/Doku:** Masif, kompakt, herhangi bir yönlenme veya şistozite (yapraklanma) göstermez. Yerel olarak ince ikicil damarlarla kesilmiştir.
- c. **Tane Boyutu:** İnce taneli olup gözle izlenmemiştir.
- d. **Ayrışım:** İzlenmemiştir.
- e. **Sertlik:** 3-3,5 Mohs' tur.
- f. **Asitte Reaksiyon:** Hızlı bir köpürme izlenmiş olup, buradan örnek malzemenin karbonat grubu (kalsit vs.) minerallerinden oluştuğu söylenebilir.

4.1.13.4.2. Mikroskopik İnceleme

Mikroskopik inceleme sonucunda malzeme hakkında şu veriler elde edilmiştir.

a. Doku: Polarizan mikroskop (LEİTZ-POL-SM) altında, ince kesitte incelenmiştir. Kayaç malzeme mikritik- kriptokristalli, yarı kristalin, çok az fosil izlerine rastlanır. İnce çatlak ve boşluklarda az oranda opak minerallerine rastlanmıştır.

b. Tane Boyutu: 30-40 mikron boyutlu (ince taneli kalsitler), ikincil kalsitler 0,02- 0,03 mm boyutlarındadır.

c. Mineral Bileşim: KK1' e ait Mineral Bileşimi Çizelge 4.30' da verilmiştir.

Çizelge 4.30. KK1' e Ait Agreganın Mineral Bileşim ve Modal Oranı Değerleri

Mineral Çeşidi	Modal Oran (%)	Özellikleri
Kalsit (Mikritik)	60-70	Çok ince taneli, çok az oranda opak mineral varlığıyla kirlenmiştir. Esas kayaç yapıcı mineraldir.
Kalsit (Kristalin)	20-25	İkincil kalsitler, farklı tane boyutlu mikritik kalsitler içinde adacıklar halinde kenetlenmişlerdir. İçlerinde çok az fosile rastlanır.
Boşluk	2-3	Değişik boyutlarda (mikron boyutlu) ve şekillerde az oranda
İmpürite (opak)	3-4	Değişik şekilde, lekeler halinde ince taneli, limonit-hematit bileşimlidir.

Söz konusu KK1 agrega numunesinin Rekrystalize Kireçtaşı olduğu ortaya çıkmıştır.

4.1.13.5. KK-2 Agregasının Mineralojik - Petrografik Analiz Değerleri

KK-2 kırmataş agregası, çok köşeli, beyaz - krem tonlarında daha az oranda yuvarlak şekilli, küreselliği düşüktür.

4.1.13.5.1. Makroskopik İnceleme

Makroskopik inceleme sonucunda malzeme hakkında aşağıdaki veriler elde edilmiştir.

a. Renk: Sarımsı bej tonlarda, nadiren beyaz bej örneklerle rastlanmıştır.

b. Yapı/Doku: Masif, kompakt, herhangi bir yönlenme veya şistozite (yapraklanma) göstermez. Yerel olarak ince ikicil damarlarla kesilmiştir.

c. Tane Boyutu: İnce taneli olup gözle izlenmemiştir.

d. Ayrışım: İzlenmemiştir.

e. Sertlik: 3 - 4 Mohs' tur.

f. Asitte Reaksiyon: Hızlı bir köpürme izlenir. Buradan örnek malzemenin karbonat grubu (kalsit vs.) minerallerinden oluştuğu söylenebilir.

4.1.13.5.2. Mikroskopik İnceleme

Mikroskopik inceleme sonucunda malzeme hakkında şu veriler elde edilmiştir.

a. Doku: Polarizan mikroskop (LEİTZ-POL-SM) altında, ince kesitte incelenmiştir. Kayaç malzeme mikritik- kriptokristalli, yarı kristalin, çok az fosil izlerine rastlanır. İnce çatlak ve boşluklarda az oranda opak minerallerine rastlanmıştır.

b. Tane Boyutu: 30-40 mikron boyutlu (ince taneli kalsitler), ikincil kalsitler 0,02- 0,03 mm boyutlardadır.

c. Mineral Bileşim: KK2 agregasının mineral bileşimi Çizelge 4.31' dir.

Çizelge 4.31. KK2' e Ait Agreganın Mineral Bileşim ve Model Oranı

Mineral Çeşidi	Modal Oran (%)	Özellikleri
Kalsit (Mikritik)	60-70	Çok ince taneli, çok az oranda opak mineral varlığıyla kirlenmiştir. Esas kayaç yapıcı mineraldir.
Kalsit (Kristalin)	20-25	İkincil kalsitler, farklı tane boyutlu mikritik kalsitler içinde adacıklar halinde kenetlenmişlerdir. İçlerinde çok az fosile rastlanır.
Boşluk	2-3	Değişik boyutlarda (mikron boyutlu) ve şekillerde az oranda
İmpürite (opak)	3-4	Değişik şekilde, lekeler halinde ince taneli, limonit-hematit bileşimlidir.

Söz konusu KK2 agregasının Rekrystalize Kireçtaşı olduğu ortaya çıkmıştır.

4.1.13.6. DK-1 Agregasının Mineralojik - Petrografik Analiz Değerleri

4.1.13.6.1. Makroskopik İnceleme

Makroskopik inceleme sonucunda malzeme hakkında aşağıdaki veriler elde edilmiştir.

a. Renk: beyaz bej veya grimsi bej örneklere rastlanmıştır.

b. Yapı/Doku: Masif, kompakt bir yapıya sahiptir.

c. Tane Boyutu: İnce taneli, çıplak gözle tane yapısı homojen ve belirsiz (taneler)dir.

- d. **Ayrışım:** İzlenmemiştir.
- e. **Sertlik:** 3,6-4 Mohs' tur.
- f. **Asitte Reaksiyon:** %10'luk seyreltik HCl'ile reaksiyonda, çok az (hafif) bir köpürme izlenmiştir. Buradan örnek kırmataş malzeme karbonat grubuna ait, kalsit yanında daha çok dolomit vd. minerallerine rastlanmıştır.

4.1.13.6.2. Mikroskopik İnceleme

Mikroskopik inceleme sonucunda malzeme hakkında aşağıdaki veriler elde edilmiştir.

- a. **Doku:** Mikritik, yarı spesifik özellikli doku altında, kalsit kristalleri Mikritik kriptokristalin özellikte, bunların iç içe konumda olan ikincil kökenli Dolomit kristalleri oranına tane boyutu yönünden baskındır. Dolomitler, kalsit kristallerinden köşeli ve belirgin dilinimleriyle ayrılmaktadır.
- b. **Tane Boyutu:** Mikritik Kalsit: 30-40 mikron, Dolomit: 0,3-0,7 mm' dir.
- c. **Mineral Bileşim:** DK1' e ait Mineral Bileşimi Çizelge 4.32' de verilmiştir.

Çizelge 4.32. DK1' e Ait Agreganın Mineral Bileşim ve Model Oranı

Mineral Türü	Modal Oranlar (%)
Kalsit (Mikritik)	17-18
Dolomit (Sparitik)	81-83
Opak Mineral Limonit, Hematit	0.5-1

Söz konusu DK1 agregasının Dolomit olduğu ortaya çıkmıştır.

4.1.14. Araştırmada Kullanılan Agregaların Kimyasal Analiz Raporları

Laboratuar çalışmalarının büyük bir kısmının yapıldığı AkçanSA Çimento Fabrikası laboratuvarına daha önceden yan kuruluşu olan Betonsa hazır beton santralında yapılan, araştırmada kullanılan agregaların kimyasal analiz değerleri Çizelge 4.33, 4.34, 4.35, 4.36' da verilmiştir.

Çizelge 4.33. Beşiktepe Taş Ocağından Çıkarılan Kırmataş Malzemesine Ait Kimyasal Analiz Değerleri (AkçanSA Çimento Fabrikası laboratuvarından alınmıştır.)

Bileşen / Mineral	Analiz Sonuçları (%)
H ₂ O	2,04
Çözünmeyen Kalıntı	0,05
SiO ₂	79,94
Al ₂ O ₃	9,18
Fe ₂ O ₃	0,98
CaO	1,14
MgO	0,47
SO ₃	0,24
Na ₂ O	1,27
K ₂ O	4,31
Klorür (Cl)	0,0013
TiO ₂	0,06
BaO	0,09
SrO	0,025
ZrO ₂	0,017
Kızdırma Kaybı	0,18
TOPLAM	100

Çizelge 4.34. Karatepe Taş Ocağından Çıkarılan Kırmataş Malzemesine Ait Kimyasal Analiz Değerleri (AkçanSA Çimento Fabrikası laboratuvarından alınmıştır.)

Bileşen / Mineral	Analiz Sonuçları (%)				
H ₂ O	0,00	0,10	0,10	1,20	4,20
CaCO ₃	21,50	11,25	13,75	11,00	17,50
Çözünmeyen Kalıntı	0,03	0,05	0,02	0,03	0,04
SiO ₂	40,91	46,01	45,54	44,82	39,82
Al ₂ O ₃	10,08	9,23	10,78	10,77	9,82
Fe ₂ O ₃	10,65	12,15	12,00	13,71	12,50
CaO	15,17	14,25	13,84	10,77	16,15
MgO	8,38	8,02	8,06	10,79	7,70
SO ₃	0,38	1,30	0,61	0,08	0,12
Na ₂ O	2,31	3,10	3,10	2,78	1,65
K ₂ O	1,38	2,13	1,88	1,52	0,80
Klorür (Cl)	0,0287	0,0382	0,0237	0,0192	0,0181
Kızdırma Kaybı	10,04	3,63	3,72	3,96	10,68
TOPLAM	99,36	99,91	99,57	99,25	99,30

Çizelge 4.35. Pınarhisar Bölgesi Taş Ocağından Çıkarılan Kırmataş Malzemesine Ait Kimyasal Analiz Değerleri (AkçanSA Çimento Fabrikası lab.dan alınmıştır.)

Bileşen / Mineral	Analiz Sonuçları (%)		
H ₂ O	0,00	1,20	0,00
CaCO ₃	97,45	97,4	94,94
Çözünmeyen Kalıntı	0,05	0,02	0,06
SiO ₂	0,54	0,75	0,86
Al ₂ O ₃	0,23	0,85	0,46
Fe ₂ O ₃	0,00	0,54	0,30
CaO	55,86	54,28	55,03
MgO	0,05	0,53	0,68
SO ₃	0,72	0,01	0,03
Na ₂ O	0,05	0,09	0,05
K ₂ O	0,04	0,05	0,01
Klorür (Cl)	0,0095	0,0065	0,0040
Kızdırma Kaybı	42,26	42,87	42,46
TOPLAM	99,76	99,98	99,88

Çizelge 4.36. Saray Bölgesi Taş Ocağından Çıkarılan Kırmataş Malzemesine Ait Kimyasal Analiz Değerleri (AkçanSA Çimento Fabrikası lab.dan alınmıştır.)

Bileşen / Mineral	Analiz Sonuçları (%)		
H ₂ O	1,20	1,20	0,00
CaCO ₃	96,47	97,23	95,21
Çözünmeyen Kalıntı	0,03	0,02	0,04
SiO ₂	0,76	0,83	0,86
Al ₂ O ₃	0,37	0,55	0,46
Fe ₂ O ₃	0,36	0,10	0,25
CaO	54,75	55,52	54,85
MgO	0,65	0,39	0,67
SO ₃	0,55	0,27	0,04
Na ₂ O	0,03	0,01	0,05
K ₂ O	0,03	0,02	0,01
Klorür (Cl)	0,0065	0,0160	0,0040
Kızdırma Kaybı	42,35	42,25	42,44
TOPLAM	99,86	99,96	99,88

4.2. Taze Beton Deneyine İlişkin Sonuçlar

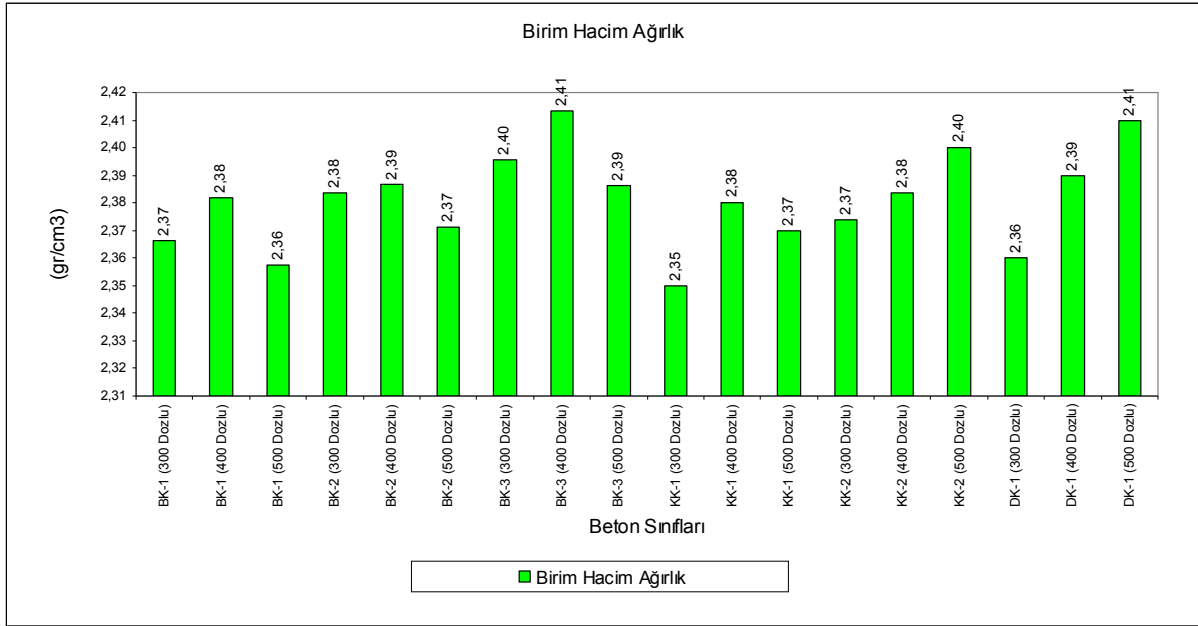
Beton numuneleri karışım oranları, şartnamelerin öngördüğü esaslara göre karıştırılmıştır. Bu agregalarla üretilen taze beton için su/çimento oranı ve birim hacim ağırlık deneyleri yapılmıştır.

4.2.1. Taze Beton İçin Su/Çimento Oranı ve Birim Hacim Ağırlığı

TS 2941 (Anonim 1978) standartına göre Çorlu BetonSA hazır beton tesisi laboratuvarında yapılan söz konusu beton numunelere ait deney sonuçları Çizelge 4.37 ve Şekil 4.4' te verilmiştir.

Çizelge 4.37. Numunelere Ait Taze Beton Deney Sonuçları

Beton Serisi	Su/Çimento	Birim Hacim Ağırlığı (gr/cm ³)
BK-1 (300 Dozlu)	0,6	2,37
BK-1 (400 Dozlu)	0,6	2,38
BK-1 (500 Dozlu)	0,6	2,36
BK-2 (300 Dozlu)	0,6	2,38
BK-2 (400 Dozlu)	0,6	2,39
BK-2 (500 Dozlu)	0,6	2,37
BK-3 (300 Dozlu)	0,6	2,40
BK-3 (400 Dozlu)	0,6	2,41
BK-3 (500 Dozlu)	0,6	2,39
KK-1 (300 Dozlu)	0,6	2,35
KK-1 (400 Dozlu)	0,6	2,38
KK-1 (500 Dozlu)	0,6	2,37
KK-2 (300 Dozlu)	0,6	2,37
KK-2 (400 Dozlu)	0,6	2,38
KK-2 (500 Dozlu)	0,6	2,40
DK-1 (300 Dozlu)	0,6	2,36
DK-1 (400 Dozlu)	0,6	2,39
DK-1 (500 Dozlu)	0,6	2,41



Şekil 4.4. Taze Beton Deneyi Sonuçları

Deney numunelerinde kullanılan BK1, BK2, BK3, KK1, KK2, DK1 agregalarıyla oluşturulan beton numunelerinin birim hacim ağırlıkları standartlarca belirtilen 2,2 gr/cm³' den büyük olduğu görülmektedir. Bu sonuçlar irdelendiğinde beton üretiminde bu agregaların kullanılması uygundur.

4.3. Sertleşmiş Beton Deneylerine İlişkin Sonuçlar

Çalışmada kullanılan agregalar ile hazırlanmış beton numunelerinde; basınç dayanımı, yüzey sertlik dayanımı ve ultrases hızlarının ölçülmesi deneyleri yapılmıştır. Söz konusu deneyler 7, 28 ve 90 günlük numuneler üzerinde Çorlu BetonSA hazır beton tesisi laboratuvarında yapılmıştır.

4.3.1. Tek Eksenli Basınç Dayanımı Sonuçları

TS EN 12390-3 (Anonim 2003) standartına göre Çorlu BetonSA hazır beton tesisi laboratuvarında yapılan deneylerde 7, 28 ve 90 günlük beton basınç dayanımlarına ait değerler Çizelge 4.38’ de, bulunan basınç dayanımlarına tekabül eden beton sınıfları ise Çizelge 4.39’ da verilmiştir.

Çizelge 4.38. Deney Numunelerine Ait Taze Beton Deneyi Sonuçları (Numunede Kullanılan Çimento Dozajına Göre)

Numunede Kullanılan Çimento Dozaj	Agrega Cinsi	Yüzege Gelen Yük (kg)			Yüzey Alanı (cm ²)	Basınç Dayanımı (kgf/cm ²)					
		7 Günlük	28 Günlük	90 Günlük		7 Günlük	Ortalama 7 Günlük	28 Günlük	Ortalama 28 Günlük	90 Günlük	Ortalama 90 Günlük
300 Çimento Dozajlı Karışım	BK1	63000	84600	115808	225	280	278	376	380	414	418
		62100	86175	116278,8	225	276		383		421	
		62550	85725	116509,8	225	278		381		419	
	BK2	47025	83475	85292,9	225	209	210	371	371	408	408
		47700	82125	85118	225	212		365		402	
		47250	84825	87087	225	210		377		415	
	BK3	57375	85500	106590	225	255	250	380	377	418	415
		55350	84375	101475	225	246		375		413	
		56250	84825	103675	225	250		377		415	
	KK1	43875	73800	70356	225	195	195	328	334	361	368
		44775	75375	73331,5	225	199		335		369	
		42975	76500	71434	225	191		340		374	
	KK2	43425	74925	70695,9	225	193	192	333	333	366	366
		42750	74025	68761	225	190		329		362	
		43200	75825	71174,4	225	192		337		371	
	DK1	46575	77625	78556,5	225	207	207	345	348	380	382
		47475	78975	81467,1	225	211		351		386	
		45900	78075	77866,8	225	204		347		382	
400 Çimento Dozajlı Karışım	BK1	72450	94500	146059,2	225	322	320	420	425	454	459
		71325	96075	146187,7	225	317		427		461	
		72000	96525	148262,4	225	320		429		463	
	BK2	65025	108900	151066,1	225	289	283	484	484	523	523
		61650	108225	142337,5	225	274		481		519	
		64125	109575	149898,6	225	285		487		526	
	BK3	69300	110475	163326,2	225	308	304	491	489	530	528
		67950	109125	158187,6	225	302		485		524	
		68175	110475	160674,8	225	303		491		530	
	KK1	60750	90900	117806,4	225	270	271	404	403	436	435
		61875	89325	117909	225	275		397		429	
		60300	91800	118091,5	225	268		408		441	
	KK2	58500	89100	111196,8	225	260	264	396	396	428	428
		59400	87975	111481,9	225	264		391		422	
		60300	90450	116354,9	225	268		402		434	
	DK1	63000	95625	128520	225	280	287	425	421	459	455
		65025	93825	130154	225	289		417		450	
		65475	94725	132311,9	225	291		421		455	

Çizelge 4.38.' ün Devamı

Numunede Kullanılan Çimento Dozajı	Agrega Cinsi	Yüzeyle Gelen Yük (kg)			Yüzeyle Alanı (cm ²)	Basınç Dayanımı (kgf/cm ²)					
		7 Günlük	28 Günlük	90 Günlük		7 Günlük	Ortalama 7 Günlük	28 Günlük	Ortalama 28 Günlük	90 Günlük	Ortalama 90 Günlük
500 Çimento Dozajlı Karışım	BK1	92925	114075	219860,6	225	413	410	507	504	532	529
		91350	112725	213576,3	225	406		501		526	
		92250	113400	216972,0	225	410		504		529	
	BK2	81900	125100	212503,2	225	364	367	556	552	584	580
		83250	123525	213286,5	225	370		549		576	
		82800	124200	213292,8	225	368		552		580	
	BK3	90225	125775	235367,0	225	401	395	559	562	587	590
		89775	127575	237544,7	225	399		567		595	
		86625	126225	226784,3	225	385		561		589	
	KK1	71550	95625	141907,5	225	318	318	425	420	446	441
		73575	94725	144550,4	225	327		421		442	
		69525	93375	134646,8	225	309		415		436	
	KK2	69750	94500	136710,0	225	310	312	420	416	441	437
		70650	92925	136166,1	225	314		413		434	
		70425	93600	136718,4	225	313		416		437	
	DK1	73125	100125	151856,3	225	325	330	445	440	467	462
		75600	97875	153468,0	225	336		435		457	
		74025	98775	151652,6	225	329		439		461	

Çizelge 4.39. Basınç Dayanımlarına Tekabül Eden Beton Sınıfları (TS 500' e göre)

	Agrega Türü	300 Çimento Dozajlı Beton Numunesine Ait Basınç Dayanımı (Mpa)	400 Çimento Dozajlı Beton Numunesine Ait Basınç Dayanımı (Mpa)	500 Çimento Dozajlı Beton Numunesine Ait Basınç Dayanımı (Mpa)	Tekabül Ettiği Beton Sınıfı (Mpa)		
					300	400	500
Beşiktepe	BK1	38,0	42,5	50,4	C30	C30	C40
Karatepe	BK2	37,1	48,4	55,2	C30	C30	C45
	BK3	37,7	48,9	56,2	C30	C30	C45
Pınarhisar	KK1	33,4	40,3	42,0	C25	C30	C30
Saray	KK2	33,3	39,6	41,6	C25	C30	C30
Kapaklı	DK1	34,8	42,1	44,0	C25	C30	C30

Bu çalışmada yer alan numunelere ait deney sonuçlarına bakıldığında Beşiktepe ve Karatepeden çıkartılan bazalt türü agregası ile üretilen beton numunelerin basınç dayanımının daha yüksek olduğu, dolomit türü agreganın özellikle Karatepe bazaltına yakın değerler gösterdiği, kireç taşı ile yapılan numunelerin ise düşük değerle gösterdiği görülmüştür. Tespit edilen husus bazalt türü ve dolomit türü agregalar ile üretilen betonlarda katkı maddesi kullanılmadan yüksek dayanımlı beton yapılabileceği görülmektedir. Ancak kireçtaşı agregası

ile yapılacak betonlarda katkı maddesi kullanılmadan yüksek dayanımlı beton üretilemeyeceği tespit edilmiştir.

4.3.2. Beton Numunelerde Yüzey Sertlik Dayanımı ve Ultrases Deney Sonuçları

TS 3260 (Anonim 1978) ve ASTM C 597 (Anonim 2002) standartına göre Çorlu BetonSA hazır beton tesisi laboratuvarında yapılan deney sonuçları Çizelge 4.41’ de verilmiştir.

Çizelge 4.41. Beton Numunelerine Ait Ultrases Sonuçları

Dozaj	300						400						500					
Agrega Çeşidi	BK1	BK2	BK3	KK1	KK2	DK1	BK1	BK2	BK3	KK1	KK2	DK1	BK1	BK2	BK3	KK1	KK2	DK1
Ultrases Hızı (m/s)	6886	6723	6831	6052	6034	6306	6368	7252	7327	6038	5933	6308	5747	6294	6408	4789	4743	5017

Deneyisel çalışmalarda kullanılan BK1, BK2, BK3, KK1, KK2 ve DK1 agregalarına ait bulunan sonuçlar 4.3 km/sn’ den büyük olup bu agregalarla beton üretilmesinin uygun olduğu tespit edilmiştir. Schmidt çekici ile yapılan deney sonuçları Çizelge 4.42’ de verilmiştir.

Çizelge 4.42. Beton Numunelerine Ait Schmidt Sertlikleri

Beton Çeşidi	BK1 300	BK1 400	BK1 500	BK2 300	BK2 400	BK2 500	BK3 300	BK3 400	BK3 500	KK1 300	KK1 400	KK1 500	KK2 300	KK2 400	KK2 500	DK1 300	DK1 400	DK1 500
Schmidt Sertlik Sayısı Ort.	35	41	48	34	46	53	35	47	54	31	39	40	31	38	40	32	40	42

4.3.3. Sertleşmiş Betonların Özgül Ağırlıkları ve Su Emme Sonuçları

TS 3624 (Anonim 1981) standartına göre beton numuneler üzerinde Çorlu BetonSA hazır beton tesisi laboratuvarında yapılan özgül ağırlık ve su emme sonuçları Çizelge 4.43’ de verilmiştir.

Çizelge 4.43. Betonların Özgül Ağırlık ve Su Emme Sonuçları

Beton Türü	Doygun Kuru Yüzey Özgül Ağırlığı (gr/cm ³) Ort.	Kuru Özgül Ağırlığı (gr/cm ³) Ort.	Görünen Özgül Ağırlığı (gr/cm ³) Ort.	Su Emmesi (%) Ort.
BK1 300	2,36	2,34	2,40	0,91
BK1 400	2,29	2,27	2,32	0,82
BK1 500	2,21	2,19	2,23	0,72
BK2 300	2,38	2,36	2,41	0,90
BK2 400	2,30	2,29	2,33	0,54
BK2 500	2,22	2,21	2,24	0,47
BK3 300	2,39	2,37	2,42	0,60
BK3 400	2,31	2,29	2,34	0,81
BK3 500	2,23	2,22	2,25	0,47
KK1 300	2,29	2,26	2,34	1,25
KK1 400	2,21	2,19	2,26	1,13
KK1 500	2,14	2,12	2,18	1,24
KK2 300	2,29	2,27	2,34	1,25
KK2 400	2,23	2,19	2,26	1,40
KK2 500	2,15	2,13	2,19	0,98
DK1 300	2,36	2,35	2,39	0,60
DK1 400	2,29	2,27	2,31	0,54
DK1 500	2,21	2,20	2,21	0,48

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada Tekirdağ yöresinde halen beton üretiminde kullanılan 5 farklı agrega ocağından alınan agrega numuneleri üzerinde yeterlilik deneyleri yapılmıştır. Bu agregaların fiziksel ve mekaniksel özelliklerinin tespit edilmesi amacıyla, 5 farklı ocaktan alınan 6 farklı agrega numunesi üzerinde incelemeler yapılmıştır. Araştırmada incelenen agrega ocakları ve bu agrega ocaklarından elde edilen numuneler şu şekilde sembolize edilmiştir.

1- Tekirdağ' ın güneyinde bulunan Beşiktepe Kırmataş tesisi

BK-1 (Bazalt)

2-Tekirdağ-Çorlu ilçesinde bulunan Karatepe Kırmataş tesisi

a) BK-2 (Karatepenin kuzeyinde elde edilen Bazalt)

b) BK-3 (Karatepenin güneyinde elde edilen Bazalt)

3-Tekirdağ-Pınarhisar arasında bulunan kırmataş tesisi

KK-1 (Kireçtaşı)

4-Tekirdağ-Saray yakınlarında bulunan kırmataş tesisi

KK-2 (Kireçtaşı)

5-Tekirdağ-Kapaklı yakınlarında bulunan kırmataş tesisi

DK-1 (Dolomit)

Bu ocaklara ait agrega numuneleri kullanılarak, beton deney numuneleri üretilmiştir. Üretilen beton numunelerde, su/çimento oranı 0,60 olarak sabit alınarak; betonlardaki basınç dayanım değerleri ile çimento miktarındaki değişimlerin, betonun özellikleri üzerinde oluşturduğu etkiler araştırılmıştır. Araştırmada söz konusu agrega numuneleri üzerinde yapılan bu incelemelerde şu sonuçlara varılmıştır.

• Gevşek Birim Hacim Ağırlıkları: BK-1: 1,425~1,465 gr/cm³ , BK-2: 1,426~1,475 gr/cm³ , BK-3: 1,435~1,470 gr/cm³ , KK-1: 1,430~1,495 gr/cm³ , KK-2: 1,420~1,490 gr/cm³ ve DK-1: 1,560~1,650 gr/cm³ arasında elde edilmiştir.

• Sıkışık Birim Hacim Ağırlıkları: BK-1: 1,617~1,719 gr/cm³, BK-2: 1,619~1,731 gr/cm³ , BK-3: 1,628~1,725 gr/cm³ , KK-1: 1,622~1,754 gr/cm³ , KK-2: 1,611~1,749 gr/cm³ ve DK-1: 1,756~1,936 gr/cm³ arasında elde edilmiştir.

Buradan bazalt kökenli bazalt kökenli BK-2, BK-3 ve BK-1 agrega numunelerinin kalker kökenli KK-1 ile KK-2 agregalara göre birim hacim ağırlıklarının daha fazla olduğu sonucuna varılabilir.

• Kil ve Eriyebilir Malzeme Miktarları: BK-1: % 0,82~0,91 , BK-2: %0,63~0,73 , BK-3: %0,83~0,91 , KK-1: %0,96~1,05 , KK-2: %0,80~0,88 ve DK-1: %0,55~0,65 arasında elde edilmiştir.

Deneyle sonuçunda; bütün numuneler standart değerler arasında kaldığı belirlenmiş ancak, kalker kökenli KK-1 ve bazalt kökenli BK-1 ile BK-3' te değerler yüksek olduğu görülmüştür.

• Özgül Ağırlıklar: BK-1: 2,62~2,72 gr/cm³, BK-2: 2,64~2,74 gr/cm³, BK-3: 2,66~2,75 gr/cm³, KK-1: 2,50~2,62 gr/cm³, KK-2: 2,51~2,63 gr/cm³ ve DK-1: 2,63~2,70 gr/cm³ arasında değerler elde edilmiştir.

Deneyde kullanılan numunelerin özgül ağırlıkları öngördüğü sınır değerlerde yer aldığı belirlenmiştir. En yüksek özgül ağırlık bazalt kökenli BK-2, BK-3 ve BK-1 malzemelerde iken bunları DK-1 dolomit ve KK-1 ile KK-2 kalker kökenli malzemeler takip etmektedir.

• Su Emme Değerleri: BK-1: %1,04~1,12 , BK-2: %0,95~1,03 , BK-3: %0,91~0,99 , KK-1: %1,70~1,72 , KK-2: %1,68~1,70 ve DK-1: %0,64~0,76 arasında elde edilmiştir.

Beton agregası olarak kullanılacak ince ve kaba agrega için su emmesi için yapılan deneylerde en yüksek su emme oranı %1,70~1,72 ile KK-1' de, en düşük su emme oranı % 0,64 - 0,76 ile DK-1' de, görülmektedir.

Bu deney sonuçlarına göre bazalt kökenli BK-2, BK-3 ve BK-1 ile yapılan betonlarda don mukavemetinin ve dayanıklılığının diğer agregalar olan DK-1 dolomit ve KK-1 ile KK-2 kalker kökenli malzemelere göre daha yüksek olması beklenir.

• Los Angeles Aşınma deney sonuçları: 500 devir sonunda sırasıyla BK-1: %17,75~19,75 , BK-2: %16,80~19,20 , BK-3: %16,92~19,45 , KK-1: %19,70~21,30 , KK-2: %22,10~24,30 , DK-1: %18,20~19,65 arasında aşınma değerleri elde edilmiştir.

Kalker kökenli KK-1 ve KK-2 nolu agregalar daha fazla aşındığı bazalt ve dolomit kökenli malzemelerin daha az aşındığı görülmektedir. Buradan anlaşıldığı gibi Karatepe' den elde edilen bazalt türü BK-2 malzeme daha dayanıklı bir malzeme olduğu görülmektedir.

• Organik Kökenli Maddeler: Yapılan deneyler sonucunda, çözeltilerin renksiz olduğu, sonuç olarak agrega numunelerinde organik maddelere rastlanmadığı saptanmıştır.

• Donma-Çözülme: BK-1: %12,8 , BK-2: %15,9 , BK-3: %13,1 , KK-1: %16,7 , KK-2: %15,5 , DK-1: %15,8 değerleri elde edilmiştir.

Bu sonuçlara göre en yüksek değer KK-1, en düşük değere ise BK-1 ve BK-3 sahip olmuştur. Buradan bazalt kökenli malzeme deney sonuçlarına göre dona dayanıklılığı, kalker ve dolomite göre daha fazladır.

• Suda Çözünen Klörür ve Sülfat İçerikleri: BK-1: %0,18 ve %0,35 , BK-2: %0,17 ve %0,37, BK-3: %0,17 ve %0,38 , KK-1: %0,12 ve %0,20, KK-2: %0,19 ve %0,27 , DK-1: %0,15 ve %0,90 değerleri elde edilmiştir.

Beton için kullanılacak agregalarda, suda çözünen klorürler, klor miktarı olarak hesaplandığında, ağırlıkça % 0,2'den fazla bulunmama şartını araştırmada kullanılan bütün agregalar sağlamıştır. Deney sonuçları incelendiğinde % 0,12 ile en düşük KK-1 gibi görünse de değerler hemen hemen yakındır ve beton üretiminde kullanılmasında sakıncası yoktur.

Sülfat içerikleri incelendiğinde ise bütün agrega örnekleri standardın dışına çıkmadığı görülmekte olup, % 0,9 ile en fazla DK-1' de iken, en az % 0,2 ile KK-1' de olduğu saptanmıştır. Bazaltların kükürt içeriği kalker türü malzemelere göre % 0,15 daha fazla olduğu görülmektedir.

• Yassılık İndeksi: BK-1: %8,85~9,95 , BK-2: %7,85~9,72 , BK-3: %8,18~9,95 , KK-1: %5,24~8,34 , KK-2: %5,86~7,86 ve DK-1: %3,73~5,63 arasında ve uzunluk indeksi ise sırayla BK-1: %5,63~6,85 , BK-2: %4,14~4,89 , BK-3: %4,83~5,21 , KK-1: %3,38~5,12 , KK-2: %3,60~4,65 ve DK-1: %2,83~2,84 arasında değerler elde edilmiştir.

Yassılık ve uzunluk indeksinin en düşük değerleri DK-1' de iken yassılık ve uzunluk indeksinin en yüksek değerleri BK-1' dedir. Sonuç olarak araştırma yapılan bütün deney numuneleri standartların vermiş olduğu sınırı geçmedikleri görülmektedir.

• Agrega-Alkali Reaktivitesi: BK-1: 3,80 mmol/l, BK-2: 3,75 mmol/l, BK-3: 3,79 mmol/l, KK-1: 3,77 mmol/l, KK-2: 3,75 mmol/l, DK-1: 3,70 mmol/l olarak elde edilmiştir.

Agregalarda alkali agrega reaktivitesinin kimyasal yolla tayini deneyinde bütün numuneler deneyde elde ettikleri sonuçlara göre standardın belirttiği zararsız agrega bölgelerinde kalmaktadırlar.

• Mikroskopik ve Makroskopik İnceleme: Araştırmada kullanılan numuneler mikroskopik ve makroskopik incelemeler sonucunda; BK-1, BK-2 ve BK-3 nolu malzemelerin olivinli bazalt olduğu, KK-1 ve KK-2 nolu malzemelerin rekrystalize kireçtaşı olduğu, DK-1 nolu malzemenin ise dolomit olduğu ortaya çıkmıştır.

Agrega deneyleri sonunda deneylere tabi tutulan 5 kırmataş ocağına ait 6 çeşit numunelerinde elde edilen sonuçlar, standartlarda öngörülen limit değerler içinde kaldığı belirlenmiştir. Özellikle Karatepe Olivyumlu Bazalt ve Kapaklı Dolomiti diğer agregalara göre daha iyi sonuçlar vermiştir. Beşiktepe agregasının gözenekli bir malzeme olması; Karatepe agregasından düşük dayanıma sahip olmasının nedenidir.

- Beton DeneYleri: Deney numunesi olarak seçilen agregalar ile kullanılarak üretilen beton numuneleri üzerinde yapılan deneylerde; 7, 28, 90 günlük basınç dayanım değerleri bazalt kökenli BK1, BK2, BK3 malzemenin, dolomit kökenli DK1 ve kalker kökenli KK1, KK2 malzemelerine göre daha yüksek değerler vermiştir.

300 çimento dozajlı beton üretiminde bazalt kökenli BK1, BK2, BK3 ile C 30 dayanımında beton elde edilirken, kalker kökenli KK1, KK2 ve dolomit kökenli DK1 ile ancak C 25 dayanımında beton elde edilebilmiştir. Çimento dozajı artırıldığında, yani 500 çimento dozajlı beton yapımında ise bazalt kökenli BK1, BK2, BK3 ile C 40~C 45 dayanımında beton elde edilirken kalker kökenli KK1, KK2 ve dolomit kökenli DK1 ile ancak C 30 dayanımında beton elde edilebilmiştir.

Günümüze kadar Tekirdağ ve Yöresinde, beton ve beton-asfalt üretiminde kullanılan beton agregalarıyla ilgili karşılaştırmalı ve seçim alternatiflerine ışık tutabilecek bir araştırma yapıldığı söylenemez. Bu çalışmanın kapsamında yapılan deneyler sonunda; Tekirdağ çevresinde üretilen Beşiktepe, Karatepe, Pınarhisar, Saray ve Kapaklı ocaklarına ait agregaların beton ve beton-asfalt üretimi için uygun oldukları kanıtlanmıştır. Ancak araştırma sonuçlarına göre dayanım ve dayanıklılık bakımından yüksek sonuç verenler sırayla; Karatepe (BK2, BK3), Beşiktepe (BK1), Kapaklı (DK1), Pınarhisar (KK1), Saray (KK2) şeklinde yapılabilir.

Tekirdağ' da halen hazır beton üreten tesislerin büyük kısmı Çorlu ilçesi çevresinde bulunmaktadır. Bu tesislerin en ekonomik beton üretebilmek için yakın mesafede olan ocakları tercih etmektedirler. Bundan dolayı en ekonomik ocak Karatepe (BK2, BK3) olduğu söylenebilir. Hazır beton üretim tesislerinin diğerleri Lüleburgaz ve Çerkezköy yöresinde kurulmuşlardır. Bu tesisler; agrega malzemelerini Kapaklı (DK1), Pınarhisar (KK1) ve Saray (KK2)' da bulunan ocaklardan temin etmektedirler. Beşiktepe (BK1)' de bulunan agrega ocakları, Tekirdağ merkez ve Muratlı bölgesinde bulunan hazır beton üretim tesislerine hizmet vermektedir.

İnşaat sektörünün hızlı olarak geliştiği ve dolayısı ile beton tüketimin had safhada olduğu bu Tekirdağ yöresinde, agrega deneylerine yeterli düzen ve hassasiyette önem verilmesi gerekmektedir. Ocakların tabakalı yapıları, üretim şekli ve malzeme granülometrisi malzeme niteliklerine etki edeceği açıktır. Ayrıca üretimdeki kalite kontrolü önemli bir mühendislik gerekliliği olduğu unutulmamalıdır.

6. KAYNAKLAR

- Abdüselamoğlu, S., 1963, İstanbul Boğazı Doğusunda Mostra Veren Paleozoyik Arazide Stratigrafik ve Paleontolojik Yeni Muşahedeler, M.T.A. Dergisi, s.60, 1-6, Ankara.
- Adams, E.C., (Çeviren: Dönmez, S.), 1993, Yapı Bilgisi III, Yüksek Öğretim Kurulu, II. Baskı, Ankara.
- Akartuna, M., 1953, Çatalca – Karacaköy Jeolojisi, İ.Ü. Fen Fakültesi Monografisi, Sayı:13,88, İstanbul.
- Akartuna, M., 1963, Şile Şariyajının İstanbul Boğazı Kuzey Yakasındaki Devamı, İ.Ü. Fen Fakültesi Jeoloji Enstitüsü, İstanbul.
- Akçansa Çimento Sanayi ve Ticaret A.Ş., <http://www.betonsa.com.tr/>
- Akman, M.S., 1984. “Beton Agregaları, Fiziksel, Petro - Grafik ve Kimyasal Nitelikleri”, Beton Semineri, 6–10 Şubat 1984, Devlet Su İşleri Yayını, Ankara.
- Akpokodje, E.G., Hudec, P., P, 1994, The Influence of Petrology and Fabric on the Engineering Properties of Concretionary Laterite Gravel Aggregates, Quarterly Journal of Engineering Geology, 27, 39-50.
- Alexander, M.G., Milne,T.I., 1995. “Influence of Cement Blent and Aggregate Type on Stress Strain Behavior and Elastic Modulus of Concrete”, ACI Materials Journal, no 92, May–June, 227-235.
- Al-Jassar, S., Hawkins, A., B., 1991, The Carboniferous Limestone of The Bristol Area; A Review of the Influence of the Lithology And Chemistry on Its Use As A Geomaterial, Quarterly Journal Of Engineering Geology, 24, Pp, 143-158.
- Altınlı, İ., E., 1976, Turbidit Fasiyesleri ve Toplulukları Walker ve Multi’ den Çeviri, İ.Ü. Fak. Mecmuası, S. 1–2 S.69–75.
- Aral İ.F., 2004, Karatepe Bazaltlarının (Çorlu-Tekirdağ) Yapı Malzemesi Olarak Kullanılabilirliği, İstanbul Üniv. Müh. Fak. Yerbilimleri Dergisi, C. 17, S. 2, S. 69–76, İstanbul.
- Arıç, C., 1955, Haliç - Küçük Çekmece Gölü Jeolojisi İ.T.Ü. Maden Fakültesi Yayını, S. 48,5
- Arslan, M., Demir, İ., 2005. “Kırşehir Yöresi Kırmataş Agregalarının Mühendislik Özellikleri”, Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt: 20, No: 3, 335-346, Ankara.

- Arslan, M., Demir İ.,2006, Kırşehir Yöresi Kırmataşlarının Beton Agregası Olarak Kullanılabilirliği, Gazi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi Cilt 21, No 3, 489-497, Ankara.
- ASTM C 33, 2002, Fine Aggregate Concrete Sand, American Society for Testing and Materials.
- ASTM C 88, 2005, Standart Test Method For Soundness Of Aggregates By Use Of Sodium Sulfate Or Magnesium Sulfate, American Society for Testing and Materials.
- ASTM C 94, 1994. “Standart Specification for Ready- Mixed Concrete”, Annual Book of ASTM Standarts.
- ASTM C 227, 2003, Potential Alkali-Reactivity of Cement Aggregate Combinations (Chemical Method). Annual Book of ASTM Standards, ASTM Publication.
- ASTM C 289, 1994, Potential Alkali-Silica Reactivity of Aggregates (Chemical Method). Annual Book of ASTM Standards, ASTM Publication.
- ASTM C 295, 1994, Petrographic Examination of Aggregates for Concrete. Annual Book of ASTM Standards, ASTM Publication.
- ASTM C 597, 2002, Standart Test Method For Pulse Velocity Through Concrete, American Society for Testing and Materials.
- ASTM C 1260, 1994, Standart Metod For Potential Alkali-Silica Reactivity Of Aggregates (Mortar Bar Metod).Annual Book Of Astm Standarts, Volume 04.02, Concrete And Aggregates, 648–651.
- Avrupa Hazır Beton Birliği (ERMCO), <http://www.ermco.org/>
- Aydın, Y., 1974, Etude Petrographique Et Géochimique De La Partie Centrale Du Masif D'İsttranca (Turque), Université'de Nancy 1, Doktora Tezi, Nancy.
- Aydın, Y., 1982, Yıldız Dağları (İsıranca) Masifinin Jeolojisi, İTÜ Maden Fakültesi Doçentlik Tezi, İstanbul.
- Baradan, B., 1996, Yapı Malzemesi II, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları, No:207, 4. Baskı, s. 42-195, İzmir.
- Baykal, F., Kaya, O., 1963, İstanbul Bölgesinde Bulunan Karboniferin Genel Sintigrafisi, MTA Dergisi, No:61, Ankara
- Bega Sondaj, 2007, Tekirdağ – Malkara Linyit Sondajları Sondaj ve Rezerv Tespit Raporu, Tekirdağ

- Beshr, H., Almusallah, A. A., Maslehuddin, M., 2003, Effect of Coarse Aggregate Quality on the Mechanical Propertes of High Strength Concrete, Construction And Building Materials, 17, 97-103.
- Beyazıt, Ö. L., 1988. Beton ve Deneylemleri, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü Yayınları, DSİ Matbaası, s. 46-60, Ankara.
- Cebeci, C., 1991. Betonda Su/Çimento – Mukavemet İlişkisi Üzerine Bir Araştırma, Ç. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Y. Lisans. 72s, Adana.
- Ceylan, H., 2005. Farklı Pomza Agregaları Türlerinden Elde Edilen Hafif Betonun Sıcaklık Etkisindeki Karakteristiği, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, D. Tezi, 201s, Isparta.
- Chaput, E., 1931, Obserration Su La Structure Du Iveogene Des Environs D' Rst, İ.Ü. Fen Fakültesi No.5, 1-32.
- Cilason, N., Tonka, S., Gürol, G., 1989, İstanbul ve Çevresi Taş ve Doğal Agregalar Ocakları, STFA Yayın, No:24, İstanbul
- Çalışkan, S., 2003. “Agrega Cinsi ve Tane Boyunun Arayüzey Aderans Dayanamına Etkisi”, Çimento ve Beton Dünyası, sayı: 41, 65-66, Ankara.
- Çavuşoğlu, I., Yılmaz, A., O., 2004. Hurşit Çayı (Giresun-Tirebolu) Kırılmış Dere Malzemesinin Agregalar Olarak Kullanılabilirliğinin İncelenmesi. KAYAMEK'2004-VII. Bölgesel Kaya Mekaniği Sempozyumu, Sivas.
- Çimento ve Beton Dünyası, Mayıs-Haziran 2004, Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliği Yayın Organı
- Çomak, B., 2007, Isparta Yöresinde Çıkarılan ve Beton Üretiminde Agregalar Olarak Kullanılan Malzemelerin Özelliklerinin Belirlenmesi, Y. Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- De Larrad, F., Belloc, A., 1997, The Influence of Aggregate Type on the Compressive Strength of And High Strength Concrete, ACI Materials Journal, 94, No.5, 417-426
- Demir, İ., 2005. “Kırşehir Yöresi Kayaçlarının Kırmataş Agregalar Olarak Kullanılabilirlik Özellikleri” Politeknik Dergisi, Cilt: 8, Sayı 1, 111-121, Ankara.
- Devlet Planlama Teşkilatı, Özel İhtisas Komisyon Raporları, <http://www.dpt.gov.tr>
- Dizer, A., 1951, Küçükçekmece – Çatalca Arasındaki Nummulitiğin Paleontolojik Etüdü, İ.Ü. Fen Fakültesi Mecmuası Seri B. Cilt 16, Sayı 3.

- Dunham, R., J., 1962, Classification of Carbonate Rocks According to Depositional Texture.-In: W. E. Ham (Ed.), Classification of Carbonate Rocks; Amer. Assoc. Petroleum Geologist Mem. 1, 108-121.
- Edet, A., 1992, Physical Properties and İndirect Estimation of Microfractures Using Nigerian Carbonate Rocks As Examples, Engineering Geology, 33, 71-80.
- Ediger, V., Batı, Z., Erenler, M., Alişan, C., Akça, N., Erk, S., Aköz, Ö., Ertuğ, K., 1995, Kuzey Trakya Havzasının Biyografisi, Trakya Havzası Sempozyumu Bildiri Özleri, TPAO ve Ozan Sungurlu Vakfı.
- Ercan, T., Türkecan, A., Guillou, H., Satır, M., Sevin, D., Şaroğlu, F., 1998, Marmara Denizi Çevresindeki Tersiyer Volkanizmasının Özellikleri, MTA Dergisi, 120, 199-221.
- Ercan, T., 1992; Trakya Senozoyik Volkanizması ve Bölgesel Yayılımı, Jeoloji Mühendisliği Dergisi, 41, (37-50), İstanbul.
- Erdoğan, M., 1992, Alkali Karbonat Reaksiyonunun Gelişim Mekanizması ve Nedenleri, Mühendislik Jeolojisi Türk Milli Komitesi Bülteni, 41-47.
- Erdoğan, M., 1993, İstanbul ve Dolayının Yapay Agregata Potansiyeli, Mühendislik Jeolojisi Türk Milli Komitesi Bülteni, Sayı:14, S: 29-41, İstanbul.
- Erdoğan, Y, T., 1995. "Betonu Oluşturan Malzemeler Agregalar", THBB, Ankara.
- Erdoğan M., 1999, Safaalanı (Tekirdağ) Yöresi Amfibolit Şist'inin Agregata Özellikleri Ve Kırıcı Türünün Malzeme Geometrisine Etkisi, 2.Ulusal Kırmataş Sempozyumu'99, İstanbul.
- Erdoğan, Y,T., 2001. "Beton", Ortadoğu Teknik Üniversitesi, Ankara.
- Erentöz, C., 1953, Çatalca Yöresi' nde Jeoloji Tetkikleri, M.T.A. Yayını, Seri B, No.17.
- Ermütlu, E., 1961, Standart Beton Agregata Deneyleri, D.S.İ. Laboratuvarı, Ankara.
- Eroskay, S. O., 1978, Kocaeli Yarımadası Güneyindeki Kireçtaşlarının Hidrojeolojisi ve Karst Parametrelerinin Analizi, İ.Ü. Yerbilimleri Fakültesi, İstanbul.
- Esenli F., 1999, Tekirdağ Bölgesi (Trakya) Alkali Bazaltları İçerisindeki Peridotitik Ksenolitler, M.T.A Dergisi 121, 125-139, İstanbul.
- European Ready-Mixed Concrete Industry Statistics 2003
- Felekoğlu, B., 2003. Kendiliğinden Yerleşen Betonun Fiziksel Ve Mekanik Özelliklerinin Araştırılması, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Y. Lisans Tezi, 246s. İzmir.

- Folk, R. L., 1962, Spectral Subdivision of Limestone Types, -In: W.E. Ham (Ed.), Classification of Carbonate Rocks; Amer. Assoe. Petroleum Geologist Mem. 1, 62 - 84.
- Fookes, P.G., 1980, An Introduction to the Influence of Natural Aggregates on The Performance and Durability of Concrete, Quarterly Journal of Engineering Geology, 123, 207-229.
- Fookes, P.G., 1991, Geomaterials, Quarterly Journal of Engineering Geology, 24, 3-15.
- Franklin, J.A., Broch, E., And Walton, G., 1971, Logging The Mechanical Character Of Rock. Trans. Inst. Min. Metall. (Sect. A:Min. Industry), Jan. 1971, A1- A9.
- Giaccio, G.,1992. "High-Strength Concretes Incorporating Different Coarse Aggregates", ACI Materials Journal, no 89, May-June, 242-247.
- Gillott, J. E., 1975, Alkali-Aggregate Reactions in Concrete, Engineering Geology, 9, 303-326.
- Goodman, R.E., 1993, Engineering Geology: Rock İn Engineering Construction, Wiley, Newyork, 412 Pp..
- Gökçen, N., 1973, Pınarhisar Formasyonunun Yaşı ve Ortam Şartlarında Görülen Yapısal Değişimler (Kuzey, Kuzeydoğu Trakya), Cumhuriyetin 50. Yılı Yerbilimleri Kongresi, Tebliğler, 128-142, Ankara.
- Görür, N., Okay, A. İ., 1996, A Fore-Are Origin Fort He Thrace Basin, Nw Turkey, Geol. Rundsch, 85, 662-668.
- Grattan-Bellew, P. E., 1987, Concrete Alkali-Aggregate Reactions, Naves Publications, Park Ridge, Pp. 331-335.
- Gutierrez, P. A., Canovas, M. F., 1996, High Performance Concrete Requirements For Constituent Materials and Mix Propotioning, ACI Materials Journal, 93, No.3, 233-241.
- Hazır Beton, Mart-Nisan 2003, Türkiye Hazır Beton Birliği Yayın Organı
- Hobbs, D. W., 1990, Cracking and Expansion Due to The Alkali – Silica Reaction: Its Effect on Concrete, Structural Engineering Review, 2, 65-79.
- Hochstetter, F. Von, 1870, Die Geologischen Verhalthisse Des Östlichen Türkei. Jb.B.K.Geol. Reichsant. 20, S. 365-461, Wien.
- ISRM., 1981, Basic Geotechnical Description Of Rock Masses; Int. Society Of Rock Mech. Commission On The Classification Of Rock And Rock Masses, Int. Journal Of Rock Mechanics And Minning Sciences And Geomechanical Abstract, 18, 85-110 Pp.

- İGEME Sektör Raporları, <http://www.igeme.org.tr>
- İnci, H. H., 2005. Mineral, Kimyasal Katkılı Ve Polipropilen Fiber Takviyeli Taze Betonun Basınç Altındaki Davranışının Belirlenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Y. Lisans Tezi, 71s. Isparta.
- İnşaat Dünyası, Aylık İnşaat Malzemeleri ve Teknolojileri Dergisi
- İrfan, T. Y., 1994, Aggregate Properties and Resources of Granitic Rocks For Use In Concrete In Hong Kong, Quarterly Journal of Engineering Geology, 27, 25-38.
- Kandemir, A., 2005. Kendiliğinden Yerleşen Betonun Kalıcılık Özelliklerinin İncelenmesi. Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Y. Lisans Tezi, 177s. İzmir.
- Kasar, S., 1987, Edirne – Kırklareli – Saray (Kuzey Trakya) Bölgesi’ nin Jeolojisi, Türkiye 7. Petrol Kongresi Bildirileri, 281-291, Ankara.
- Kaya, O., 1971, İstanbul Karbonifer Stratigrafisi, T.J.K. Böl. XIV-2, 143 – 147.
- Kemper, E., 1961, The Kırklareli Limestone (Upper Eocene) Northern Basin Rim, Deilman Bergbau GMBH, Geological Report T.37.
- Keskin, C., 1966, Pınarhisar Resif Karmaşığı’ nın Mikrofasiyes İncelemesi, İ.Ü. Fen Fakültesi Mecmuası Seri B, Cilt 31, Sayı 3-4.
- Keskin, C., 1974, Stratigraphy of The North Ergene Basin, 2. D. Biannual Petroleum Congress of Turkey, Pp 137 - 163.
- Ketin, İ., Güner, G., 1989, İstanbul Bölgesi’ nde Karbonifer Yaşlı Trakya Formasyonu Yapısal Özelliği, Mühendislik Jeolojisi Bülteni, Sayı 11, 13-18.
- Khalili, A., 1987, Ahmediye – Kumburgaz (İstanbul) Dolayının Jeolojisi, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 70 Sayfa. (Yayınlanmamış).
- Kılıç, İ., 2006. Geri Döndürülmüş Atık Betonların Bazı Fiziksel Ve Mekanik Özelliklerinin Katkı Kullanımı İle İyileştirilmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Y. Lisans Tezi, 71s. Isparta.
- Kılınçarslan, Ş., 2004. Barit Agregalı Ağır Betonların Radyasyon Zırlamasındaki Özellikleri Ve Optimal Karışımlarının Araştırılması. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, D. Tezi, 125s, Isparta.
- Kırca, S., 2001. Sütçüler-Menteşe Çakıl Agregasının Beton İmalinde Kullanılmasının Araştırılması. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Y. Lisans Tezi, 88s, Isparta.
- Köseoğlu, O. E., 2003. Agreganın En Büyük Tane Çapı ve Karot Numunesi Boyutunun Ölçülen Beton Basınç Dayanımına Etkisi. Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Y. Lisans Tezi, 126s. İzmir.

- Lebkuchner , F.R., 1974, Orta Trakya Oligosen'inin Jeolojisi Hakkında. M.T.A. Dergisi, 83,(1-30), Ankara.
- Marzouk, H., Langdon, S., 2003, The Effect of Alkali Aggregate Reactivity on The Mechanical Properties of High And Normal Strength Concrete, Cement And Concrete Composites, 25, 549-556.
- Maslehudin, M., 2003. "Comparision of Properties of Steel and Crushed Limestone Aggregote Concretes", Constraction and Building Materials, Vol: 17, No 2, 105-112.
- Meriç, E., 1990, İstanbul Boğazı Güneyi ve Haliç' in Genç Kuvatemer Dip Tortulları, İ.T.Ü. Vakfı Yayınları, pp. 99-105, İstanbul.
- Murdock, L, J.,1991. Concrete Materials and Practice, London.
- Murlin, J. A., Wilson, C., 1952. Field Practise in Lightweight Concrete. ACI Journal, Proceeding, 49, P.21-36, London.
- National Ready Mixed Concrete Association, <http://www.nrmca.org/>
- Neter, J., 1988. "Applied Statistics, 3th edition", Allyn and Bocaninc, London.
- Neville A.M., 1996. Properties of Concrete, Forth and Final Edit., John Wiley, G. Sons, 56-80.
- Norusis, M., J., 1993. "SPSS for Windows base system User Guide Relase 6.0", SPSS Inc, Chicago.
- Okay, A. C., 1947, Alemdağ – Karlıdağ – Kayışdağ Arasındaki Bölgenin Jeoloji Etüdü, İ.Ü.F.F. Mec. B XIII, 311-355.
- Önalın, M., 1981, İstanbul Ordovisiyen ve Siluriyen İstifinin Çökelme Ortamları, İ.Ü. Yerbilimleri, C.2, S.3-4, 161-177.
- Osma, Y., 2002. Barit İle Elde Edilen Ağır Betonun Fiziksel ve Mekanik Özellikleri, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Y. Lisans Tezi, 71s. Isparta.
- Öcal, C., 2005. Beton Üretim Teknikleri ve Laboratuar Uygulamalarında Kalite Güvenliğinin Sağlanması ve Kontrol Metotlarının Geliştirilmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Y. Lisans Tezi, 43s. Isparta.
- Özcan, F., 1999. Niğde İli Çevresindeki İnşaat Malzemelerinin Beton Üretiminde Kullanımı, Bu Malzemelerden Elde Edilen Betonların Özelliklerinin ve Optimal Karışımlarının Araştırılması. Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Y. Lisans Tezi, 105s, Niğde.

- Özen, M., 2007. Agrega Şekil Parametreleri İle Beton Dayanımı Arasındaki İlişkinin Görüntü Yöntemleri Yardımıyla İncelenmesi, ODTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Y. Lisans Tezi, Ankara.
- Özgen, E., 2005. Kırmataş Agrega İçerisindeki Taş-unu Miktarının Betonun Basınç Dayanımına Etkisi. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 21 (1-2), 198-205.
- Özkahraman, H. T., and Işık, E. C., 2005. ‘‘The Effect of Chemical and Mineralogical Composition of Aggregates on Tensile Adhesion Strenght of Tiles’’, Constraction and Building Meterials, Vol: 9, No:4, 251-255.
- Özturan, T., Çeçen, C., 1997, Effect of Aggregate Type on The Mechanical Properties of Concretes With Different Strenghts, Cement and Concrete Research, 27, No.2, 165 -170.
- Öztürk, Ö., Çelikkol, M., Erkan, M., 2007, Türkiye Agrega Sektör Raporu, Hazır Beton Dergisi Kasım - Aralık Ayı Sayısı S: 52, İstanbul.
- Özyürek, N., 1995. Kızılırmak Agregasının Teknik Özelliklerinin ve Beton Yapımında Kullanılması. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Y. Lisans Tezi, 108s, Ankara.
- Paeckelman, W., 1938, Neue Beitrage Zur Kenntnis Der Geologs, Palaeontologie Und Petrographie Der Umgegend Von Konstantinopel, Abh. D. Preuss Geol. Lands, 186, 1-202.
- Pamir, H., Baykal, A. F., 1947, Istranca Masifi’ nin Jeolejik Yapısı T.J.K. Bülteni Cilt 1, Sayı 1.
- Pamir, H. M., Sayar, M., 1933, Küçükçekmece Fosil Fıkralı Hayvanlar Mecmuası, İ.Ü. Fen Fakültesi Jeolojisi Bölümü, No.8, 119, İstanbul.
- Penck, W., 1919, Grundzüge Der Geologie Des Bosphorus Inst. F. Meeresk N.F.A.4, Berlin.
- Poitevin, P., 1999, Limestone Aggregate Concrete, Usefulness and Durability, Cement and Concrete Composites, 21, 89-97.
- Postacıoğlu, B., 1987, Beton, Bağlayıcı Maddeler, Agregalar, Beton, Cilt 2, Teknik Kitaplar Yayınevi, S.404, İstanbul.
- Postacıoğlu, B., 1982. Betonun Yerinde Yapılan Muayene Sonuçlarının Değerlendirilmesi, Malzeme Semineri, S.150-163, İstanbul.

- Priest, S.D., And Hudson, J.A., 1976, Discontinuity Spacing In Rock, Int. Journal Of Rock Mechanics And Mining Sciences And Geomechanics Abstracts, 13, 135-148.
- Ramsay, D. M., Dhir, R. K., Spence, I. M., 1974, The Role of Rock and Clast Fabric In The Physical Performance of Crushed-Rock Aggregate, Engineering Geology, 8, 267 – 285.
- Report of Members' Activities 2002
- Sandulescu, M., 1978, The Moesic Platform and North Dobrogean Orogene, The Balkans, Lomonosov, Medi Geological Atlas of Alpine Europe and Adjoining Alpine Areas, Elsevier, Amsterdam.
- Savaş, Ö., 2002. Atık Betonların Geri Kazanımı. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Y.Lisans Tezi, 66s, Isparta.
- Sayar, C., 1978, İstanbul Boğazı ve Çevresinde Ordovisyen – Siluriyen Sınırı, TJK 32. Bilimsel ve Teknik Kurultayı Bildiri Özetleri, ss. 31-32, Ankara.
- Sırtmaç, S., 1998, Tekirdağ Safaaiani Amfibolit Şistinin Agregat Özelliklerinin Araştırılması, İTÜ Maden Fakültesi, Lisans Tezi, İstanbul.
- Smith, M.R., And Collis, L., 2001, Editors, Aggregates: Sand, Gravel And Crushed Rock Aggregates For Construction Purposes, Geological Society, Engineering Geology Special Publication 17, The Geological Society, London, 399 Pp..
- Sönmez – Gökçen, N., 1964, Trakya – Çatalca Civarı Neojen’ den Congerialı Serinin Ostro-Codlarla Bulunan Yeni Yaşı Hakkında Not, M.T.A. Dergisi, No.63, 43 – 53.
- Stanton, T. E., 1940, Influence of Cement and Aggregate on Concrete Expansion, Eng. News Record February, Pp. 59 – 61.
- Şiray Madencilik, 2005, Taş Ocağı Ve Kırma-Eleme Tesisi Proje Tanıtım Raporu, Ankara.
- Tasong, W. A., Lynsdale, C. J., Cripps, J. C., 1999, Aggregate – Cement Paste İnterface I: Influence of Aggregate Geochemistry, Cement and Concrete Research, Vol 29, No. 7, pp 1019 – 1025.
- Tasong, W.S., Lynsdale, C.J. And Cripps, J.C., 1998, Aggregate-Cement Paste İnterface: II. Influence Of Aggregate Physical Properties, Cement And Concrete Research 28, Pp. 1453-1465.
- Tasong, W. A., Lynsdale, C. J., Cripps, J. C., 1998, Aggregate – Cement Chemical Interactions, Cement and Concrete Research, 28, 7, pp. 1037 – 1048.

- Taşdemir, C., 1998, The Influence of Aggregathe Type on The Mechanical Properties of Concrete, Proceedings of the 12th European Ready Mixed Concrete Congress, Lisbon, 633 – 640.
- Tchihatcheff, P., 1864, İstanbul ve İstanbul Boğazı, I. Vol, 590 P., 9 Pl., Paris.
- Tokyay, M., 1998, Agrega Tipinin Yüksek Dayanımlı Betonların Mekanik Özelliklerine Etkisi, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası Teknik Dergi, Cilt 9, Sayı 2, 1627 – 1638.
- Topçu H. T., 2006, Zonguldak - Bartın Arasındaki Cangaza Bazaltlarının Agrega Olma Özellikleri ve Beton Üretiminde Kullanılabilirliği, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Y.Lisans Tezi, Zonguldak.
- Turgut, S., Siyako, M., Dikli, A., 1983, Trakya Havzası' nın Jeolojisi ve Hidrokarbon Olanakları, T.J.K. Bülteni, 4, 35 -46.
- TS EN 206–1/A1, 2005. “Beton–Bölüm 1: Özellik, Performans, İmalat ve Uygunluk”, TSE, Ankara.
- TS 500, 2000. Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS 699, 1987, Tabi Yapı Taşları Muayene Ve Deneysel Metotları; Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS 706 EN 12620, Beton Agregaları, Türk Standartları Enstitüsü.
- TS 802, 1985. Beton Karışımı Hesap Esasları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara
- TS EN 932–1, 1997. Agregaların Genel Özellikleri İçin Deneyler – Kısım 1 – Numune Alma Metotları. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara
- TS EN 932-2, 1999. Agregaların Genel Özellikleri İçin Deneyler – Bölüm 2 – Laboratuar Numunelerinin Azaltılması Metodu. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara
- TS EN 933 – 1, 1999, Agregaların Tane Büyüklüğü Dağılımı Tayini, Türk Standartları Enstitüsü.
- TS EN 933 – 3, 1999, Agregaların Yassılık Endeksi Tayini, Türk Standartları Enstitüsü.
- TS EN 933 – 4, 2001, Agregaların Şekil İndisi Tayini, Türk Standartları Enstitüsü.
- TS EN 933 – 8, 2001, Agregaların Kum Eşdeğerliği Deneyi, Türk Standartları Enstitüsü.
- TS EN 933 – 9, 2001, Agregaların Metilen Mavisini Deneyi, Türk Standartları Enstitüsü.
- TS EN 1097 – 1, 2002, Agregaların Aşınmaya Karşı Direnci – Mikro Deval, Türk Standartları Enstitüsü.

- TS EN 1097 – 2, 2000, Agregaların Parçalanma Direnci – Los Angeles Deneyi, Türk Standartları Enstitüsü.
- TS EN 1097 – 3, 1999, Agregaların Gevşek Yığın Yoğunluğunun ve Boşluk Hacminin Tayini, Türk Standartları Enstitüsü.
- TS EN 1097 – 6, 2002, Agregaların Tane Yoğunluğu ve Su Emme Oranı Tayini, Türk Standartları Enstitüsü.
- TS EN 1367 – 2, 1999, Agregalarda Magnezyum Sülfat Deneyi, Türk Standartları Enstitüsü.
- TS EN 1744 – 1, 2000, Agregaların Kimyasal Analizi – Organik Madde Tayini, Türk Standartları Enstitüsü.
- TS 2513, 1977, Doğal Yapı Taşları; Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS 2940, 1999 “Taze Betondan Numune Alma Metotları”, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS 2941, 1978. Taze Betonda Birim Ağırlık, Verim ve Hava Miktarının Ağırlık Yöntemi İle Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara
- TS 3068 ISO 2736-2, 1999. “Beton deneyleri – Deney Numuneleri”, TSE, Ankara.
- TS 3260, 1978. Beton Yüzey Sertliği Yolu İle Yaklaşık Beton Dayanımının Tayini Kuralı, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara
- TS 3526, 1980. Beton Agregalarında Özgül Ağırlık ve Su Emme Ağırlıklarının Tayini, I. Baskı, Ankara
- TS 3529, 1980. Beton Agregalarında Birim Ağırlıklarının Tayini, I. Baskı, Ankara
- TS 3530 EN 933-1, 1999. Agregaların Geometrik Özellikleri İçin Deneyler – Bölüm 1: Tane Büyüklüğü Dağılımı Tayini – Eleme Metodu. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara
- TS 3624, 1981. Sertleşmiş Betonda Özgül Ağırlık Su Emme ve Boşluk Oranı Tayini Metodu. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara
- TS 5893, 1999, Beton-Basınç Dayanımına Göre Sınıflandırma, TSE, Ankara.
- TS 7043, 1987, Balast-Demiryollarında Kullanılan Taşlar; Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS 11222, 2001, Beton Hazır Beton- Sınıflandırma, Özellikler, Performans, Üretim ve Uygulama Kriterleri, TSE, Ankara.
- TS EN 12350 – 2, 2002, Taze Betonda Çökme Deneyi, Türk Standartları Enstitüsü.
- TS EN 12350 – 6, 2002, Taze Beton Yoğunluk Deneyi, Türk Standartları Enstitüsü.
- TS EN 12350 – 7, 2002, Taze Beton Hava İçeriği, Türk Standartları Enstitüsü.

- TS EN 12390 – 3, 2002, Dayanım Deney Numunelerinin Basınç Dayanımı Tayini, Türk Standartları Enstitüsü.
- TS EN 12390 – 6, 2002, Dayanım Deney Numunelerinin Yarmada Çekme Dayanımının Tayini, Türk Standartları Enstitüsü.
- Türkiye Hazır Beton Birliği, <http://www.thbb.org/index.php>
- Uğurlu, A., 1989, Betonda Agrega Granülometrisinin Düzenlenmesi ve Önerilen Bir Yöntem: Fuller Parabolü. D.S.İ. Teknik Bülteni, Sayı: 69, s.45-49, Ankara
- Umut, M., İmik, M., Kurt, Z., Özcan, İ., Ateş, M., Karabıyıkoglu, M., Saraç, G., 1984, Edirne İli- Kırklareli İli-Lüleburgaz (Kırklareli)-Uzunköprü (Edirne) Civarının Jeolojisi; MTA. Rap. No: 7604 (Yayınlanmamış).
- Umut, M., Kurt, Z., İmik, M., Özcan, İ., Sarıkaya, G., 1983, Tekirdağ İli-Silivri (İstanbul İli)- Pınarhisar (Kırklareli İli) Alanının Jeolojisi; MTA. Rap. No:7349 (Yayınlanmamış).
- Uribe Afif, R., 1994, Study of Petrous Aggregates For Concrete In Zimapan Arch Dam In Mexico, Proceedings of 7th International IAEG Congress, pp. 3229 – 3233.
- Usta H., 2005, Hazır Beton Sektör Araştırması, İstanbul.
- Uz B., 1999, Bazaltların Kırmataş Yönünden Değerlendirilmesi "Trakya - Tekirdağ Bölgesi Bazaltları Örneği, 2.Ulusal Kırmataş Sempozyumu'99, İstanbul.
- Uz, B., 1998, Yapı-Maden A.Ş. Sivntepe (Bıyıklı-Tekirdağ) Bazaltlarının Petrografik Etüt ve Değerlendirilmesi. İTÜ. Maden Fakültesi Vakfı Projesi, İstanbul.
- Uz, B., 1997; Yapı-Maden A.Ş. Trakya Bölgesi Yapı Malzemeleri Saha Ön Etüt Raporu, İ.T.Ü. Maden Fakültesi, İstanbul.
- Ülkümen – Rückert, N., 1960, Trakya ve Çanakkale Mintıklarında Bulunan Neojen Balıklı Formasyonları Hakkında, İ.Ü. Fen Fakültesi Monografisi, Sayı 16, İstanbul.
- Ülkümen, N. R., Kaya, O., Hottenrott, M., 1993, Neue Beitrage Zur Tertiar – Stratigraphie Und Otolithon – Fauna Deer Umg Ebeung Von İstanbul (Küçükçekmece Und Büyükçekmece See) Turkei. Mitt. Baeyer Staatssig, Paleon, Hist. Geol. 33, 51 – 89, Munchen.
- Ünal, O. T., 1967, Trakya Jeolojisi ve Petrol İmkanları, TPAO Raporu, Arşiv No: 391.
- Ünal, O., Uygunoğlu, T., Coşkun, U., 2005. Agrega Granülometrisinin Yüksek Performanslı Beton Özelliklerine Etkisi. Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi (2) 13 - 20

- Üşümezsoy, Ş., Öztunalı, Ö., Coşkun, G., 1995, Istranca Kuşağı ve Batı Pontid Bloğu İlişkisi ve Trakya Çanağının Açılımı, Trakya Havzası Sempozyumu Bildiri Özleri, TPAO ve Ozan Sungurlu Vakfı.
- Venuat, M., 1983, “Du Beton Mousse Au Beton De Polymeres”, Cah., Tech., Du Bafiment, No:52, Mai, Paris.
- Wakizaka, Y., 2000, Alkali – Silica Reactivity of Japanese Rocks, Engineering Geology, V. 56, 1-2, pp. 211-221.
- Wakizaka, Y., Morita, S., Kawano, H., Ichikawa, K., 1989, Mineralogical Interpretations of Dissolved Silica and Reduction In Alkalinity of The Chemical Method, In: Proc. 8th Int. Conf. On Alkali – Aggregate Reaction, Kyoto, pp. 519 – 524.
- Williams, D. M., Mcnamara, K., 1992, Limestone to Dolomite to Dedolomite Conversion And Its Effect on Rock Strength: A Case Study, Quarterly Journal of Engineering Geology, 24, Pp. 131 – 135.
- Wood, A.M. Muir, Cooper, V.H., Kidd, B.C., 1980, Dams And Their Tunnels, Water Power And Dam Const. 1-IV, February-Mai.
- Yalçınlar, İ., 1951, İstanbul Civarının Paleozoyik Arazisine ait Yeni Müşahadeler, T.J.K. Bülteni, Cilt 3, Sayı 1, 125-130.
- Yeğınobalı, A., 1999. “Betonun İç Yapısı”, Türkiye Çimento Muhtasilleri Birliğı Notları, No: 3, Ankara.
- Yıldırım, H., 1995. Agrega Konsantrasyonunun Betonun Mekanik Özelliklerine Etkisi. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, D. Tezi, 110s, İstanbul.
- Yıldırım, M., Yılmaz, I., 2002. Yıldız Çökellerinin Beton Agregası Olarak Kullanılabilirliklerinin İncelenmesi. Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, Seri A – Yerbilimleri C.19, S.2, 181-192, Sivas.
- Yurtsever, A., Çağlayan, M., A., 2002, 1:100 000 Ölçekli Açınsama Nitelikli Türkiye Jeoloji Haritaları No:65, İstanbul F-21 Ve G-21 Paftaları, MTA Jeoloji Etütleri Dairesi, S.30, Ankara.
- Zarif, İ., H., Tuğrul, A., Dursun, G., 2003, İstanbul’ da ki Kireçtaşlarının Agrega Kalitesi Yönündeki Değerlendirilmesi, İ.Ü. Mühendislik Fakültesi Yerbilimleri Dergisi, C, 16, 61-70.

ÖZGEÇMİŞ

Murat DOĞAN

İnşaat Mühendisliği

Doğum Tarihi: 15 / 02 / 1977

Uyruğu: Türkiye Cumhuriyeti

Öğrenim Durumu: Lisans Mezunu

Öğrenim Geçmişi:

Yüksek Lisans: Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

2. Üniversite: Anadolu Üniversitesi İşletme ve İktisat Fakültesi İşletme Bölümü

Üniversite: Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Müh.

Lise: Keçiçepe Anadolu Öğretmen Lisesi

Deneyim- Stajlar :

MSB Balıkesir İnş. Eml. ve NATO Enf. Blg. Bşk.lığı BALIKESİR, Kontrol Müh.

Merve İnşaat Ltd. Şti. EDİRNE, Güzel Sanatlar Lisesi İnşaatı Şantiye Şefi

Gap Metaş-Bucaklar İnş. Taah. San. ve Tic. Ltd. Şti. TEKİRDAĞ, Tekirdağ TOKİ Saha ve Hak. Müh.

Alacalı İnşaat A.Ş. Muratlı / TEKİRDAĞ, Üretim Şefi

Ak Kardeşler İnşaat Taahhüt San. ve Tic. Ltd. Şti. Çerkezköy / TEKİRDAĞ, Teklif ve uygulama Mühendisi

Sanat Yapı A.Ş. Kadıköy/İSTANBUL Kemalpaşa Türk Petrol İstasyon İnşaatı BURSA, Şantiye Mühendisi

Ertay Yapı Denetim A.Ş. Çerkezköy, Yardımcı Kontrollük

Ersay Mimarlık, Müşavirlik ve İnşaat A.Ş.Çerkezköy, Proje Mühendisi

Net Yapı Mimarlık A.Ş.- İZMİR, Saha Mühendisi

D.S.İ. XI. Edirne Bölge Müdürlüğü' nde, Şantiye Müh. Yardımcılığı ve Büro Müh. Yardımcılığı

ERA Mimarlık İzmir Carrefour SA Alışveriş Şantiyesi, Şantiye Müh. Yardımcılığı ve Büro Müh. Yardımcılığı

Öztürk İnşaat Edirne Havaalanı İnşaatında, Şantiye Müh. Yardımcılığı

Lisans Bitirme Projesi :

Yeniköy Göleti Dolusavak Projesi

Katılan Eğitimler ve Seminerler:

Mühendisler Vakfı – MESA Firması Tarafından Düzenlenen Tünel Kalıp Hakkında Seminer

TMMOB Makine Mühendisleri Odası' ndan WINDOWS-EXCEL-WINWORD Bilgisayar Kursu

Ege Üniversitesi Medico İlk Yardım Eğitimi

Ege Üniversitesi Üniversitem Programı Takım Çalışmaları Eğitimi

Ege Üniversitesi Üniversitem Programı İş ve İnsan İlişkileri Eğitimi

ERA İnşaat Çelik Konstrüksiyon İmalatı Eğitimi

Sertifikalar :

Tünel Kalıp Uygulama Teknikleri Sertifikası

TMMOB Makine Mühendisleri Odası' ndan WINDOWS-EXCEL-WINWORD Bilgisayar Kursu Katılım Belgesi

Ege Üniversitesi Medico İlk Yardım Sertifikası

Ege Üniversitesi Üniversitem Programı Takım Çalışmaları Eğitimi Sertifikası

Ege Üniversitesi Üniversitem Programı İş ve İnsan İlişkileri Eğitimi Sertifikası