

767892

T.C.
NİĞDE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

NİĞDE VE YÖRELERİNDE İNŞAAT SEKTÖRÜNDE KULLANILAN
AGREGALARIN MİNERALOGİSİ VE BUNLARIN BETON KALİTESİNE ETKİSİ

Engin ÜNAL

Yüksek Lisans Tezi

Danışman

Prof. Dr. İbrahim ÇOPUROĞLU

Nisan 2005

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğüne;

Bu çalışma jürimiz tarafından JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Başkan : ..Prof. Dr. İbrahim GÖPÜRÖĞLU.....

(Ünvan, Adı ve Soyadı) (Üniversite)

Üye : ..Yrd. Doç. Dr. Ahmet BİLGİL.....

(Ünvan, Adı ve Soyadı) (Üniversite)

Üye : ..Dr. Mustafa KOKANCA.....

(Ünvan, Adı ve Soyadı) (Üniversite)

Üye : ..

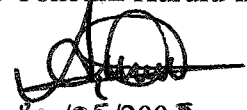
(Ünvan, Adı ve Soyadı) (Üniversite)

Üye : ..

(Ünvan, Adı ve Soyadı) (Üniversite)

ONAY:

Bu tez 06/04/2004 tarihinde, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunca belirlenmiş olan yukarıdaki jüri üyeleri tarafından uygun görülmüş ve Enstitü Yönetim Kurulu'nun 11/05/2005 tarih ve sayılı kararıyla kabul edilmiştir.


30.10.5/200.5

Doç. Dr. Aydın TOPÇU

ÖZET

NİĞDE VE YÖRELERİNDE İNŞAAT SEKTÖRÜNDE KULLANILAN AGREGALARIN MİNERALojİSİ VE BUNLARIN BETON KALİTESİNE ETKİSİ

ÜNAL, Engin

Niğde Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Danışmanı : Prof. Dr. İbrahim ÇOPUROĞLU

Nisan 2005, 108 sayfa

Bu çalışmada Niğde İlinin tamamını kapsayan L_{32,33,34}, M_{32,33,34} paftaları içerisindeki sert kaya birimlerinin ve halen inşaat sektöründe agrega olarak kullanılan Kızılırmak (Nevşehir-Gülşehir) kumunun mineralojisi ve bu birimlerin beton kalitesine olan etkisi incelenmiştir.

Çalışma alanı içerisinde inşaatlarda beton agregası olarak kullanılan kumların mineralojik-petrografik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla çok sayıda örnekleme yapılmıştır. Bu örneklerden mineralojik-petrografik inceleme için ince kesitler yaptırılmış, çıkan sonuçları daha sağlıklı yorumlamak amacıyla tane boyu dağılımı yapılarak havanda gerekli boyuta indirgenen numuneler üzerinde X-Ray Difraktometre analizi yaptırılmıştır.

İl sınırları içerisinde beton agregası olarak kullanılan sert kayaç birimleri formasyonlar ve litodem birimleri düzeyinde belirlenmiştir. Bu birimlerin mineralojik-petrografik, fiziksel ve mekanik özelliklerini ortaya koyabilmek için araziden uygun büyüklükte ve nitelikte olan blok örnekleri alınmıştır. Bloklardan elde edilen farklı boy

ve çaplardaki karotlar kullanılarak birimlerin fiziksel özelliklerinden; birim hacim ağırlıkları, özgül ağırlıkları, tane birim hacim ağırlıkları, efektif poroziteleri, boşluk oranları, su emme oranları, doluluk oranları, donmaya karşı duyarlılık dereceleri, mekanik özelliklerinden; tek eksenli basınç dayanımları, en direkt çekme dayanımları, nokta yük dayanımları, Schmidt çekici dayanımları bulunarak, mineralojik ve kimyasal analizler yardımıyla birimler alkali-silis reaksiyonu yönünden değerlendirilmiştir.

Elde edilen bulgular TSE standartlarına göre yorumlanmış, grafikler ve tablolar yardımıyla ifade edilmiştir, sonuçlar beklenildiği gibi bu yerli kayaç birimlerinin beton agregası olarak kullanılabilceğini, Niğde ve yöresinde pazarlanan inşaat kumlarının ise, genellikle altere olmuş kayaç parçaları ile kuvars miktarı oldukça az, piroksen ve amfibol minerallerinden oluştuğundan kaliteli kum (agrega) zelliği taşımamaktadır.



Anahtar sözcükler: Agregas, Beton, Mineraloji, Alkali-Silis Reaksiyonu, Fiziksel zelikler, Mekanik zelikler.

ABSTRACT

IN NIGDE REGION, MINERALOGY OF AGGREGATES USED IN CONSTRUCTION AND THEIR EFFECT ON CONCRETE QUALITY

ÜNAL, Engin

Niğde University
Graduate School of Natural Applied Sciences
Department of Geological Engineering

Supervisor: : Prof. Dr. İbrahim ÇOPUROĞLU

April 2005, 108 pages

In this study, hard rock units located within the L_{32, 33, 34} and M_{32, 33, 34} maps covering Niğde city and mineralogy of Kızılırmak (Nevşehir-Gülşehir) sand being used currently in construction and the effect of these units to concrete quality have been investigated.

Mineralogical and petrographic properties of sand samples used as concrete aggregate were determined within the study area. Thin sections were prepared for mineralogical and petrographic examination. X-ray diffractom analyses were done on samples which are ground with pestle & mortar.

Hard rock units formations, and lithodemic units in Niğde used as concrete aggregates were identified. Block samples were collected in the field in order to determine mineralogical, petrographical, physical & mechanical properties of these units. Cores with various length & diameter were used to calculate specific gravity, effective porosity, water absorption, using physical properties; and uniaxial compressive strength, triaxial compressive strength, point load strength, Schmidt hammer hardness; using mechanical properties. The units were evaluated in terms of alkali-silica reaction with the aid of mineralogical & chemical analyses.

Obtained results were interpreted according to TSE standards and explained by tables and graphics. As it was expected, it was concluded that the rocks units can be used for concrete aggregate. In Nigde and the suburbs, the marketed building sands aren't sustain property of quality sand, because of generally they have been weathered rocks units with pyroxenes which has more less quartz quantities and completed to amphiboles minerals.



Keywords: Aggregate, Concrete, Mineralogy, Alkali-Silica Reaction, Physical Properties, Mechanical Properties.

TEŞEKKÜR

Bu araştırmayı yöneten, yürütülüşü ve yazımı sırasında değerli katkılarını esirgemeyen danışman hocam Prof. Dr. İbrahim OPUROğLU'na (N..) şükranlarımı sunarım.

Tezi aldığım günden bu güne kadar yaptığım arazi, laboratuvar ve büro çalışmaları sırasında maddi ve manevi yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyen Sayın Dr. Mustafa KORKANÇ'a (N..); ayrıca Doç. Dr. Sair KAHRAMAN'a (N..), Yrd. Doç. Dr. Sait METİN'e (N..), Yrd. Doç. Dr. Gonca KUşCU'ya (N..), Yrd. Doç. Dr. şeref KESKİN'e (N..), Yrd. Doç. Dr. Ahmet BİLGİL'e (N..) ve Jeoloji Mühendisi Ahmet DOğAN'a (MTA) teşekkür etmeyi bir borç bilirim.

Ayrıca laboratuvar çalışmaları sırasında deneyleri yapmama yardımcı olan ve sürekli destek veren arkadaşım Emre ğRETİCİ'ye; maddi ve manevi yardımlarını esirgemeyen arkadaşlarım Burhan ARSLAN, Yavuz DEMİR, Ahmet ATA ve Murat MRANLIOğLU'na; sağladıkları bilgi ve ilgilerinden dolayı OYSA'ya, Niğ-Baş'a ve Niğ-Kum'a sonsuz teşekkür ederim.

Bu araştırmam sırasında sağlamış oldukları burs ve yardımlarından dolayı Türkiye imento Müstahsilleri Birliği (TÇMB)'ne kadar teşekkür etsem azdır.

Son olarak da, hayatımın her devresinde bana karşı göstermiş oldukları maddi ve manevi fedakrlıklarından dolayı aileme şükranlarımı sunarım.

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

ÖZET.....	iii
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vii
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	viii
TABLolar DİZİNİ	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ	xiii
FOTOĞRAFLAR DİZİNİ	xv
SİMGE VE KISALTMALAR.....	xvi
BÖLÜM 1 GİRİŞ	1
1.1 Çalışmanın Amacı.....	1
1.2 Çalışma Alanının Yeri ve Ulaşımı	1
1.3 Önceki Çalışmacılar	2
BÖLÜM 2 BÖLGESEL JEOLojİ VE STRATİGRAFI	10
2.1 Bölgesel Jeoloji.....	10
2.2 Stratigrafi	10
2.2.1 Niğde metamorfik karmaşığı	11
2.2.1.1 Üçkapılı granitoidi	12
2.2.2 Hasandağı, Keçiboyduran ve Melendizdağı volkanitleri	13
2.2.2.1 Melendiz aglomerası	14
2.2.2.2 Melendiz tüfü	15
2.2.2.3 Melendiz andeziti	15
2.3. Yapısal Jeolojisi	15
BÖLÜM 3 AGREGA VE GENEL ÖZELLİKLERİ	17
3.1 Agreganın Tanımı ve Genel Özellikleri.....	17
3.2 Agreganın Çeşitleri ve Özellikleri	18
3.3 Beton Agregası Olarak Kullanılan Kayaçlar	19

3.4 Çimento Hamuru-Agrega Bağı	20
3.4.1 Mekanik bağlanma	22
3.4.2 Epitaksik bağlanma	22
3.4.3 Kimyasal bağlanma	22
3.5 Çimento Hamuru-Agrega Bağına Etki Eden Faktörler	24
3.5.1 Agregası şekli ve yüzey dağılımı	25
3.5.2 Su/çimento oranının etkisi	27
3.5.3 Agregası cinsinin (petrografik ve mineralojik yapı) etkisi	29
3.6 Alkali-Agregası Reaksiyonu	31
BÖLÜM 4 MATERYAL VE METOD.....	33
4.1 Arazi Çalışmaları	33
4.2 Numunelerin Laboratuvar Ortamında Hazırlanması.....	33
4.2.1 Elek analizleri	33
4.2.2 İnce kesitlerin hazırlanması	34
4.2.3 Kayadan karot alma	34
4.3 Laboratuvar Çalışmaları.....	34
4.3.1 Petrografik araştırmalar.....	35
4.3.1.1 Polarizasyon mikroskopla mineralojik-petrografik inceleme.....	35
4.3.1.2 Stereo mikroskopla makroskopik inceleme	35
4.3.1.3 XRD incelemeleri	35
4.3.1.4 Kimyasal analiz.....	35
4.3.1.5 Alkali- silis reaksiyonu	35
4.3.2 Jeomekanik özellikler	36
4.3.3 Agregası araştırmaları.....	37
4.4 Büro Çalışmaları	37
BÖLÜM 5 BULGULAR.....	38
5.1 Petrografik Özellikler.....	38
5.1.1 Melendiz bazaltının petrografik özellikleri.....	38
5.1.2 Melendiz andezitinin petrografik özellikleri.....	40
5.1.3 Üçkapılı granitoidinin petrografik özellikleri	41
5.1.4 Kızılırmak (Nevşehir-Gölşehir) kumunun petrografik özellikleri	42
5.2 Kimyasal Özellikler	46

5.3 Jeomekanik Özellikler.....	48
5.3.1 Özgül ağırlık	48
5.3.2 Kuru birim ağırlık	49
5.3.3 Doygun birim ağırlık.....	50
5.3.4 Su emme.....	51
5.3.5 Porozite	51
5.3.6 Tek eksenli basınç dayanımı	52
5.3.7 Nokta yük dayanım indeksi.....	54
5.3.8 Schmidt çekici sertlik indeksi	56
5.3.9 P-dalga hızı	57
5.4 Agregada Özellikler	58
5.4.1 Agregada darbe dayanım	58
5.4.2 Los Angeles aşınma oranı	59
5.4.3 Agregaların dona dayanıklılığı.....	60
5.4.4 Alkali-silis reaksiyonu	61
5.4.5 Tane boyu analizi	63
5.4.6 X-Ray difraktogramları.....	65
BÖLÜM 6 DENEYSEL VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ	68
6.1 Birimlerin Agregada Olarak Değerlendirilmesi	68
6.2 Birimlerin Jeomekanik Özellikleri İle Agregada Özellikleri Arasındaki İlişkiler.....	69
BÖLÜM 7 SONUÇLAR.....	78
KAYNAKLAR	82

TABLolar DİZİNİ

Tablo 3.1.a Tane şekli sınıflaması	23
Tablo 3.1.b Agrega yüzey dokusu sınıflaması.....	23
Tablo 5.1 Kayaçların kimyasal özellikleri	47
Tablo 5.1 Bölgede yüzeyleyen volkanitlerin radyoaktif yöntemlerle bulunan tahmini yaşları	53
Tablo 5.2 Melendiz bazaltı, Melendiz andeziti ve Üçkapılı granitoidine ait özgül ağırlık değerleri	49
Tablo 5.3 Melendiz bazaltı, Melendiz andeziti ve Üçkapılı granitoidine ait kuru birim ağırlık değerleri.....	49
Tablo 5.4 Melendiz bazaltı, Melendiz andeziti ve Üçkapılı granitoidine ait doygun birim ağırlık değerleri.....	49
Tablo 5.5 Melendiz bazaltı, Melendiz andeziti ve Üçkapılı granitoidine ait ağırlıkça su emme değerleri.....	51
Tablo 5.6 Melendiz bazaltı, Melendiz andeziti ve Üçkapılı granitoidine ait efektif porozite değerleri	52
Tablo 5.7 Kayaçların poroziteye göre sınıflandırılması	52
Tablo 5.8 Melendiz bazaltı, Melendiz andeziti ve Üçkapılı granitoidine ait tek eksenli basınç dayanımı değerleri	53
Tablo 5.9 Tek eksenli basınç direncine göre kayaçların sınıflandırılması [100].....	53
Tablo 5.10 Melendiz bazaltı, Melendiz andeziti ve Üçkapılı granitoidine ait düzeltilmiş nokta yük dayanım indeksi değerleri	55
Tablo 5.11 Kayaçların nokta yük direncine göre sınıflandırılması [104].....	55
Tablo 5.12 Melendiz bazaltı, Melendiz andeziti ve Üçkapılı granitoidine ait Schmidt çekici sertlik indeksi değerleri	57
Tablo 5.13 Schmidt çekici geri tepme sayılarına göre kayaçların sınıflandırılması [106] .	57
Tablo 5.14 Melendiz bazaltı, Melendiz andeziti ve Üçkapılı granitoidine ait P-dalga hızı değerleri	58
Tablo 5.15 Melendiz bazaltı, Melendiz andeziti ve Üçkapılı granitoidine ait darbe dayanım değerleri.....	59

Tablo 5.16 Melendiz bazaltı, Melendiz andeziti ve Üçkapılı granitoidine ait Los Angeles aşınma oranı değerleri.....	59
Tablo 5.17 Melendiz bazaltı, Melendiz andeziti ve Üçkapılı granitoidine ait sodyum sülfat don kayıpları.....	60
Tablo 5.18 Na ₂ SO ₄ çözeltisinde dona dayanıklılık deneyi sınır değerleri [93]	61
Tablo 5.19 Melendiz bazaltı, Melendiz andeziti ve Üçkapılı granitoidine ait alkali-silis reaksiyonu değerleri.....	61
Tablo 5.20 Kızılırmak (Nevşehir-Gülşehir) kumuna ait 3, 7, 14 günlük boyca genişleme oranları [113].....	63
Tablo 5.21 Kızılırmak (Nevşehir-Gülşehir) kumundaki zararlı miktarları.....	64
Tablo 5.22 Kızılırmak (Nevşehir-Gülşehir) kumunun elek analizi değerleri	64
Tablo 5.23 Kızılırmak (Nevşehir-Gülşehir) kumunun tane boyu, boylanma, çarpıklık, kurtosis-tepelenme parametreleri	65
Tablo 5.24 Kızılırmak (Nevşehir-Gülşehir) kumlarının XRD analizleri sonucunda belirlenen mineraller	66
Tablo 6.1 Birimlerin agrega olma özellikleri ile jeomekanik özellikleri arasındaki ilişkilere ait korelasyon katsayıları	69

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1 Çalışma alanının yerbulduru haritası	2
Şekil 2.1 Bölgenin jeolojik haritası.....	11
Şekil 3.1 Terleme nedeniyle betonda meydana gelen zayıflık düzlemleri	22
Şekil 3.2 Silis dumanı katkısının ara yüzeye etkisi.....	25
Şekil 3.3 Su/çimento oranının betonun mikro yapısı ve mekanik özellikleri üzerindeki etkisi	27
Şekil 3.4 Farklı agregaların betonun yük-deformasyon ve davranışına etkisi.....	30
Şekil 3.5 Püskürtük kayaç kullanılmış betonda bağ dayanımı-agrega silis içeriği oranı.....	30
Şekil 4.1 Agregada alkali azalması (Rc) ve çözülmüş silis (Sc) oranına göre değerlendirilmesi	36
Şekil 5.1 Melendiz bazaltı ve Melendiz andezitinin [87] diyagramına göre sınıflandırılması	47
Şekil 5.2 Üçkapılı granitoidlerine ait örneklerin [87] diyagramındaki dağılımları	48
Şekil 5.3 Melendiz bazaltı, Melendiz andeziti ve Üçkapılı granitoidinin kuru ve doymuş birim ağırlık değerlerindeki değişim	50
Şekil 5.4 Çeşitli araştırmacılar tarafından kayaçların tek eksenli basınç dirençlerine göre sınıflandırılması [101]	54
Şekil 5.5 Nokta yük dayanım indeksi ile tek eksenli basınç dayanım değerleri arasındaki ilişki [101].....	56
Şekil 5.6 Melendiz bazaltı, Melendiz andeziti ve Üçkapılı granitoidinin agregada darbe dayanımı ve Los Angeles aşınma oranlarının değişimi	60
Şekil 5.7 Melendiz bazaltı, Melendiz andeziti ve Üçkapılı granitoidine ait alkali azalması (Rc) ile çözülmüş silis (Sc) değerleri [85]	62
Şekil 5.8 Kızılırmak (Nevşehir-Gülşehir) kumuna ait 3, 7, 14 günlük boyca genleşme değerleri [113]	63
Şekil 5.9 Kızılırmak (Nevşehir-Gülşehir) dere çökellerinin granülometri eğrisi	65
Şekil 5.10 0,3 nolu örneğin X-Ray difraktogramı	66
Şekil 5.11 3 nolu örneğin X-Ray difraktogramı	66
Şekil 5.12 4 nolu örneğin X-Ray difraktogramı	67
Şekil 5.13 B.K. nolu örneğin X-Ray difraktogramı	67

Şekil 6.1 Özgül ağırlık ile a) Agregada darbe dayanım, b) Sodyum sülfat don kaybı arasındaki ilişki	70
Şekil 6.2 Kuru birim ağırlık ile a) Agregada darbe dayanım, b) Sodyum sülfat don kaybı arasındaki ilişki	71
Şekil 6.3 Doygun birim ağırlık ile a) Los Angeles aşınma oranı, b) Sodyum sülfat don kaybı arasındaki ilişki	72
Şekil 6.4 Ağırlıkça su emme değerleri ile a) Agregada darbe dayanım, b) Los Angeles aşınma oranı arasındaki ilişki.....	73
Şekil 6.5 Tek eksenli basınç dayanımı ile a) Agregada darbe dayanım, b) Sodyum sülfat don kaybı, c) Los Angeles aşınma oranı arasındaki ilişki.....	74
Şekil 6.6 Nokta yük dayanım indeksi ile agregada darbe dayanım oranı arasındaki ilişki	75
Şekil 6.7 Schmidt çekici sertlik indeksi ile a) Agregada darbe dayanım, b) Sodyum sülfat don kaybı arasındaki ilişki	76
Şekil 6.8 P-dalga hızı değerleri ile a) Agregada darbe dayanım, b) Sodyum sülfat don kaybı arasındaki ilişki	77

FOTOĞRAFLAR DİZİNİ

Foto 5.1 Bazaltların ince kesitlerinde gözlenen intersertal doku ve kayaç yapıcı minerallerin görüntüsü, +N.....	39
Foto 5.2 Plajiyoklazlarda gözlenen trakitik doku ve pilotaksitik doku, +N	39
Foto 5.3 Olivin ve piroksenlerde gözlenen glomerofirik doku, +N.....	39
Foto 5.4 Kuvars kristallerinde gözlenen yenme (kemirilme) dokusu,+N.....	40
Foto 5.5 Kesitin genelinde gözlenen veziküler doku ve sanidin kristalinin etrafında olivin ve piroksenin oluşturduğu poiklitik doku, +N.....	40
Foto 5.6 Özşekilsiz kuvarslar, biyotitler ve zonlanma dokusu gösteren kuvars minerali, //N.....	41
Foto 5.7 Kuvars ile plajiyoklazlar arasında gelişmiş olan mirmekitik doku ve serizitleşmenin görüntüsü, +N	42
Foto 5.8 Biyotit mineralinin zon bölgelerinde gözlenen kloritleşme, +N	42
Foto 5.9 İleri derecede altere olmuş piroksen (diyopsit), yaklaşık 84°'lik dilinim açıları mevcut. Kenar ve dilinimleri boyunca opaklanma yaygın, //N	43
Foto 5.10 İleri derecede Altere olmuş, şişkozite özelliği belirgin metamorfik kayaç parçası (mk), //N	43
Foto 5.11 Baklava dilinimli amfibol, biyotit ve altere olmuş kayaç parçaları, //N	44
Foto 5.12 Altere olmuş kayaç parçaları, amfibol, kuvars tanesi, //N	44
Foto 5.13 İleri derecede altere olmuş metamorfik kayaç parçası (şist), +N	44
Foto 5.14 İleri derecede altere olmuş kayaç parçaları içerisinde çok az miktarda bulunan kuvars tanesi, //N	45
Foto 5.15 Altere olmuş kayaç parçası içinde kuvars tanesi, +N	45
Foto 5.16 Kuvars ve karbonatın yaygın olduğu kum örneği, //N	45
Foto 5.17 Kuvars ve karbonatın bulunduğu kum örneği, +N	46
Foto 5.18 Altere olmuş kayaç parçaları (piroksen+amfibol) ve kuvars tanelerinin fazla olduğu kesit	46

SİMGE VE KISALTMALAR

+N	: Çift Nikol
//N	: Tek Nikol
σ_c	: Tek Eksenli Basınç dayanımı
γ_d	: Kuru Birim Hacim Ağırlık
γ_s	: Doygun Birim Hacim Ağırlık
ADD	: Agregada Darbe Dayanım
akp	: Altere Olmuş Kayaç Parçaları
alkf	: Alkali Feldspat
amf	: Amfibol
ASP	: Alkali Silis Reaksiyonu
BS	: İngiliz Standartları
by	: Biyotit
CH	: Ca(OH)_2
C_2S	: 2CaO.SiO_2
C_3S	: 3CaO.SiO_2
C-S-H	: Hidrate Kalsiyum Silikat Jeli
G_s	: Özgül Ağırlık
$I_{s(50)}$: Düzeltilmiş Nokta Yükleme Dayanım İndeksi
ISRM	: Uluslararası Kaya Mekaniği Standartları
İÜ	: İstanbul Üniversitesi
K_{100}	: 100 Devir Sonrası Aşınma Kaybı
K_{500}	: 500 Devir Sonrası Aşınma Kaybı
Na_2SO_4	: Sodyum Sülfat Don Kaybı
K	: Kurtosis-Tepelenme
mk	: Metamorfik Kayaç Parçası
MTA	: Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü
Mz	: Grafik Ortalama Tane Boyu
n_e	: Porozite
Op	: Opaklanma
plj	: Plajiyoklaz
px	: Klinopiroksen
py	: Piroksen
Q	: Kuvars
Rc	: Alkali Azalması
r	: Korelasyon Katsayısı
S	: Çarpıklık
Sc	: Süzüntü İçerisindeki Çözünmüş Silis Konsantrasyonu
SD	: Silis Dumanı
SHV	: Schmidt Çekici Sertlik İndeksi
TSE	: Türk Standartları Enstitüsü
XRD	: X-Ray Difraktometre
w_a	: Ağırlıkça Su Emme
Vp	: P-Dalga Hızı
Y	: Agregada Yığın Boşluğu

BÖLÜM I

GİRİŞ

İnşaat sektöründeki kaliteli betona olan ihtiyacın artması, iyi nitelikli agreganın da önemini artırmıştır. Gelişmekte olan Niğde ilinde, buna paralel olarak yapılaşma da artmaktadır. Bu çalışmayla Niğde ili ve çevresindeki muhtemel agrega kaynaklarının kullanılabilirliği araştırılmış ve kalite yönünden değerlendirilmesi yapılmıştır.

1.1 Çalışmanın Amacı

Bu çalışmanın amacı, Niğde İli ve yörelerinde inşaat sektöründe kullanılan agregaların mineralojisinin araştırılması ve bunların beton kalitesine olan etkilerinin belirlenmesidir. Bu doğrultuda MTA tarafından 1982–1984 yılları arasında yapılan Karaman I₁₈ paftalı jeoloji haritası ile Kozan J₁₉ paftalı jeoloji haritasında belirlenen Melendiz Bazaltı, Melendiz Andeziti ve Üçkapılı Granitoidi ile inşaat sektöründe kullanılan Kızılırmak (Nevşehir-Gülşehir) kumlarının;

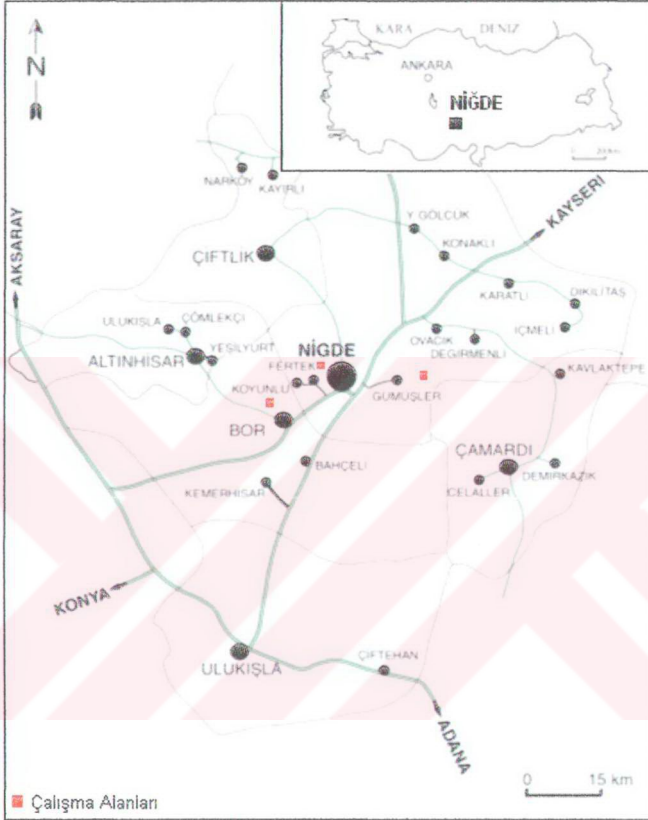
- Mineralojik – petrografik,
- Kimyasal,
- Alkali silis reaktivitesi,
- Fiziksel,
- Mekanik,

özelliklerini detaylı şekilde ortaya koymaktır.

1.2 Çalışma Alanının Yeri ve Ulaşımı

Çalışma alanı, Orta Anadolu'nun güneyinde, Niğde il sınırları içerisinde yer almaktadır (Şekil 1.1). Çalışma alanı içerisindeki kayaç birimleri dört ana grup altında toplanabilir. Bunlar; Orta Anadolu Metamorfik Karmaşığı, Ulukışla-Çamardı Grubu, Niğde bölgesi Miyosen-Pliyosen kayaçları ve Melendiz Volkanikleridir. Türkiye 1/25,000 ölçekli topoğrafik haritalarından L_{32,33,34} ve M_{32,33,34} içerisinde yer alan çalışma alanı 5,000 km²'dir. Belirlenen kayaç birimlerine en yakın olan yerleşim yerleri Niğde İli'nin 30 km KB'sında yer alan Altunhisar İlçesi (Melendiz Bazaltları), 12 km

GB'sında yer alan Üçkapılı Köyü (Granit-Granitoid) ve 5 km KB'sında yer alan Hançerli (Melendiz Andeziti) kasabalarıdır.



Şekil 1.1 Çalışma alanın yerbulduru haritası.

1.3 Önceki Çalışmalar

[1] Bolkardağlarının ilk jeolojik incelemesini yapmıştır. Bolkardağlarının metamorfik şistleri ve mermerleri ile metamorfik olmayan Tersiyer örtüsüne dikkat çekmiştir.

[2] Bolkardağlarını da kapsayan Toros kuşağının etüdüyle yeni bir devir açmıştır. Bolkardağlarının genelde antiklinal yapısına işaret etmiş ve silsileyi ayrı bir

tektonik birlik olarak kabul etmiştir. Aralarında açısız farklılık bulunan iki ayrı kıvrımlanma fazında geliştiğini belirterek, Toros kuşağının yapısını açıklamaya çalışmıştır. Birinci kıvrımlanma fazında (Alpin deformasyon) Antitoros kuşağı oluşmuştur. Deformasyon, Toros kuşağının Neojen'de yükselerek oluşumundan sonra yer aldığını belirtmiştir..

[3] Niğde Masifini ilk kez jeolojik bir birim olarak tanımlamıştır. Tektonik çöktüntülerden meydana gelen iç havzaların, lagüner malzeme ile doldurulduğunu belirtmiştir. Üst bölgelerde ise, volkanik faaliyetin geniş bir yayılım gösterdiğini saptamıştır. Neojen örtü altında doğuda Niğde Kompleksinin, güneyde ise, Eosen filişinin gözüktüğünü belirtmiştir. Blumenthal bölgede yer alan beyaz ve mavimsi mermer, kuvarsit, amfibolit ve mikaşistten oluşan kayaçların metamorfizma dışında Antitoros'un dizilimini andırdığını ileri sürmüştür.

[4]'e göre "Niğde Serisi" beyaz mermerler, mika ve granatlı şistler, kuvarsitlerden oluşan, metamorfik ve tam yaşı bilinmeyen bir dizi görünümündedir. Bölgede bulunan Devoniyen ve sonrasına ait çökellerin Niğde dizisindekilerle bir benzerlik göstermez. Bundan dolayı yaş olarak Devoniyen'den daha yaşlıdır. Yaşları tam olarak bilinmeyen granitoidik kayaçlar "Niğde Grubu" içerisine girmiştir. Bu granitler Kırşehir, Yerköy, Yozgat ve Keskin'e kadar uzanmıştır.

[5] Daha önce yapmış olduğu çalışmalarda belirtmiş olduğu metamorfizma kavramına açıklık getirmiş, Paleozoyik yaşlı Niğde Masifi metamorfizmasını tüm kütle olarak ele almış, bu kütleyle de "Niğde Kompleksi" olarak adlandırmıştır.

[6], [7] Kayseri-Niğde-Aksaray arasında kalan bölgenin 1/100 000 ölçekli jeolojik haritasını yapmış, Niğde-Çamardı-Ulukışla arasında kalan alanda ise, ayrıntılı arazi çalışmalarını gerçekleştirmiştir. Yazara göre, Niğde Masifi; en üstte çok kalın mermerler olmak üzere alta doğru gnays, mikaşist, ikincil mermer damarları, fillat, kuvarsit, kuvarşist ve amfibol şistlerden oluşmuş olup, bazik ve asidik plütonitleri de ihtiva ettiğini belirtmiştir. Niğde Masifi benzer kayaç türlerinden oluşan "Kırşehir Masifi" ile birlikte Orta Anadolu'nun temelini teşkil etmektedir. Masiflerin dokanaklarının tektonik olduğunu öne sürmüştür.

[8] Aladağ Mesozoyik kalker kompleksinin taban seviyelerindeki Triyas kalkerlerinin varlığından bahsetmiştir.

[9] Ecemiş Fay hattı çevresinin 1/100 000 ölçekli jeolojik haritasını yapmış, ayrıca Paleozoyik-Kretase tabakalarının üzerine uyumsuz gelen Eosen biriminden bahsetmiştir.

[10] Hasandağ-Melendizdağ-Keçiboyduran bölgelerinde Pliyosen ve Kuvaterner volkanizma faaliyetlerini araştırmıştır. İgnimbiritlerin oluşumunu Tuz Gölünün doğusundaki faya bağlamış, riyodasitik lavların meydana çıkmasıyla ignimbirit volkanizmasının devrini kapatmış olduğunu belirtmiştir. Bu oluşumu andezit-hornblend bazaltların takip ettiğini, bazalt volkanizmasını olivinli bazalt akıntıları ile sona erdiğini belirtmiştir.

[11], [12], [13] Niğde ile Çamardı arasının 1/25 000 ölçekli jeolojik haritasını yapmıştır. Niğde-Çamardı Kristalin Masifi'nin İç Anadolu'nun altında bulunan kristalin temele ait olduğunu belirtmiştir. Kristalin Masifi içerisindeki kaya birimlerini üç ana grup altında incelemiştir

- Alt Seri: Biyotit gnays, amfibolit, kuvarsit ve mermer,
- Orta Seri: Kuvarsit ve Amfibolit arakatkılı mermer,
- Üst Seri: Kuvarsit, mermer ve biyotit gnays.

Yazara göre, bölgede dinamotermal metamorfizma, almandin - amfibolit fasiyesinin sillimanit - almandin - muskovit ve sillimanit - almandin - ortoklaz subfasiyesinde gerçekleşmiştir.

[14] Sansartepe çevresinde trakiandezit bileşimli yastık lavlardan ve monzonitik sığ sokulumlardan oluşan bir birim tespit etmiş ve Sansartepe formasyonu adını vermiştir.

[15] Ulukışla bitümlü şeyl alanının ekonomik değerini saptamak amacıyla yaptığı çalışmada, Eosen yaşlı Güney formasyonunu volkanik arakatkıları kapsayan kumtaşı-şeyl ardalanması olarak belirtmiştir. Bunun üzerine Üst Miyosen yaşlı gölseyl birimlerin diskordan olarak geldiğini söylemiştir.

[16] Türkiye'de bilinenden çok daha fazla aktif fay olduğunu, buna bağlı olarak Ecemiş Fay Zonu'nda (Çamardı'nın 10 km doğusunda), zonun uzantısına uygun olarak diri bir fayın bulunduğunu, fay düzleminin Aladağlara doğru eğimli olduğundan bahsetmiştir. Fayda belirgin bir atım bulamamıştır, ancak fay düzleminin dağa doğru

eğimli olduğunu belirtmiştir. Fayın çok genç olduğunu ve yamaç molozu üzerinde gelişmiş akarsuların yollarını değiştirdiğini belirtmiştir.

[17] Tüm Toros bölgesindeki çökel istifini incelemiş, kuşak boyunca birbirinden farklı havza şartlarını yansıtan birliklerin olduğunu savunmuştur. Yazar; bu birliklerin kendine has ayırtman özelliklerini yitirmeden kuşak boyunca yüzlerce kilometre süreklilik gösterdiklerini, çoğu zaman birbirleri üzerine allohton olarak geldiklerini söylemiştir. Toros kuşağını; Bolkar Birliği, Aladağ Birliği, Geyikdağı Birliği, Antalya Birliği ve Alanya Birliği olmak üzere beş farklı birliğe ayırmıştır.

[18] Niğde masifinin batı bölgesinde yaptığı çalışmalarda gnayslar, amfiboller, kuvarsitler ve mermerlerden oluşan Aşıgediği, Gümüşler ve Kaleboynu formasyonlarını ayırt etmiştir. Ayrıca; Sineksizyayla metagabrosunun karmaşıkla birlikte kıvrımlanarak metamorfizmaya uğradığını, Üçkapılı granit-granitoitlerinin “Niğde Grubu”na ait olan tüm kayaları kestiğini işaret etmiştir. Metamorfizma şartları olarak; ilk aşamada orta basınç-yüksek sıcaklık, ikinci aşamada ise düşük basınç-yüksek sıcaklık tipinde yer yer de kısmi ergimeye kadar ulaştığını belirtmiştir.

[19], [20] Göllüdağ ve Acıgöl yöresi volkanitlerinin jeolojisi ve petrografisini incelediği bu çalışmada İncesu ignimbiritlerinin püskürme merkezini Nevşehir güneydoğusundaki Kaymaklı kasabası yakınları olarak açıklamıştır. İncesu ignimbiritlerinin temelini ofiyolitler, pembe tüfler ve Gelveri ignimbiritinin oluşturduğunu belirtmiştir ve ignimbiritlerden aldığı örnekler üzerinde, biyotitlerde yaptığı K/Ar yöntemiyle yaş tayininde 4,9-5,5±0,2 m.y. yıllık yaşlar saptamıştır.

[21] Çamardı civarının 1/25 000 ölçekli jeoloji haritasını yapmış ve jeolojisini incelemiştir. Niğde Metamorfitlerinin gnays, mermer ve kuvarsitten oluştuğunu, Maden kireçtaşını, “Aladağ Grubu” adı altında, Demirkazık kireçtaşı ve Somatız radyolarit üyesi ile Mazmılı ofiyolitini, “Ulukışla Grubu” altında toplamış, Çamardı formasyonu, Çukurbağ formasyonu, Körpınar alçıtaşı üyesi ve Burç formasyonlarını ayırtlamış, Kuvaterner çökellerini Çatalca konglomeraları adı altında toplamıştır.

[22] Niğde masifinin 1/25 000 ölçekli jeoloji haritasını yapmış, masif içerisindeki cevherleşmeler üzerinde yoğunlaşarak, kökenleri ve durumlarını yorumlamaya çalışmıştır. Masif içerisindeki formasyonları; Maden, İlica, Kılavuz ve Çamardı formasyonları olarak adlandırmış ve en genç birim olarak da Kretase-Tersiyer

arasında intrüzyon yapan ve granitoidik bileşimli olup, bölgesel olarak granite ve siyenite değişim gösteren granitoit kütlelerinin bulunduğunu söylemiştir.

[23] Bolcardağlarının doğusunda yer alan Horoz granitoidini incelemiş, kayacın gecikme tektoniği ve sığ yerleşim granitoidi olduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca granitoidin yerine sokulması sırasında bölgesel jeotermik gradyanın yükseldiğini saptamıştır. Granitoidin yaşını Kampaniyen-Alt Eosen olarak saptamıştır.

[24] Aladağları kökensele olarak incelemiş, bölgenin; Üst Triyas-Alt Kretase zaman aralığında duraylı kıta kenarı, Senomaniyen'de kıta kenarının bozulması ve ilk ofiyolit yerleşmesi, Maestrihtiyen'de gerçekleşen kıta kenarının faylanması, peridotit napının yerleşmesi ile gelişimini tamamladığını belirtmiştir.

[25] Aladağ ofiyolit dizisindeki diyabaz dayklarının kökenini inceledikleri bu çalışmada, Maestrihtiyen'de kıta kenarına yerleşmiş ofiyolitik kayaların, tabanda ofiyolitli melanj, üzerinde metamorfik dilim ve en üstte ise peridotit napı olan üçlü bir dizi oluşturduğunu belirtmişlerdir. Diyabaz dayklarının, dizinin yalnızca en üst iki birimini kesmesi ve abisal toleyit bileşimli olmaları, intrüzyonun ofiyolit dizisinin yerleşmesinden önce, büyük bir olasılıkla da okyanusal bir ortamda geliştiğini düşündürmekte olduğunu belirtmişlerdir.

[26] Zirkon U/Pb yöntemi ile yapılan çalışmada "Niğde Grubu"nun en alt bölümünü oluşturan gnaysların 2000 m.y. yaşlı bir temelden kırıntı aldığını belirtmiştir. Yine bu çalışmada 460 m.y. öncesinde kırıntı zirkonlarda Pb sistematiğini bozan bir olayın geliştiğini ortaya koymuştur.

[27] Ulukışla bölgesinin 1/25 000 ölçekli jeolojik haritasını hazırlamıştır. Bölgedeki kayaç birimlerini "Ulukışla Grubu" (Sansartepe formasyonu, Serenkaya formasyonu, Başmakçı kireçtaşı, Güney formasyonu), "Kılan Grubu" (Zeyvegediği anhidriti, Kurtulmuştepe formasyonu) ve "Bohçadikmen Grubu" (Kızılbayır formasyonu, Katrandedetepe formasyonu, Beştepeler formasyonu) olarak üç grupta incelemiştir; ayrıca Tersiyer başlarında Ulukışla ve yakın çevresini içine alan Tuzgözü Havzasının güney kesiminin, Üst Kretase'de bir ofiyolitik karmaşığın içine yerleştiği okyanusal bir çukurluk olarak tanımlamıştır.

[28] Niğde Masifi'nin batı kesiminde yaptığı çalışmalarda "Niğde Grubu"nu formasyonlar ve kayaç türleri açısından incelemiştir. Buna göre: Gümüşler metamorfitlerinin büyük bir bölümünün kırıntılılardan, Kaleboynu metamorfitlerinin

volkanik arakatlı kırıntılı-karbonat aralanmasından, Aşıgediği metamorfiteinin ise, karbonatlardan meydana geldiğini belirtmiştir. “Niğde Grubu” ile birlikte deformasyon geçirmiş ofiyolitli bir karışığın varlığını tespit etmiştir. Yazar, çalışmasında ayrıca Niğde Grubunun bir platform istifini yansıttığını da söylemiştir.

[29] Ereğli-Ulukışla havzasında yaptığı çalışmada, Ulukışla formasyonunun genel olarak andezitik yastık lav, tuf, aglomera gibi ekstrüzifler ve bunların içine sokulan monzonitik ve siyenitik kayalardan ve bunlarla yer yer aralanan volkaniklerden türemiş çakıtaşı-kumtaşı-şeylden oluştuğunu belirtmiştir.

[30] Ulukışla-Çamardı Havzasını bir bütün olarak ele almış, kayaların, Ulukışla-Çamardı Havzasının stratigrafisi ve litolojisi itibarı ile birbirine benzeyen (güney, orta, kuzey) üç bölümden meydana geldiğini, kuzeyde Niğde Grubu, güneyde Bolkar Grubu ve Alihoca ofiyolit kompleksi üzerinde geliştiğini ve bunların Üst Eosen tektoniği ile yan yana geldiğini ileri sürmüştür.

[31] Doktora tezi olarak yaptığı çalışmada Niğde Masifi birimlerini gnays, şist, mermer, kuvarsit, amfibolitlerden oluşan, Gümüşler, Kaleboynu, Aşıgediği formasyonları, ayrıca, bu metamorfiteiler ile birlikte kıvrımlanmış ve metamorfizmaya uğramış Sineksizyayla Metagabrosu ve tüm birimleri kesen Üçkapılı granitoidi olarak belirlemiştir.

[32] Niğde yöresinde bulunan hafif yapı malzemelerinden perlitleri incelemiş, perlitlerin; Hasandağ-Melendizdağ volkanizmasına bağlı olarak Kuvaterner'de aktivite kazanan Büyük Göllüdağ ve Bozdağ volkanizmasının bir ürünü olduğunu belirtmiştir. Perlitlerle birlikte bulunan diğer ürünlerin ise, riyolitik, bazaltik, andezitik lavlar ile piroklastik malzemeler ve bunların üzerinde, ince taneli, kül boyutlarındaki çapraz tabakalı malzemelerden olduğunu açıklamıştır. Perlitin, Kömürcü köyü civarında geniş bir alanda yayılım göstermekte olduğunu, 350 milyon ton rezerve sahip olduğunu söylemiştir.

[33] “Ulukışla-Çamardı Tersiyer havzası kuzeydoğu kesiminin jeolojisi ve sedimanter özellikleri” adlı çalışmasında; Çamardı formasyonunda dokuz ve Çanaktepe formasyonunda altı litofasiyes ayırtlamıştır. Bu litofasiyeslere göre birimleri çökel ortamlarını açıklamaya çalışmıştır.

[34] Demirkazık-Elekgöz arasında çalışmalar yapmış, çatlak ölçümlerinden gül diyagramlarını hazırlayarak bölgenin tektonik rejimi hakkında yorumlar yapmıştır.

[35] yaptığı çalışmada; Ecemiş Koridoru ve Eynelli-Bademdere arasının 1/25000 ölçekli jeolojik haritasını hazırlamıştır. Çalışma alanındaki bütün birimlerin oluşum ortamlarını belirlenmiş ve çalışma alanı içerisinde kalan Ecemiş Fayının genel özelliklerini ortaya koymaya çalışmıştır. Ayrıca inceleme alanı ve yakın civarında yüzeylenen birimler arasındaki ilişkiler, tespit edilerek bölgenin stratigrafisi hakkında yorumlar yapılmıştır.

[36] Niğde yöresi volkanizması ve ürünleri üzerinde yaptıkları çalışmada, bu volkanizmaların ekonomik ürünlerinin pomza, perlit, diatomit ve kaolenden olduğunu belirtmişlerdir. Hasandağ-Melendizdağ ve Ecemiş Fay Kuşağı üzerinde yer alan Erciyes Dağı civarlarında irili ufaklı çok sayıda pomza yataklarının olduğunu, bunların en büyüğünün 1 milyon ton görünür+muhtemel rezervi ile Kitreli Pomza Yatağı olduğunu belirtmişlerdir. Buradaki pomzanın yoğunluğunun $0,7 \text{ gr/cm}^3$ olup, içerdiği fenokristal ve opak mineraller miktarlarına göre, kaliteli pomza özelliklerinde olduğunu belirtmişlerdir.

[37], Ergene formasyonunun Silivri kuzeyindeki uzantısını, agrega olanakları ve malzeme özellikleri yönünden incelenmiştir. Bu doğrultuda kum-çakıl örnekleri üzerinde agrega standartlarına göre deneyler yapmış ve bölge malzemesinin yikanmadan kullanılmasının olanaksız olduğu sonucuna varmıştır.

[38], Uşak il merkezi kuzeyindeki aglomeraların ve Sandıklı çevresindeki tüflerin arazideki yayılımlarını tespit etmiş, bunların jeolojik petrografik ve petrokimyasal özelliklerini inceleyerek yapı taşı ve agrega olarak kullanılabilirliklerini incelemiştir.

[39] Yaptığı çalışmasında, Niğde bölgesindeki yapı malzemeleri ile üretilen betonlar ve bu betonların özelliklerini incelemiştir. Niğde ilinde hazır beton üreten fabrikalarda kullanılan malzemeler ile üretilen betonların özelliklerini karşılaştırmak amacı ile, yeni kullanıma açılan ocaklardan alınan malzemeler ile yapılan betonların özelliklerini araştırmıştır.

[40], Hereke (Gebze kireçtaşı) formasyonunun; petrografik, jeomekanik, teknolojik, katmanlaşma kırık ve çatlak özellikleri, yeraltı ve yüzey suları gibi parametrelerin kırma elemesindeki olumsuz etkilerini incelemiş ve bir takım iyileştirmelerin yapılmasını önermiştir.

[41], Kırklareli masifinin güneydoğu, eteğinde ve Safaalanı yakınlarında açığa çıkan Paleozoyik yaşlı Koruköy formasyonu içindeki amfibolit şistler üzerinde deneysel çalışmalar yapmış ve bu sonuçları agrega standartları yönünden tartışmıştır. Ayrıca farklı kırıcılardan geçirilerek elde edilen agrega geometrisi üzerinde ki kırıcı türü etkisini incelemiştir.

[42] Niğde İl sınırları içerisinde kalan diyajenez geçirmiş kayalık birimlerinin beton agregası olarak kullanıma uygunluğunu araştırmış; çalışma kapsamı içerisinde beton agregasına uygun olabilecek altı farklı formasyon ve litodem birimi belirlemiş, bu birimlerin mineralojik-petrografik, fiziksel, mekanik ve elastik özelliklerini ortaya koyabilmek için çeşitli deneyler ve analizler yapmıştır.

[43] Niğde İl sınırları içerisinde geniş bir yayılım gösteren Melendizdağ bazaltlarının agrega olarak kullanılabilirliğini araştırmış ve bu doğrultuda birçok analiz ve test yapmıştır. Bu analiz ve test sonuçlarına göre Melendiz bazaltlarının agrega olarak kullanılabilirliği açıklanmıştır.

[44], “İstanbul’daki kireçtaşlarının agrega kalitesi yönünden değerlendirilmesi” konulu çalışmada; farklı bileşim ve dokudaki kireçtaşlarının kullanılabilirliğini araştırmış ve kalite yönünden değerlendirmesini yapmış, ayrıca İstanbul’daki tüm kireçtaşlarının özelliklerinin standartlarda belirtilen kabul edilebilir limitler içinde bulunması veya bu limit değerlere çok yakın olması nedeniyle birçok alanda kullanılmalarının uygun olduğunu belirtmiştir.

[45] Niğde ve yörelerinde farklı özelliklerdeki 11 bazaltın (Melendiz volkanitleri 6 fasiyes, Karataş volkanitleri 4 fasiyes, İğredağ bazaltları 1 fasiyes) alternatif agrega olması yönünden ayrıntılı araştırmalar yapmıştır. Karataş volkanitlerine ait olivin-bazalt karakterli örneklerin fizikomekanik özellikleri, araştırılan örnekler içerisinde önemli bir agrega potansiyeline sahip olduğunu belirtmiştir.

BÖLÜM II

BÖLGESEL JEOLojİ VE STRATİGRAFI

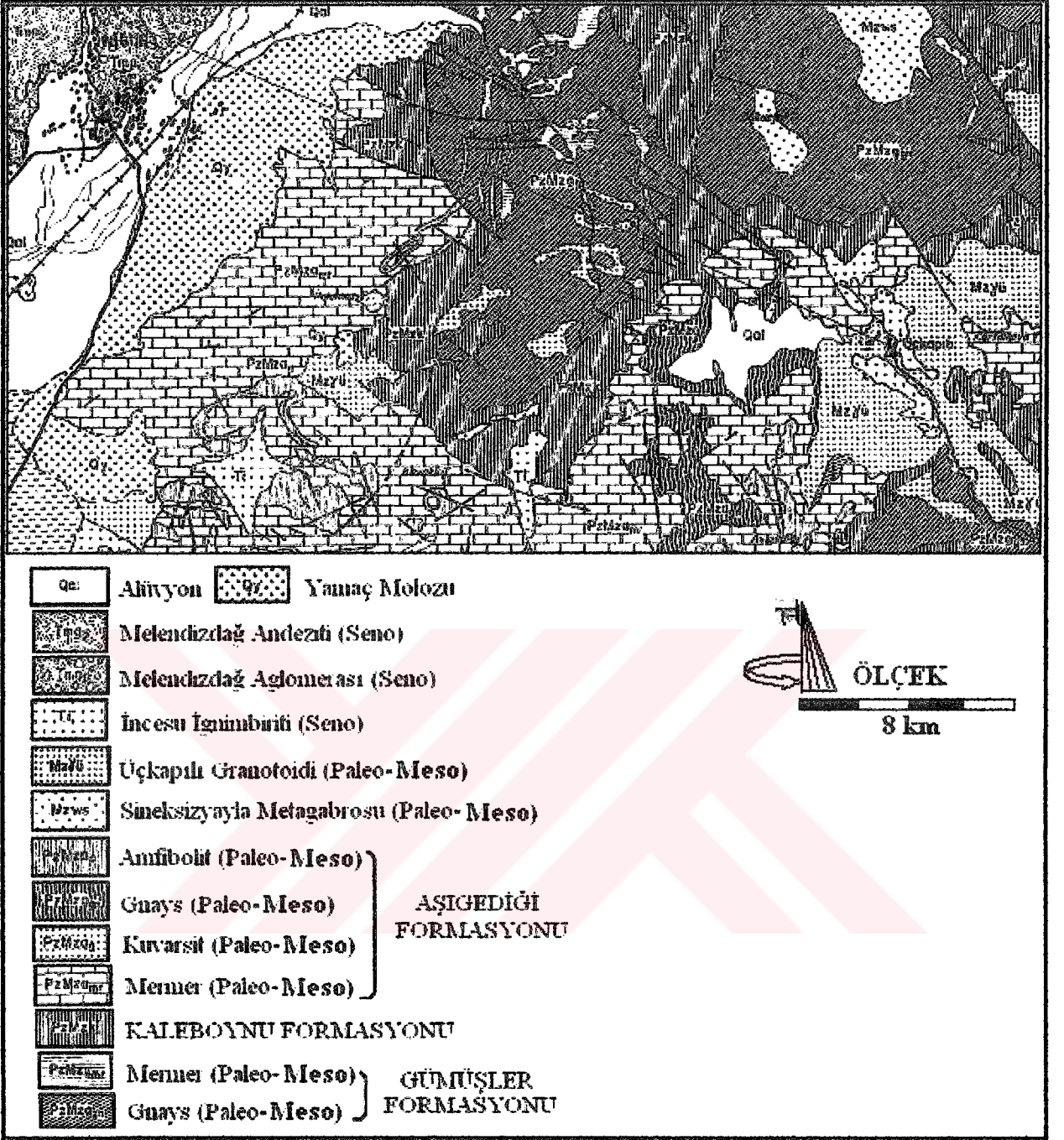
2.1 Bölgesel Jeoloji

Anadolu'nun tektonik birliklerinden Anatolidler üzerinde yer alan Niğde ve yakın dolayı, kayaç türü, stratigrafi ve tektonik bakımdan birbirinden nispeten farklı dört ayrı kayaç topluluğundan oluşmuştur [18].

Bu dört kayaç topluluğundan ilkin ve en yaşlı olanını, tabanı görülemeyen Niğde Metamorfik Karmaşığı oluşturur. Bu metamorfik kütle Tersiyer yaşlı tüm kayaç birimlerinin tabanını veya temelini teşkil eder. Bunların üzerine açısız uyumsuzlukla gelen ikinci kayaç topluluğu; Ulukışla-Çamardı Grubunun Paleosen-Eosen yaşlı volkano-tortul istifleridir. Bu grubun birimleri doğu-batı doğrultulu kıvrımlı ve kırıklı bir yapı gösterirler. Bu kıvrımlı ve kırıklı kayaç birimleri üzerine açısız uyumsuzlukla üçüncü kayaç topluluğunu oluşturan Üst Miyosen-Alt Pliyosen yaşlı, tabanda evaporitik, üstte doğru Üst Miyosen – Alt Pliyosen tatlı su ortamında çökelmiş kayaç birimleri gelir. Üçüncü kayaç topluluğunu Hasandağı, Keçiboyduran ve Melendizdağı volkanitleri veya piroklastikleri ile bunların faaliyetleri dönemindeki gölsey ve akarsu çökelleri oluşturur. Bunlar Pliyosen yaşlı olup, alttaki Üst Miyosen-Alt Pliyosen yaşlı kayaç birimlerini örterler. Dördüncü kayaç topluluğunu oluşturan eski ve güncel karasal Kuvaterner çökelleri ise, bütün bu birimlerin üzerini açısız uyumsuzlukla örterler [18].

2.2 Stratigrafi

Niğde ve yakın dolayı tortul, magmatik ve metamorfik kayaç birimlerinden meydana gelmiştir. Metamorfitler en yaşlı kayaç birimlerini ve temeli oluştururlar [18]. Bu temel üzerinde Alt Tersiyer'den itibaren günümüze kadar bu havzada denizel, gölsey tortullar oluşurken bir yandan da volkanizma faaliyetleri ile volkanik kayaçlar meydana gelmiş ve tüm bu oluşuklar genç Kuvaterner çökelleri tarafından örtülmüştür [3]. Bölgenin jeolojik haritası Şekil 2.1'de sunulmuştur.



Şekil 2.1 Bölgenin jeolojik haritası [46]

2.2.1 Niğde metamorfik karmaşığı

Niğde'nin güneydoğusunda oldukça geniş alanlar kaplayan ve yüksek dağları oluşturan metamorfik kayalık birimleri yer almaktadır. Bu metamorfikler için [5] "Niğde Kompleksi", [7] "Kristalen Şistler", [12] "Niğde-Çamardı Masifi", [18] "Niğde Grubu", [21] "Niğde Metamorfikleri" tanımlamalarını yapmışlardır.

[18], tarafından ayrıntılı bir şekilde incelenen bu metamorfitlet, katmanlı görünüşü ve yapısı nedeniyle kayastratigrafi kurallarına göre adlandırılmış, fakat daha sonraki çalışmalarında, [47], bu adlamayı litodem birimleri olarak değiştirmişlerdir.

[47], Orta Anadolu metamorfiklerinde yaptıkları ayrıntılı çalışmalarında, Niğde metamorfitletlerinin bunların bir devamı olduklarını belirterek, litodemlere ayırtlamıştır.

2.2.1.1 Üçkapılı granitoidi

Niğde Metamorfitletlerinin pek çok yerinde, erozyonun yeterince derin olduğu kesimlerde metamorfitletler içinde granitoidler yer almaktadır. Bunlardan en hacimlisi Üçkapılı köyü güneyinde yüzeylenir ve birim adını buradan almıştır. [18] tarafından ilk kez çalışılmıştır. Granitoidler, bazı kesimlerde örneğin Ören dere ve Kılavuz köyü kuzeydoğusunda metamorfitletler içersinde yüzeye çok yakın braki-domlar oluşturur [18].

Birim, Niğde Metamorfikleri ile intrüzif dokanaklıdır. Ağapınar tepenin kuzeyinde ise granitoid içinde kısmen asimle edilmiş biyotit, gnays ve amfibolit kapantıları görülmektedir [28].

Üçkapılı granitoidinin metamorfitletler içinde hiçbir yerde makroskopik ya da mikroskopik olarak deformasyon veya yapraklanma göstermediği görülmektedir. Granitoidin apilit ve pegmatitleri, hem granitoidi ve hem de dokanakların uzak bölgelerine kadar yan kayacı kestiği izlenmiştir. Granitoid kütleleri çok çatlaklı ve kırıklı halde bulunurlar. Granitoid, dış görünümünü ile ince ve orta taneli, açık-gri renkli, homojen bir kayadır. Modal bileşimine, Streckeisen-diyagramındaki yerine göre, granitoid olarak tanımlanmıştır [28].

Üçkapılı granitoidi çok sayıda apilit ve pegmatit damarlarıyla örülmüş olup, granitoidin komşu kayalarla olan dokanağı hemen her tarafta uyumsuzdur. Dokanaklarda dar da olsa kontakt-metamorfik bir zon mevcuttur [28].

Granitoidin kontakt etkisi çok dar bir zonda ortaya çıkmaktadır, bu zonun darlığı 2 şekilde yorumlanmıştır:

- 1- İntrüzyon yapan kütleinin hacmi çok ufaktır, dolayısıyla soğuma hızla gerçekleşmiştir [48].
- 2- İntrüzyonun gerçekleştiği yan kaya ile intrüzif kütle arasındaki sıcaklık farkı çok azdır [28].

Üçkapılı granitoid sokulumları, Niğde bölgesinde yer alan metamorfik kütlelerin içine ve şimdiki yerine, bunların metamorfizma ve kıvrımlanmasından sonra yerleşmiştir. Bu nedenle, tüm metamorfik birimleri keser ve kırılma-çatlama dışında bir deformasyon göstermez. Granitoid magmasının oluşması ise, büyük olasılıkla rejyonal termo-dinamo metamorfizmasının son aşamasına karşılık gelmektedir. Metamorfik istif içindeki asıl sokulum düzeyi, Aşıgıdığı metamorfitlelerinin tabanı, Kaleboynu metamorfitlelerinin tavanıdır [28].

Üçkapılı granitoid sokulumlarının yaşı, bunlardan alınan örneklerin Rb/Sr yöntemine göre 95 ± 11 m.y. bulunmuştur. Bu jeokronolojik yaş bulguları, metamorfizma ve deformasyonun Senomaniyen öncesinde gerçekleştiğini göstermektedir [28].

2.2.2. Hasandağı-Keçiboyduran-Melendizdağı volkanitleri

Aksaray-Niğde arası, Miyosen-Kuvaterner yaş aralığında çok önemli volkanizma etkinliğine tanık olmuştur. Bu dönemde başta Hasandağı, Keçiboyduran ve Melendizdağı ana volkan konileri olmak üzere, bunların çevresinde onlarca kubbeimsi küçük parazit koniler oluşmuştur. Bu volkanizma sonucu, yüzeye çıkan ilk piroklastikler aşınmış; Miyosen topografyası üzerinde yükselmeye başlamışlardır. Bu zamanda topoğrafik yüzeyin yüksek ve karasal kesimlerini, genellikle Orta Anadolu Metamorfik Karmaşığı, düzlük ve çukur kesimleri ise Oligo-Miyosen tortullarının aşınmış yüzeyleri ile görsel alanlar oluşturmuştur. Aksaray-Niğde arasındaki bu volkanik bölgede yüzeye ilk çıkan volkanoklastikler olmuştur. Bunlar, Hasandağı bazaltik volkanizmasından önce meydana gelen ignimbiritik bir volkanizma ürünüdür. Bölgede çıkış merkezinden itibaren en uzak kesimlere kadar yüzeyi örtmüşlerdir. Bundan sonra riyodasitik lavların çıkmasıyla ignimbirit volkanizması devrini tamamlamış ve kapanmıştır. Daha sonra andezit-bazalt volkanizması başlamış ve bunu piroksen-hornblend bazaltları izlemiş ve nihayetinde olivin bazaltlar gelişmiştir. Bazalt volkanizmasının son safhası olivin bazaltlarının depolanmasıyla sona erer ve bazalt volkanizmasının başlaması Pleistosenin başlamasına karşılık gelmektedir [10].

Hasandağı, Keçiboyduran ve Melendizdağı ana volkanik çıkış ve parazit konilerinden yaşlıdan gence doğru, aşağıdaki volkanik kayaç birimleri, meydana gelmiştir [10].

Tüfit, ignimbirit, kırıntılı tüfit, kalkerli tüfit, tüf, ignimbirit, tüf, kalkerli tüf, tüf breşi kaba yapılı litik tüf, aglomera ve konglomeralar, volkanik baca breşleri, andezit-bazaltlar, volkanik küller, bazaltlar, kül akıntıları, riyodasitler şeklindedir [10].

Andezit-bazaltların çoğu bazalt lavları ile örtülüdür. Genellikle sadece Keçiboyduran ve Melendizdağının derin duvar yapıları içinde mostra verdikleri görülür. Melendizdağı ve Keçiboydurandağının bazalt akıntılarından önceki püskürme yerleri de bu kayalardan. Ovalarla ilgili volkanizmada da yalnız bazaltlara rastlanmıştır. Andezit-bazalt petrografik yönden ve görünüşü itibariyle bir geçiş kayacıdır. Andezitik kısımlar ekseriyetle hipersten-ojit-andezit veya ojit-andezittir [10].

Bazaltlar, Melendizdağının kuzeyinde ve Hasandağı çevresinde akıntı şeklinde görülür. Melendizdağı volkanik akıntıları ile ovadaki volkanik konilerin son püskürtük ürünlerini oluştururlar. Bu bazaltlar kaba bir tasnifle üç petrografik gruba ayrılır [10]:

- 1- Melendizdağı, Keçiboydurandağı ve Çınarlı'nın bazaltik bölgesinde (Melendizdağı kuzeyi) en çok ojit-hipersten bazaltları bulunur,
- 2- Hasandağı kesiminde hornblend-hipersten bazaltları,
- 3- Ovalarda ise, olivin bazaltlar egemendir.

2.2.2.1 Melendiz aglomerası

Niğde'nin batısında püsküren volkanik materyal nedeniyle yükselmeye başlayan Melendizdağından kuzeydoğu, doğu ve güneydoğu yönlerinde yuvarlanma, sellenme, bahar akıntıları ve akarsular vasıtasıyla, kil boyutundan çok büyük boyuttaki bloklara varan volkanik kökenli klastikler, yamaç aşağı çukurluk ve göllere doğru yelpaze ve yamaç çökelleri oluşturmuşlardır. Bunlardan, Niğde şehir merkezinin de büyük bir kesiminin zeminini oluşturduğu Melendiz aglomeraları, çok kalın tabakalanmalı, kısmen yuvarlaklaşmış iri çakıl ve bloklu, heterojen yapıdaki Melendiz aglomeralarıdır. Kanal oygu ve dolgu yapıları gözlenen bu birim, Melendizdağı tarafından gelen ve yaygın bir şekilde akan bir akarsu ve sellenmelerin oluşturduğu büyük bir yelpaze çökeliştir. Kayaç sıkı tutturulmuş ve pekişmiş olup, orta derecede bir sertliğe sahiptir. Matrisi oluşturan taneler kum ve silt boyutundadır. Orta büyüklükteki lav çakıllarında derecelenme gözlenir. Bu birim 50–60 m derinliğe varan vadilerle yarılmıştır.

Yaşı diğer birimlerle stratigrafik olarak kıyaslandığında, Pliyosen olarak tahmin edilmektedir [10].

2.2.2.2 Melendiz tüfü

İlk kez [10] tarafından adlandırılmıştır. Gri, sarımsı beyaz renklerde; plajiyoklaz, piroksen, olivin fenokristallerinin içinde yer aldığı bazik volkanik kayalık parçalarını bağlayan koyu kırmızı, kahve renkli volkanik camdan oluşmuştur. Andezitik lav akıntılarının altında yer alır. Limonitleşme ve silisleşme yaygındır. Manganez ve kükürt çökeltileri kapsar. Kükürt zuhurlarının varlığı, volkanik faaliyette solfator safhasına geçildiğine işaret edebilir [10].

2.2.2.3 Melendiz andeziti

Genellikle lav akıntıları halinde görülmektedir. İçerisinde yer yer volkanik breş ve aglomera kısımları bulunmaktadır. Aglomera, tüf ve ignimbritlerin üzerinde yer alan andezitik lav akıntıları, andezit bazalt arası bir özellik gösterir. Alt düzeyler andezite, üst düzeyler bazalta daha yakındır. Andezitik kısımlar ojit andezit veya hipersten-ojit andezit niteliklidir. Andezitik lav akıntıları, oldukça monoton bir görünüme sahiptirler, porfirik yapıda plajiyoklaz ve klinopiroksenler, zaman zaman da ortopiroksen, hornblend ve biyotitler makroskopik olarak görülebilen fenokristallerdir [19].

Andezitlerde K/Ar yöntemine göre yapılan yaş tayinleri sonucunda $13,7 \pm 0,3$ ile $6,5 \pm 0,2$ m.y. arası değerler elde edilmiştir [20]. Bu verilerin sonucu olarak, bölgede volkanizmanın başladığı Üst Miyosen başlarından Ponsiyen'e kadar olan zaman aralığında tamamen andezitik ürünlerin püskürmüş olduğu söylenebilir [19], [49].

2.3 Yapısal Jeoloji

Çalışma alanının içerisinde önceki çalışmacılar tarafından tespit edilen en önemli fay, Ecemiş Fayı'dır. Bu fayla ilgili bilgiler önceki çalışmacılardan derlenerek aşağıda sunulmuştur.

“Ecemiş Fay Zonu”, Refahiye yakınlarından doğrudan doğruya atımlı sağ yönlü “Kuzey Anadolu Dönüşüm Fay Zonu'ndan” ayrılan, yaklaşık 700 km uzunluğunda, 2–8 km genişliğinde, diri ve sol yönlü doğrudan doğruya atımlı bir fay kuşağıdır [50].

Araştırmacılar bu fayı, Ecemiş Fay Zonu [46], “Tekir Grabeni”; [3], “Ecemiş Fay Koridoru”; [5], “Ecemiş Koridoru”; [8], “Ecemiş Koridoru veya Tekir Dislokasyonu”; [51], “Ecemiş Çaprazvari Fayı”; [52], [24], “Ecemiş Yarılm Kuşağı”; [53], “Ecemiş Fay Kuşağı” olarak adlandırmıştır. Ayrıca [50], Orta Anadolu Fay Zonu olarak tanımlamıştır.

[5], Ecemiş Koridorunu Anatolit-Torid Kuşağının sınırında göstermiştir. [51], Türkiye tektonik haritasında bu sınırı Niğde Metamorfitlerinin batısından geçirmiştir.

Ecemiş Fay Zonu'nun "Maden Boğazı-Kamışlı" arasındaki bölümünü çalışan [53], fay zonunun bu alanı boydan boya kesmiş olduğunu ve zonun, Ecemiş fayı ile Cevizli fayına az çok paralel, bir uzun tekne oluşturduğunu belirtir. Araştırmacı, Ecemiş ve Cevizli faylarının topografyadaki izlerinin her yerde belirgin olduğunu, 1972'de ERTS-A uydusundan çekilen görüntüler ile hava fotoğraflarında net olarak görülebildiğini ve Çukurbağ formasyonu üzerindeki dere yataklarının ötelenmiş, bazı eski çimentolanmış birikinti konilerinin biçilmiş olduğunu, doğudaki ve batıdaki blokların morfolojisi, stratigrafik ve tektonik özellikleriyle karşıt görünümlü olduğunu, Ecemiş Fay Zonu'nun oluşturduğu çukuru Kaleboynu formasyonu, Çukurbağ formasyonu ve daha genç birimlerin doldurduğunu kaydederek, fay zonunun kuzeyde Kayseri İli dolayından, güneyde Mersin İli batısına kadar sürekli olduğunu, arazide gözlenebilen uzunluğun yaklaşık 300 km olduğunu ileri sürmüştür. Araştırmacı yaklaşık K 20 D doğrultulu fay zonundaki dere yataklarında oluşan ötelenmenin ve fay zonu yakınında Beyaz Aladağ formasyonundaki (Demirkazık kireçtaşı) kıvrım eksenlerinin güneye doğru eğilmesinin, faylanmanın doğrultu atımlı sol yönlü olduğunu ispatladığını kaydetmiştir. Araştırmacıya göre, fay zonunun Erciyes Dağı dolayındaki ve güneyindeki Gülek boğazında devam etmesinin imkân dâhilinde olduğunu, zonun genişliğinin bazı kesimlerde 5 km'yi geçtiğini, fay düzleminin eğimlerinin yarı düşeyden düşeye kadar değiştiğini belirtmiştir.

BÖLÜM III

AGREGALARIN GENEL ÖZELLİKLERİ

3.1 Agreganın Tanımı ve Özellikleri

Agrega, beton yapımında çimento ve su karışımından oluşan bağlayıcı madde yardımı ile bir araya getirilen, organik olmayan, kum, çakıl, kırmataş gibi doğal kaynaklı veya yüksek fırın cürufu, genleştirilmiş perlit, genleştirilmiş kil gibi yapay kaynaklı olan taneli malzemedir [54].

Agreganın beton yapımında ekonomik ve teknik yönden çok önemli bir konumu bulunmaktadır. Agreganın maliyeti çimentoya göre oldukça düşük olduğundan, agrega betonda kullanılan ve oldukça ucuz olan bir dolgu malzemesi olarak kabul edilmektedir. Betonda agrega kullanılması, sertleşen betonun hacim değişikliğini önlemekte veya azaltmakta, çevre etkilerine karşı betonun dayanıklılığını artırmakta ve kendi dayanım gücünün yüksekliği nedeniyle betonda gerekli dayanımın sağlanmasına yardımcı olabilmektedir. Agreganın kaba ve ince agrega olarak iki kısımda incelenebilir. Şantiyelerde kaba agrega "mıcır" yada "çakıl", ince agrega "kum" olarak isimlendirilir. Bu iki bileşeni tane büyüklüğü olarak birbirinden ayırmak için kullanılan kriter 4 mm boyutundadır. Bunlardan 4 mm'den daha iri boyuttaki tanelerden oluşan kısma kaba agrega, 4 mm'den küçük boyuttaki kısma ince agrega denir [55].

Beton hacminin % 60-80'ini agrega bileşeni meydana getirdiği için, seçiminde titizlik gösterilmesi gerekmektedir. Agreganın gereken mukavemete sahip olması ve dış etkenlere dayanabilmelidir. Agreganın fiziksel ve mekanik özellikleri istenilen şartları karşılayabilecek nitelikte olmalıdır. Aşınmaya maruz kalacak bir betonun agregası ise yeterli aşınma mukavemetine sahip olması gerekmektedir. Don yapan bölgelerde kullanılacak betonun agregası ise don etkisine dayanıklılık bakımından konmuş olan standartları karşılamalıdır [56].

Agrega bileşenlerinin uygun bir tane boyu dağılımı (granülometri) göstermesi çok önemlidir. İyi bir granülometriye sahip agreganın, içindeki hava boşluğu, daha az olacaktır. Dolayısıyla, yoğunluğu da artacaktır. Bu şekilde, toplam beton hacmi içinde

çimento-su harcı daha ekonomik olarak kullanılabilir ve beton istenilen yere kolaylıkla, kalitesi bozulmadan yerleştirilebilir [57], [58].

Betonun sıkıştırılmasındaki kolaylık veya zorluğuna işlenebilirlik denir. Segregasyon diye tabir edilen husus ise, betonda agregaya ile harcın ayrışmasıdır. Ağır olan agregaya aşağı kısımda kalırken ince harç ve su betonun üst kısmında toplanır. Dolayısıyla arzu edilen dayanıklılığa erişilemez [57], [58].

Betonda agregaya kullanılmasının sağladığı teknik özelliklerin başında; sertleşen betonun “hacim değişikliğini” önlemesi veya azaltması, sertleşmiş betonun “aşınmaya karşı” dayanımını artırması, çevre etkilerine karşı “dayanıklılığını” artırması ve kendi dayanım gücünün yüksekliği nedeniyle betonun taşımakta olduğu yüklere karşı gerekli “dayanımı” sağlayabilmesi gelir. İçerisinde agregaya bulunmayan bir sisteme göre çok daha az hacim değişikliği (büzülme) gösterir. Yani, çimento hamurunun zamanla kuruması nedeniyle yapacağı büzülme ve meydana gelebilecek çatlamlar agregaya tarafından belirli bir ölçüde engellenmiş veya sınırlandırılmış olur [57], [58].

3.2 Agregaya Çeşitleri ve Özellikleri

Agregaya (Kum-Çakıl) : Doğal, yapay veya her iki cins yoğun mineral malzemesinin genellikle 100 mm’ye kadar çeşitli büyüklüklerdeki kırılmamış ve/veya kırılmış tanelerinin bir yığıdır [59].

Aşağıda agregaya çeşitleri ve özellikleri hakkında temel tanımlar verilmektedir.

Doğal Agregaya: Doğal taş agregaya; teraslardan, nehirlerden, denizlerden, göllerden ve taş ocaklarından elde edilen kırılmış veya kırılmamış agregadır.

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

İri Agregaya: 4 mm açıklıklı kare delikli elek üzerinde kalan agregadır.

Çakıl: Kırılmamış tanelerden meydana gelen iri agregadır.

Kırma Taş: Kırılmış tanelerden meydana gelen iri agregadır.

Kum: 4 mm açıklıklı kare gözlü elekten geçen agregalardır.

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

Karışık Agregası: İnce ve iri agregası karışımıdır.

Doğal Karışık Agregası (Tüvenan Agregası): Agregası ocağından, kırıcıdan veya sanayiden doğrudan doğruya elde edilen karışık agregasıdır. Maksimum tane büyüklüğünden büyük taneleri ayırmak için elenmiş agregalara da doğal karışık agregası denir.

Hazır Karışık Agregası: İnce ve iri agregasının veya birkaç tane sınıfına ayrılmış bu agregaların belirli tane dağılımı (granülometri) sağlayacak şekilde beton yapımı sırasında yerinde birbirine karıştırılması ile meydana gelen agregasıdır.

3.3 Beton Agregası Olarak Kullanılan Kayaçlar

Yeryüzünde agregaları oluşturan kayaçlar çok değişik tür ve yapıdaki minerallerin belirli oranlarda yan yana meydana gelmesiyle oluşmaktadır. Bunlardan,

- Genel olarak magmatik ve metamorfik kayaçlar ayrılmamışlarsa.
- Granit, siyenit, gabro, bazalt, kuvarsit gibi magmatik kayaçlar
- Kuvarsit, serpantin gibi metamorfik kayaçlar

sağlam ve kaliteli agregası verirler. Bu kütlelerde rastlanabilecek ve olumsuz etkileri olan bazı mineral toplulukları şunlardır:

SiO₂: Öz şekilli kristalize kuvars, en yaygın, en kararlı mineralidir. Yüksek sertliği (7), HF asitten başka diğer asitlerden etkilenmemesi ile tercih edilen mineraldir. Bir agregasının içerisindeki kuvars oranı o agregasının kalitesini tayin etmektedir. Ancak aktif silis polimorfları, (Kuvars'ın yüksek sıcaklıkta ısınma ve soğuması ile oluşan yapılar); kristobalit, tridimit, cam gibi mineraller alkali-silis reaksiyonuna yol açarlar.

Opal, kalsedon gibi tortul kütleler, riyolit, obsidiyen gibi magmatik kütleler içerdikleri aktif silisli mineraller, çimento ile reaksiyon yapmaları nedeniyle sakıncalı beton agregasıdır.

Feldspat: Yaygın mineral grubunu oluştururlar. Esasları alüminyum silikatlarıdır. K, Na ve Ca içerirler. Pek çok magmatik kütlede (granit ve siyenit), bazı tortul kütlelerde bulunur. En önemli sakıncaları atmosfer etkisinde ayrılarak kile döntürürler. Kil, mikron boyutunda tanelerden oluşur, agregası ve çimento arasındaki epitaksiyi azaltan sakıncalı bir mineraldir.

Mika: Feldspat'lar gibi alüminyum silikat esastır. Kolay bükülür ve yassı yapılara ayrılır. Bu nedenle çok su isterler, betonun ıslatma suyunu artırıp mukavemetini düşürürler. Muskovit, pegmatit (püskürtük) ve mikaşist (metamorfik) gibi kütlelerde bulunur.

Klorit: Hidrate magnezyum silikat mineralidir. Su alınca şişer ve çatlaklı yapı verir. Bu gruba serpantin minerali girer. Hacim sabitliği yönünden sakıncalıdır.

Pirit (FeS_2): İkincil bir mineral olarak rastlanabilir. Zamanla su etkisiyle ayrışarak, demiroksit ve asit sülfürüğe dönüşür. Beton için çok zararlıdır. Bu tür mineral içeren agregalardan kaçınılmalıdır.

Jips ve Anhidrit: $CaSO_4$ 'ın doğada bulunan biçimidir, kristal yapıdadırlar. Sülfat etkisi oluşturup betonu tahrip ederler. Kalker taşlarında damarlar halinde bulunabilirler.

$CaCO_3$: Çok rastlanır ve beton agregası olarak tercih edilen tortul kütlelerdir. Kireçtaşı ve dolomit ($CaCO_3$, $MgCO_3$) olarak kullanılır. Yapılarında anhidrit ($CaSO_4$) bulunmamalıdır. $CaCO_3$ ve killerin karışmasıyla oluşan marnlarda su ile şişen ve kuruyunca büzülen yapı gözlenir ve kullanılmaları sakıncalıdır.

Kil: Çok geniş yapıları mevcuttur. Tane boyutu ve kimyasal yapılarına göre tanımlanırlar. Esas yapısı hidrate alüminyum silikatlarıdır. İçlerinde Fe, Mg, Ca ve alkali metalleri de bulunur. Islanınca plastik özelliği kazanırlar. Montmorillonit, kaolinit, illit en yaygın türleridir. Muskovit, mikaşist gibi, beton üretiminde hiç istenmezler; yalnız bazı özel beton tekniklerinde (pompa betonu, su altı betonu gibi) cüzi kullanım alanları vardır.

3.4 Çimento Hamuru-Agrega Bağı

Bazı kaynaklarda ya da betonun kırılma olayının derinlemesine incelenmediği kaynaklarda beton dayanımı; çimento hamuru ve iri agregada dayanımı ile çimento hamuru-agrega bağ dayanımı olgusuyla açıklanmaktadır. Eğer betonu basitçe anlaşılır kılmak adına böyle bir açıklama yapılmışsa bu tespit bir yere kadar doğrudur. Aksi durumda betonun ve betonu meydana getiren malzemelerin diğer özellikleri ve kırılma anında yükleme durumu, kırılma şekli gözden kaçırılmış olunur. Bununla birlikte bütün araştırmacıların üzerinde anlaşmaya vardığı bir gerçek vardır ki, o da çimento hamuru ile agregada arasındaki bağın betonun mekanik davranışını büyük ölçüde etkilediği ve aradaki bu temas yüzeyinin zayıf bir hat olduğu gerçeğidir [60].

Elektron mikroskobu ile yapılan incelemede; bu geçiş b3lgesi ile temas eden agrega y3zeyi 3zerinde kalsiyum hidroksitten oluşan bir film tabakası olduğu ve filmin ince bir kalsiyum silikat hidrat (tobermorit) formunda başka bir tabaka ile kaplı olduğu tespit edilmiştir. Bu ift kat film tabakasının da ara y3zeydeki kalsiyum hidroksit formundaki bir tabakayla kaplı olduğu g3r3lm3řt3r. Yaklaşık 50  m kesitinde olan bu b3lgede ara y3zeyden imento pastasına doğru azalan bir porozite g3zlenmiştir. [61] de agrega-imento hamuru bağında agrega kimyasal yapısı ve kalsiyum hidroksit kristallerinin y3neltilmesi ile ortaya çıkan agrega yapısının etkisini tespit etmiştir.

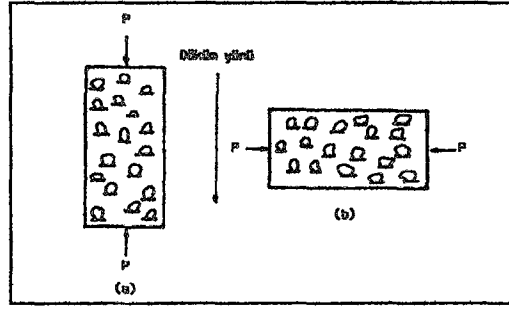
Çimento ve agreganın iki farklı malzeme olması (anizotropi) nedeniyle bu iki malzemenin birbirine temas y3zeyleri boyunca bağlanmaları içyapıda farklı oluşumlar yaratmaları doğaldır. Betonda imento hamuru - agrega ara y3zeyi zayıftır. Bu zayıflığın nedenlerini kısaca sıralarsak [62];

1. İşlenebilir bir karışım hazırlama zorunluluğu nedeniyle betona imento hidratasyonu için gereken su miktarından daha fazla su konur. Beton yerleştirildikten sonra iri taneler yerçekimi nedeniyle dengeyi sağlamak 3zere aşağı doğru oturma hareketi yaparken karışımda (hen3z) hidratasyona katılmamış olan su ise yukarı doğru hareket eder. İri agrega taneciklerinin altından geçemeyen bu su, burada tutularak, d3k3m y3n3ne dik doğrultuda, agrega ile imento hamuru arasında su/imento oranı oldukça y3ksek zayıf hatlar meydana getirir (şekil 3.1). Bu suyun bir kısmı ise Van Der Walls kuvvetleri etkisiyle ara y3zeyden harca doğru hareket ederek agrega ile temas eden harç y3zeyinden içeriye doğru azalan bir porozitenin (boşluklu yapı) meydana gelmesine neden olur [62].

2. Bilindiği 3zere imento hidratasyonu sonrasında imento hamuru hacminde kuruma neticesinde kuruma r3tresi meydana gelir. Beton k3r3 sonrası, agreganın y3ksek elastisite mod3l3ne sahip olması nedeniyle agrega da kuruma neticesinde r3tre yapar. Bu hareketler sonrası agrega-imento hamuru bağı zayıflar [62].

3. Agregayı oluşturan kayaç ve mineral y3zeylerinin atmosferik şartlar altında alterasyona uğramış olmaları, imento-agrega tutunmasını olumsuz etkileyecek, ileride kırılma, çatlama ve kopmalara neden olarak, zararlara neden olacaktır. Bu nedenle agregaların petrografik incelemelerinin yapılarak, alterasyon derecelerinin belirlenmesi gerekmektedir [62].

Agrega ile imento hamuru arasında 3 farklı bağlanmadan s3z edilir



Şekil 3.1 Terleme nedeniyle betonda meydana gelen zayıflık düzlemleri, a) Düşey eksenli numune, b) Yatay eksenli numune

3.4.1 Mekanik bağlanma

Agreganın yüzey dokusu nedeniyle ortaya çıkan bir bağlanma şeklidir. Tablo 3.1a'da verilen ve tablonun sonuna doğru gittikçe mekanik bağ yapma özeliği artan agreganın yüzey dokusu esas alınarak hazırlanmıştır. Mekanik bağlanmada agreganın girintilerine çimentoların girmesi agrega çıkıntılarının da çimento hamuruna batması sonucu adeta kamalanma şeklinde bir kenetlenme meydana gelir. Mekanik bağlanmada esasen bağlanmayı sağlayan agrega özgül yüzeyinin artmasıdır. Girintili-çıkıntılı bir yüzeye sahip agreganın çimento hamuru ile temas ettiği alan diğer agregalara göre daha fazladır. Tablo 3.1b'de ise agrega tane şekline göre yapılmış bir sınıflama görülmektedir. Buradan da görüleceği üzere aşağıya doğru inildikçe agreganın özgül yüzeyi artar. Böylece agreganın çimento hamuru ile temas yüzeyi büyür ve mekanik bağlanmada artış meydana gelir [62].

3.4.2 Epitaksik bağlanma

Bu, daha küçük ölçekte ve ender durumlarda gerçekleşebilen bir aderans türüdür. Çimentonun hidratasyonu sırasında bazı kristal yapıları bileşenler (örneğin Ca(OH)_2) ilk önce çökerek agrega yüzeyini ince bir tabaka halinde kaplar. Eğer çökelen bu ince tabakanın kristal yapısı ile agreganın kristal yapısının kafes sistemleri birbirine uygunsa, bu yapılar aralarında süreklilik oluşturarak küçük ölçekte bir aderansın ortaya çıkmasına neden olurlar [63]. Bu tip bir bağı kireçtaşı agregaların kolayca gerçekleştirdiğini söyleyebiliriz.

3.4.3 Kimyasal bağlanma

Bazı agregalar kimyasal yapıları (mineralojik yapı) nedeniyle çimento pastası ile reaksiyona girerek aralarında bir bağın oluşmasına neden olurlar. Bu olay daha çok agrega yüzeyinde çökelen Ca(OH)_2 ile reaksiyona girerek bağ dayanımını artırır.

Buradaki reaksiyon puzolanik bir reaksiyondur [60]. Bu tip bağlanma bazen epitaksik bağlanma içerisinde de değerlendirilir. Traslı çimento kullanılması durumunda eğer ortamda silisli ve alüminli agrega varsa yine benzer reaksiyonlar sonucu daha iyi bir bağlanma meydana gelir [60].

Tablo 3.1.a Tane şekli sınıflaması [62]

Tane Şekli	Açıklama	Örnekler
Yuvarlak	Tamamen su içerisinde sürtünme nedeniyle yuvarlanmışlardır	Nehir ya da deniz kıyısı çakılları, çöl, deniz kıyısı ve rüzgârın serpiştirdiği kumlar
Şekilsiz	Tabii şekilsizdirler veya sürtünme nedeniyle yuvarlanmış biraz şekillidirler	Diğer çakıllar, kum veya adi çakmak taşları
Köşeli	Pürüzlü düzlemsel yüzeylerin kenarlarda kesiştiği bir yapıdır	Kırılmış kayaların bütün çeşitleri, yamaç molozu, camsı cüruf
Yassı	Agrega eninin diğer iki boyuta göre daha küçük olduğu agregalardır.	Laminallı kayaç
Uzun (Prizmatik)	Genellikle köşeli ve bir boyutunun diğer iki boyuttan fark edilir şekilde daha büyük olduğu agregalardır	Laminallı kayaç
Yassı ve Uzun	Tane uzunluğunun eninden ve enin bariz bir şekilde kalınlıktan daha büyük olduğu agregalardır.	Laminallı kayaç

Tablo 3.1.b Agregaya yüzey dokusu sınıflaması [62]

Grup	Yüzey Dokusu	Özellikler	Örnekler
1	Camsı	Konkoidal (midye kabuğu) kırılması sonucu yüzeyler camsı	Siyah çakmaktaşı, obsidiyen camsı, cüruf
2	Pürüzsüz (Düzgün)	Tanesel veya laminallı kayaların pürüzsüz kırılması ya da su içerisinde sürtünme nedeniyle düzleşmesi sonucu ortaya çıkarlar	Çakıl, çört, sleyt, mermer ve bazı riyoitler
3	Taneli	Kırılma neticesinde yüzeydeki keskinliklerin üniform şekilde yuvarlaklaşması sonucu oluşmuş yüzeylerdir.	Kumtaşı, oolit
4	Pürüzlü	Yapısında zorlukla görülebilen, orta ve ince tanesellerin kırılması sonucu ortaya çıkan yüzeylerdir.	Bazalt, felsik, porfir, kireçtaşı
5	Kristalin (Kristalli)	Yapısında kolayca görülebilen kristal parçacıkları vardır.	Granit, gabro, gnays
6	Peteksi	Yüzeyde görülebilen boşluklar ve oyuklar vardır.	Tuğla, sünger taşı, köpük cürufu, klinker, genişleştirilmiş kil

3.5 Çimento Hamuru-Agrega Bağına Etki Eden Faktörler

Özellikle genç yaşlardaki betonlarda iri agregata taneleri ile çimento hamuru arasındaki ara yüzey bölgesi, hamurun diğer bölgelerinden daha zayıftır [64]. Bunun nedenleri şöyle sıralanabilir:

- Taze betonun terleme sırasında iri agregata taneleri altında toplanan su, ara yüzey bölgesinde su/çimento oranını yükseltir ve boşluk yüzdesi artar.
- Gene aynı nedenle çimento ana bileşenlerinden kalsiyum silikatların (C_2S , C_3S) hidratasyonu sonucunda ortaya çıkan kalsiyum hidroksit (CH) kristalleri bu bölgede daha büyüktür ve miktarca daha fazladır. Hidratasyonun başlıca ürünü ve hamurdaki esas bağlayıcı madde olan kalsiyum silikat hidrat (C-S-H) jellerine oranla CH' nin bağlayıcılık değeri çok daha azdır. Ayrıca kristallerin boyu büyüdükçe toplam yüzey alanı küçülür ve dolayısıyla Van Der Waals kuvvetleri daha da zayıflar.
- İri agregata yüzeyi boyunca katı taneler çeper etkisi nedeni ile daha gevşek bir düzen içinde yer alırlar. Burada hamur boşluk oranı daha da artar.

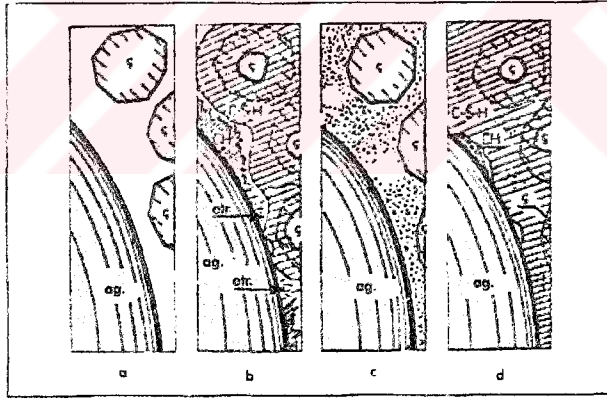
Puzolanlar, portland çimentosundaki klinker yerine ikame malzemesi olarak çimento üretiminde ya da öğütülmüş halde doğrudan betona katılarak kullanılabilir. Betona puzolan katılması halinde, eğer puzolan beton karışımındaki agregaların tane boyutu dağılımını (gradasyonunu) geliştirmek için bir kısım ince agregata yerine kullanılmışsa betonun kalitesini (dayanım ve dayanıklılık açısından) artırır. Fakat öğütülmüş puzolan betonda bir kısım portland çimentosu yerine kullanılmışsa bu durum beton kalitesinde aşağıdaki sebeplerden dolayı bazı düşüslere yol açabilir [65], [66].

1. Genel olarak, çimento fabrikalarında elde edilen homojenlik, şantiyelerde sağlanamaz.
2. Betonda portland çimentosunun yerine yüksek miktarda puzolan kullanılması erken dayanımı kayda değer derecede düşürür.
3. Genellikle, şantiyelerde puzolan ve çimentonun kalite kontrolünün düzenli olarak yapılmasını sağlayacak personel ve ekipman yoktur.

Araştırmacılar silis dumanı katkısının beton dayanımı üzerindeki olumlu etkisini daha ziyade agregata-hamur ara yüzeyini kuvvetlendirmesine bağlamaktadırlar. Bazılarına göre çimentonun % 15'i yerine katıldığında ortama her çimento tanesine

karşın iki milyon silis dumanı tanesi girmektedir [67], [68], [69]. İnce silis dumanı taneleri ara yüzeydeki boşlukları doldurmakta, terleme azaldığı için agrega taneleri altında daha az su toplanmakta ve daha yapışkan hale gelen hamur ile agrega taneleri arasındaki fiziksel aderans artmaktadır. [70]'e göre çok ince taneli mineral katkıları kalker tozu dahil çimentonun ilk yaşlardaki hidrasyonunu hızlandırmaktadır. Ayrıca bu tür ince taneler CH kristalleri için de daha fazla sayıda çekirdeklenme noktası sağladıklarından ara yüzeydeki iri CH kristalleri yerine daha küçükleri oluşmaktadır [70].

Şekil 3.2.'de katkısız ve silis dumanı katkılı hamurların agrega ile olan ara yüzeyleri gösterilmiştir [71]. a) katkısız taze hamurdaki ara yüzeyi belirtmektedir. Çimento taneleri (ç) arasında su ile dolu boşluklar görülmektedir. b) de aynı ara yüzey sertleştikten sonra resmedilmiştir. C-S-H ve CH kristalleri, kısmen etrinjit (etr.) içeren boşluklar görülmektedir. Şeklin c) ve d) bölümlerinde ise silis dumanı katkılı taze ve sertleşmiş hamurlardaki durum gösterilmiştir. Silis dumanı (SD) taneleri boşlukları doldurmakta, CH kristallerini küçültmektedir. Ayrıca ilave puzolanik C-S-H jeli de meydana gelerek boşlukları azaltmakta, dayanımı artırmaktadır.



Şekil 3.2 Silis dumanı katkısının ara yüzeye etkisi [71].

Çimento hamuru-agrega bağ dayanımına etki eden birçok faktör vardır. Bu faktörlerin her biri dayanımını doğrudan etkiler. Başlıca etkenler şunlardır [62];

3.5.1 Agrega şekli ve yüzey dağılımı

Günümüzde elektron mikroskoplarının kullanılması ile agrega-çimento hamuru ara yüzeyinin incelenmesi sonucu kaba bir yaklaşımdan öte gitmeyen ve mekanik bağlanmayı vurgulayan agrega şekli ve yüzey dokusunun etkisinin düşünüldüğü kadar

fazla olmadığı, betonun diğer bileşim özellikleri ile birlikte değerlendirilmesi gerektiği anlaşılmıştır. Tablo 3.1 (a) ve (b) agregaları tane şekli ve yüzey dokusu açısından sınıflandırmıştır. Kaba bir yaklaşımla; bu her iki tabloda yukarıdan aşağı inildikçe mekanik bağlanmanın artacağı söylenebilir [62].

[72], su/çimento oranının beton dayanımında en önemli faktör olmasına rağmen agrega özellikleri katkısının görmezlikten gelinemeyeceğini söyler. Keza yine iri agrega yüzey dokusu ve şeklinin çimento hamuru ile agrega arasındaki kilitlenmeyi (bağlanma) önemli ölçüde arttırdığı, yüzeyi pürüzlü agrega kullanılması durumunda betonun eğilme ve çekme dayanımlarında pürüzsüz agrega kullanılan betonlara göre yaklaşık % 30 artış olabileceği belirtilmektedir [72]. Yine [73] aderanstaki düşüklüğü agrega yüzey dokusuna bağlamakta ve bunun betonun gerilme-şekil değiştirme kapasitesini etkileyeceğini ve betonun (basınç dayanımından bağımsız olan) deformasyon yapabilme yeteneğinin azalacağını söylemektedir [73]. [73]'ün belirttiği bulgu, agrega yüzey ve tane şekline bağlı olarak betonun kırılma mekaniğinin değişebileceğidir. Yani pürüzlü agrega kullanılması durumunda sünek bir kırılma neticesinde deformasyon kapasitesinin artabileceği olgudur.

Agreganın bağ olayında olumlu katkısı olan tane şekli ve yüzey dokusunun bazı beton özelliklerinde olumsuzluğa yol açabileceği durumu ise bu gerçeğin bir diğer yüzüdür. Özellikle; su/çimento oranı, kompasite, çimento gereksinimi, işlenebilirlik, karma suyu miktarı, geçirgenlik, dayanıklılık gibi beton özelliklerinin yukarıda anılan parametrelerden olumsuz etkilenebileceğini göz ardı etmemek gerekir. Normalde agrega seçimi yapılırken küresel agrega seçimi yapılır. Beton kompasitesi ve işlenebilirliği açısından bu gerekli bir işlemdir. Kompasite açısından zayıf olan betonlar taşıyıcı iskeleti sağlam olmayan bir yapı meydana getirir. Agregaya yığın boşluğunu (y), yuvarlak tane yüzdesini (x) ile gösterirsek

$$Y=0,42 -0,07x \quad (3.1.)$$

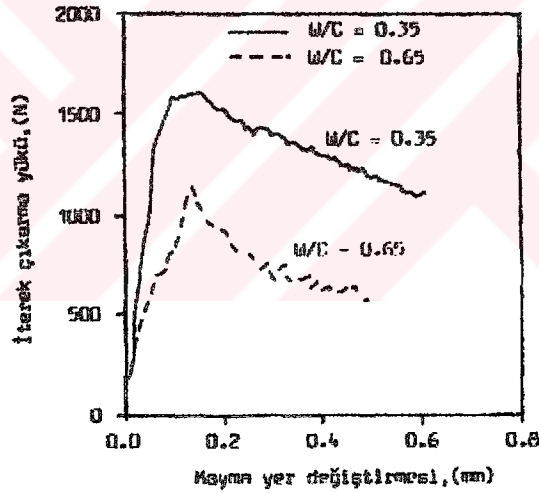
ampirik bağıntısından bahsedebiliriz [74].

Betonda boşluklu yapının donma - çözülme, geçirgenlik, düşük dayanım, vs. gibi sorunlara yol açtığı bilindiğinden ötürü özellikle agrega seçimi yapılırken tane şekli ve yüzey dokusundan ileri gelebilecek olumsuz etkilenmeler de dikkate alınmalıdır. Bunun yanı sıra tanelerin şekilsiz olması, tanelerin birbiri üzerinde kaymasını zorlaştırarak işlenebilirlikte ciddi problemlere yol açacaktır. Keza yüzey pürüzlülüğü

tanenin temas yüzeyini artırarak (özgül yüzeyin büyümesi) işlenebilirlik için suya duyulan gereksinimi (ya da başka önlemleri gerektirecektir) artırarak su/çimento oranı yüksek karışımların ortaya çıkmasını zorlayacaktır [62].

3.5.2 Su/çimento oranının etkisi

Bilindiği üzere su/çimento oranı, betonun bilinen bütün özelliklerini doğrudan etkileyen en önemli parametredir. Beton dayanım ve dayanıklılığı su/çimento oranından birinci derecede etkilenir. Su/çimento oranı, hem çimento hamuru yapısını, hem de agrega hamuru ara yüzeyini doğrudan etkileyen bir parametredir. Su/çimento oranının büyümesi ile beton içerisinde boşluklu zayıf bir yapı oluşur. Keza yüksek su/çimento oranında betonda terleme artar ve agrega - çimento hamuru ara yüzeyindeki porozite büyür [75]. Bu şekildeki bir beton dokusunda yüzey enerjisi ve bağ dayanımı azalır [60]. Elektron mikroskobu ile yapılan incelemede, ara yüzeyin su/çimento oranından büyük ölçüde etkilendiği tespit edilmiştir (Şekil 3.3) [60].



Şekil 3.3 Su/çimento oranının betonun mikro yapısı ve mekanik özellikleri üzerindeki etkisi [60]

Yapılan çalışmalarda, su/çimento oranının agrega-çimento hamuru bağ dayanımını betonun basınç dayanımından daha çok etkilediği, bağ dayanımının ancak düşük su/çimento oranları için anlamlı olabileceği ve su/çimento oranının artması durumunda kırma agrega kullanılsa bile bağ dayanımında (dolayısıyla da etkilenen diğer dayanım türlerinde) herhangi bir artış meydana gelmeyeceği ortaya çıkmıştır [63], [72].

Bazı araştırmacılar ise yüksek ve orta dayanımlı betonlarda (harç dayanımı agrega dayanımından yüksek), süreksizlik sınırı, çözülme sınırı, basınç dayanımı ve süreksizlik sınırındaki bütün Şekil değiştirmelerin çimento hamuru mikro yapısı tarafından sağlandığını ve zayıf betonlarda ise (agrega dayanımı harç dayanımından yüksek) yukarıdaki ifade aynen geçerli olmak üzere iri agreganın bağ dayanımı ve yük altındaki mekanik kenetlenmesinin etkili olduğunu söylemektedirler [63], [76]. Bu nedenle, beton için tek bir kırılma mekaniği tarifi yerine kompoziti meydana getiren malzemelerin durumundan ötürü birden fazla kırılma mekaniği tarifi yapılır [63], [76], [77].

Su/çimento oranının büyümesi sonucu, agrega ile temas eden harcın porozitesi yükselir. Bu, betona işlenebilirlik için katılan ve hidrasyona girmeyen suyun yerleşme sonrası bu bölgelerde tutulması sonucu ortaya çıkmış bir durumdur. Bu oluşum sonrası iri agrega-harç temas yüzeyleri, porozite nedeniyle azalır ve bu bölgede su/çimento oranı hamurun diğer yerlerine göre daha yüksek olduğu için agrega ile temas eden harcın dayanımı düşer. Bütün bunların sonucunda agrega-çimento hamuru bağı zayıflar. Yani, yüzey ve tane Şekli açısından bağlanmayı güçlendirecek en iyi kalitede agrega kullanılması durumunda bile eğer su/çimento oranı yüksek ise agrega beklenen etkiyi (bağ dayanımını) gösteremez [63].

Tersi durumda, yani su/çimento oranının küçülmesi ile harç fazının elastisite modülü büyür. Böylece harç fazı elastisite modülü / iri agrega elastisite modülü oranı da büyümüş olur. Bu değişim iri agrega - çimento hamuru sınırlarında oluşan gerilmeleri küçültücü yönde etki yapar. Bundan dolayı süreksizlik sınırına daha büyük bir kuvvet altında varılır [63].

Bunun yanı sıra su/çimento oranının büyümesi ile yukarıda sıraladığımız iri agrega-çimento harcı temas kusurları da ortadan kalkar ve bağ dayanımında önemli artışlar olur [63].

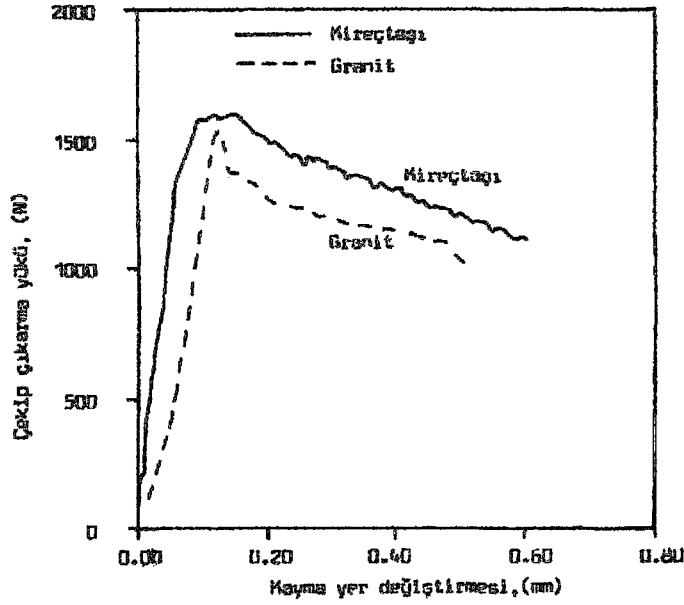
[78] iri agregaları aynı, harç fazı iki ayrı kalitede (dayanımda) beton üretip bunların dayanımlarını ölçünce harç fazı yüksek kaliteli olan betonların dayanımlarının da yüksek olduğunu tespit etmiştir.

3.5.3 Agregas cinsinin (petrografik ve mineralojik yapı) etkisi

Agregalar görünüşte kaba olarak sınıflandırılmalarına rağmen, iç yapıları dikkate alınıp bir tasnif yapılırsa, son derece heterojen bir yapıya sahip oldukları görülmektedir [62].

Agrega cinsinin bağ dayanımı üzerindeki etkisi çimento harcı ile agrega arasında meydana gelen kimyasal ve epitaksik aderans ile açıklanır. İyi bir bağ için; pürüzlü yüzey dokusu yanında mineralojik olarak heterojen ve poroz taneler gereklidir. Yani agreganın kimyasal ve mineralojik yapısı ile tane yüzeyinin elektrostatik durumu oldukça önemlidir [79]. Agreganın kimyasal yapısı ile ilgili olan epitaksik aderans harç, su/çimento oranından etkilenmez. Çünkü su/çimento oranının agrega yüzeyine çökelen ince tabakanın kristal yapısını değiştirmesi söz konusu değildir. Harç ile iri agrega arasında; agreganın kimyasal yapısı gereği ortaya çıkan aderans yüzey pürüzlülüğü ile ortaya çıkan bağlanmanın aksine, basınç (ve elastisite) dayanımını artırıcı yönde etki eder [60].

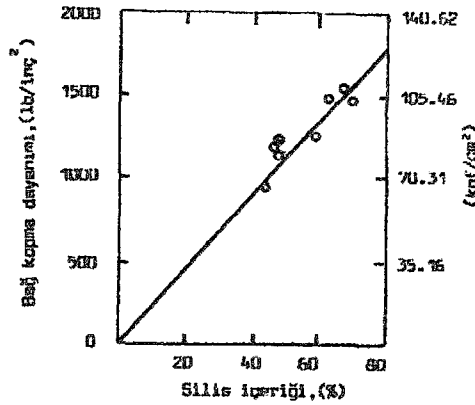
Bu tip etki daha çok kireçtaşı içerisindeki kalsit mineralleri (CaCO_3) ile çimento hidratasyonu sonucu ortaya çıkan kalsiyum hidroksit ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) arasında meydana gelir. Şekil 3.4.'ten de görüleceği üzere, çalışmada iki farklı tipte agrega kullanılarak gerçekleştirilen çalışmada kireçtaşı agrega ile üretilen betonlar yapmış oldukları epitaksik bağ nedeniyle daha iyi performans göstermişlerdir. Kireçtaşı kullanılarak üretilen betonlar dayanım açısından granit agrega ile üretilen betonlara göre daha yüksek olup, kırılma şekli ise daha sünektir. Yalnız, epitaksik bağın kurulabilmesi için uzunca bir zaman gereklidir [60]. Aynı etki (magmatik) kayaların kullanılması durumunda da görülür, (Şekil 3.5), [72].



Şekil 3.4 Farklı agregaların betonun yük-deformasyon ve davranışına etkisi [60].

Keza betonda silika tozu kullanılması durumunda da silika tozu ile çimento hidratasyonu sonucu ortaya çıkan kalsiyum hidroksit arasında meydana gelen puzolanik reaksiyon sonucu harç-agrega ara yüzeyindeki porozite azalır ve bağ güçlenir [72].

Diğer önemli bir özellik ise, kayaçları meydana getiren minerallerin fiziksel ve kimyasal özellikleridir. Örneğin mineraller genellikle dilinim, kırık ve çatlaklar boyunca bozularak ayrılmaya uğrarlar. Bu durum, çimento hamuru ile agreganın arasındaki bağlanmayı (beton stabilitesini) doğrudan etkileyebilmektedir [72].



Şekil 3.5 Magmatik kayaç kullanılmış betonda bağ dayanımı-agrega silis içeriği oranı [72].

3.6 Alkali-Agrega Reaksiyonu

Betonda kullanılan agregalardaki bazı bileşenler, özel şartlar altında, betona çoğu durumda çimentodan geçen alkalilerle tepkime verirler. Bu tepkimenin ürünleri sertleşmiş betonda genişleme yaratmakta ve hasara sebep olmaktadır. Puzolanlar genel olarak alkali-agrega reaksiyonuyla oluşan bu genişlemeyi kontrol etmek için de kullanılırlar. Çimentodaki alkaliler ve agregada arasındaki reaksiyonlar başlıca iki tiptedir [80]:

- Alkali-Karbonat Reaksiyonu
- Alkali-Silika Reaksiyonu

Alkali-karbonat reaksiyonunda alkaliler reaksiyon sonunda tüketilmez ve yeni reaksiyonlar vermek üzere tekrar ortaya çıkarlar. Muhtemelen bu sebepten dolayı, puzolan kullanımını (mikro silis dâhil olmak üzere) alkali karbonat reaksiyonunu önlemede etkisizdir. Bununla beraber, yüksek fırın cürufu kullanımının etkili olduğu görülmüştür [69].

Alkali silika reaksiyonunu önlemede ise puzolanların etkinliği kesin olarak kanıtlanmıştır [65], [66], [79]. Alkali-silika reaksiyonunun oluşabilmesi ve zararlı etkiler yaratabilmesi için gerekli şartlar şunlardır [65]:

1. Yeterli nem
2. Yeterli miktarda alkali hidroksit (alkali)
3. Agregada kritik miktarda reaktif silika
4. Ortamda $\text{Ca}(\text{OH})_2$ bulunması'dır.

Genellikle alkali-silis reaksiyonu için gerekli alkali, çimentodan gelmektedir [65]. Dolayısıyla, bir kısım çimentonun puzolanlarla ikamesi, ortama katılan alkali miktarının seyreltilmesine sebep olacaktır. Bununla beraber, bazı özel şartlar altında, ortama alkalilerin dış kaynaklardan girmesi (deniz suyu, buz çözücü tuzlar vb.) halinde ortamdaki alkali miktarını azaltmak amacıyla puzolan kullanımını anlamsızlaştırır.

Genel olarak puzolan kullanımının alkali-silika reaksiyonuna olumlu etkisi birden fazla yolla olmaktadır;

1. Puzolanlardaki reaktif silika; ortamdaki alkalilerle, reaktif agregadan daha hızlı bir şekilde reaksiyona girer ve dolayısıyla puzolan kullanımı alkali-silika reaksiyonu için ortamda yeterince alkali bulunmasını önler [81].
2. Çimentonun puzolanlar ile ikamesi, ortama çimento tarafından sokulan alkali miktarının azalmasını sağlar. Bu durum genellikle böyle olmakla birlikte puzolan kullanımıyla ortama fazladan alkali girişi de mümkündür [82].
3. Puzolan kullanımıyla Ca(OH)_2 tüketiminden dolayı ortamın pH'ı düşer. Bu durum alkali agrega reaktivitesini azaltır [83].



BÖLÜM IV

MATERYAL VE METOD

Bu çalışma; Orta Anadolu'da, Niğde İl sınırları içinde yer alan, Melendiz bazaltı, Melendiz andeziti, Üçkapılı granitoidi ve inşaat sektörüne Niğ-Kum tarafından pazarlanan Kızılırmak (Nevşehir-Gülşehir) kumlarını kapsamaktadır. Bu doğrultuda 2002–2005 yılları arasında sürdürülen çalışma, arazi çalışması, laboratuvar çalışması ve büro çalışması şeklinde yürütülmüştür.

4.1 Arazi Çalışmaları

Bu çalışma 2003–2004 yaz döneminde, MTA'nın yapmış olduğu jeoloji haritaları kullanılarak, inşaat sektöründe agrega olarak kullanılan ya da muhtemel agrega potansiyeline sahip birimler büroda belirlendikten sonra yerinde incelenmiştir. Bu birimlerden petrografik inceleme, kimyasal analizler ve laboratuvar deneyleri yapmak için yeterli miktarda numuneler alınmıştır.

4.2 Numunelerin Laboratuvar Ortamında Hazırlanması

Arazi çalışmaları sonucunda, belirlenen bölgelerden alınan numuneleri laboratuvar ortamında kullanılabilir hale getirmek için yapılan çalışmalara aşağıda paragraflar halinde değinilmiştir.

4.2.1 Elek analizleri

Niğ-Kum, Kum Kırma ve Yıkama tesisinden alınan 0.3, 3, 4 ve B.K. nolu numunelere ait elek analizleri Niğde Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Kaya ve Zemin Mekaniği Laboratuvarında yapılmıştır. Bu işlem sırasında ilk önce 0,1 gr hassasiyetli teraziyle numunelerden kuru halde 300 ve 400'er gr alınarak, içlerindeki ince taneli maddelerin (silt, kil) miktarını belirlemek için yıkama işlemine tabi tutulmuşlardır. Örneklerin % olarak kayıplarını belirlemek amacıyla, numuneler 24 saat 105 ± 5 C°'de etüvde kurutularak tekrar tartılmış ve kayıpları hesaplanmıştır. İstenmeyen madde oranı tayin edildikten sonra, kare gözlü elekler vasıtasıyla [84]'e göre elek analizi uygulanmıştır.

4.2.2 İnce kesitlerin hazırlanması

Elek analizi ile boyutları sınıflandırılmış kum örneklerinden çeyrekleme yöntemi ile numuneyi temsil edecek miktardaki mineral taneleri lam üzerine, aralıtı içine gömülerek, 0,03 mm'ye kadar inceltilmek suretiyle, ince kesitler MTA Genel Müdürlüğü bünyesinde hazırlanmıştır.

4.2.3 Kayadan karot alma

Karot alma işlemi, arazi çalışmaları neticesinde elde edilen blok boyutundaki kaya örnekleri üzerinde gerçekleştirilmiştir. Karotlar amaçlarına uygun olarak, sert kayalardan karot alabilecek karotiyer kullanılarak yapılmıştır.



Foto 4.1 Karotiyer makinesi ve BX çaplı karot alınışı

Alınan karotlar üzerinde yapılan deneylerin doğru sonuç verebilmesi için karotlar kontrol edilmiş, üzerinde herhangi bir çatlak veya süreksizlik ihtiva edenler deney sırasında kullanılmamıştır. Alınan uygun nitelikteki karotların iki ucu taş kesme makinesi ile kesilerek düzeltilmiş, kesit parlatma cihazında kaba aşındırıcı Al_2O_3 kullanılarak karotların taban yüzeyindeki pürüzlülüğü alınmıştır.

4.3 Laboratuvar Çalışmaları

Harita üzerinde belirlenen kayaç birimleri üzerinde dört farklı şekilde çalışılmıştır. Bu numuneler üzerinde gerçekleştirilen laboratuvar çalışmaları, başlıca; mikroskobik, kimyasal, fiziksel, mekanik özellikler şeklinde yürütülmüştür. Bu araştırma ve deneyler aşağıda başlıklar halinde sunulmuştur.

Laboratuvar çalışmaları, Niğde Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Kaya ve Zemin Mekaniği Laboratuvarı, Maden Yatakları

ve Mineraloji Laboratuvarı, Jeokimya Laboratuvarı ile İnşaat Mühendisliği Malzeme Laboratuvarları kullanılarak yürütülmüştür.

4.3.1 Petrografik araştırmalar

4.3.1.1 Polarizan mikroskopta mineralojik-petrografik inceleme

İlk olarak toplanan numunelerden, ince kesitlerin hazırlanması ve bunların polarizan mikroskopta incelenmesi şeklinde yapılmıştır. Bu amaçla Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA) ince kesit ve parlatma laboratuvarında, incelenen numunelere ait çok sayıda ince kesit hazırlanmıştır. Bu ince kesitler OLYMPUS-BH2 model polarizan mikroskop da incelenerek, örneklerin mineralojik ve petrografik özellikleri belirlenmiş, NİKON model fotoğraf makinesi kullanılarak bu örneklerin fotoğrafları çekilmiştir.

4.3.1.2 Stereo mikroskopta makroskopik inceleme

Derlenen kum numunelerinden hazırlanan mineral taneleri, stereo mikroskop altında incelenerek, bunların makroskopik özelliklerine göre tayinleri ve fiziksel özellikleri belirlenmeye çalışılmıştır. Bu yöntemle belirlenen mineraller ile XRD ve polarizan mikroskop altında belirlenen mineral türleri arasındaki ilişkiler incelenmiştir.

4.3.1.3 XRD incelemeleri

Elek analizleri yapılmış kum numunelerinden, numuneyi temsil edecek şekilde çeyrekleme yöntemi uygulanarak örnekler alınmış; bu örnekler XRD analizine hazırlanmak amacıyla havanda toz haline gelene kadar öğütülmüştür. Bu öğütülmüş örneklerin XRD analizleri Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliği laboratuvarında yaptırılmıştır.

4.3.1.4 Kimyasal analiz

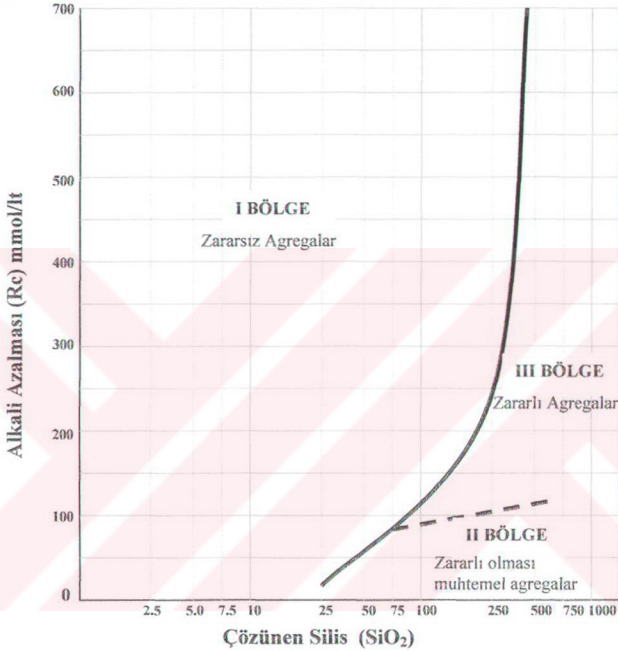
Niğde ve yörelerinde bulunan agregalarının özelliklerinin belirlenmesinde [42] ve [45]'den faydalanılmıştır.

4.3.1.5 Alkali-silis reaksiyonu

Alkali agrega reaktivitesi, agrega içerisinde bulunan bazı minerallerin portland çimentoda bulunan alkali oksitler (çimento alkalisi) ile reaksiyona girerek alkali silikatları oluşturmaktadır. Portland çimento içerisinde bulunan sodyum oksit ile

potasyum oksit cinsinden eşdeğerinin toplam yüzdesi ($\% \text{Na}_2\text{O} + 0,685 \times \text{K}_2\text{O}$) çimento alkalitesini verir [85].

Deneyleri yapılan agregaların alkali azalması (R_c) ve çözülmüş silis (Sc) oranları kullanılarak, söz konusu agreganın yeri Şekil 4.1 yardımıyla tespit edilmiştir.



Şekil 4.1 Agregaların alkali azalması (R_c) ve çözülmüş silis (Sc) oranına göre değerlendirilmesi [85]

4.3.2 Jeomekanik özellikler

Çalışma alanı içerisinde belirlenen kayaç birimlerinde belirlenen fiziko-mekanik özellikler; kuru ve suya doygun birim ağırlık, ağırlıkça su emme, efektif porozite, tek eksenli basınç dayanımı, nokta yükleme dayanım indeksi, Schmidt çekici sertlik indeksi ile ultrasonik hız değeridir.

4.3.3 Agregâ araştırmaları

Melendiz bazaltı, Melendiz andeziti ve Üçkapılı granitoidi üzerinde, agregâ deneylerinin yapılabilmesi için araziden derlenen blok numunelerinden, laboratuarda çeneli kırıcı ile kırmataş elde edilmiş ve bunlar üzerinde standart agregâ deneyleri yapılmıştır. Agregâların özgül ağırlığı ve su emme oranı tespit edilmiş, ayrıca agregâlarda Na₂SO₄ don deneyleri, agregâ darbe dayanım ve Los Angeles aşınma deneyleri yapılmıştır.

4.4 Büro Çalışmaları

Büro çalışmaları, arazi ve laboratuvar çalışmalarından önce başlanmış ve tüm tez çalışmasının sonuna kadar sürdürülmüştür. İnceleme alanı ile ilgili rapor, derleme, yayın, makale ve diğer bilimsel çalışmalar araştırılmıştır. Arazi üzerinde yapılan çalışmalar MTA tarafından yapılan 1/25,000 ve 1/100,000 ölçekli jeolojik haritalar üzerinde yürütülmüştür.

Çalışma konumuz ile ilgili olan yayın ve raporları derlemek için çeşitli kurumların kütüphaneleri ile arşivleri taranarak, ilgili dokümanlar elde edilmiştir.

Yapılan gözlem ve deneylerden elde edilen bütün veriler, Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kılavuzunda belirtilen kurallara uygun olarak bilgisayar ortamına aktararak çalışma tamamlanmıştır.

BÖLÜM V

BULGULAR

Bu bölümde, çalışma alanımız içinde bulunan Melendiz bazaltları, Melendiz andezitleri, Üçkapılı granitoidi ve Niğde inşaat sektöründe kullanılan kumlar incelenmiştir. Bu doğrultuda, birimlerin mineralojik-petrografik özellikleri, kimyasal özellikleri ile mühendislik özellikleri belirlenmeye çalışılmıştır. Aşağıda, bu işlemle ve işlemlerden elde edilen sonuçlar ayrı ayrı sunulmuştur.

5.1 Petrografik Özellikler

5.1.1 Melendiz bazaltının petrografik özellikleri

Aksaray-Niğde arasında Miyosen-Kuvaterner yaş aralığında oluşan bazaltlar [10], Melendizdağının kuzeyinde ve Hasandağ çevresinde bazalt akıntıları şeklinde gözlenir. Bu bölgedeki bazaltlar [10] tarafından üç gruba ayrılmıştır. Bunlar;

- Ojitit hipersten bazaltlar,
- Hornblend hipersten bazaltlar,
- Olivin bazaltlardır.

Halen Altunhisar-Bor ilçeleri arasında, kırmataş ocağı olarak işletilen, As İnşaatı ait ocaktaki bazaltların, makroskopik olarak kahverengimsi ve siyah tonlarda olduğu, kırıklı ve çatlaklı bir yapıya sahip olduğu, oluşum sırasında akıntı yönüne paralel olacak şekilde tabakalanma gösterdiği gözlenmektedir.

Mikroskop altında yapılan incelemelere göre, kayaç oluşturan mineraller plajiyoklaz feldspat (% 55), piroksen (% 15), olivin (% 15) ve çok az miktarda bulunan kuvarstan (% 5) ibarettir (Foto 5.1).

Kesit içerisinde bulunan plajiyoklazların belli bir yönde, yarı paralel olarak yönlenmiş olması, plajiyoklazların trakitik dokuda olduğunu, ayrıca kırılmalı kuyruğu dokusuna da sahip olduğunu göstermektedir (Foto 5.2).

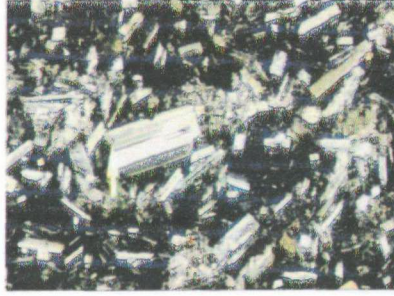


Foto 5.1 Bazaltların ince kesitlerinde gözlenen intersertal doku ve kayaç yapıcı minerallerin görüntüsü (+N),

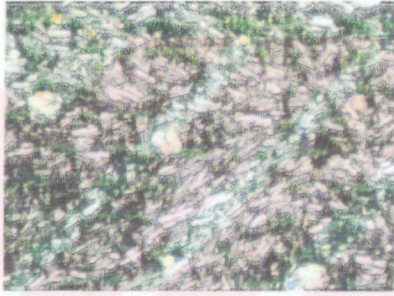


Foto 5.2 Plajiyoklazlarda gözlenen trakitik doku ve pilotaksitik doku (+N),

Foto 5.3'te olivin ve piroksen minerallerinin hipidiyomorf özellikte olduğunu ve farklı boyutlardaki olivin ve piroksenlerin glomerofik dokuya sahip olduğunu gözlenmiştir.

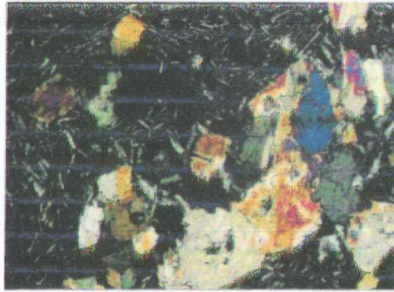


Foto 5.3 Olivin ve piroksenlerde gözlenen glomerofik doku (+N),

5.1.2 Melendiz andezitinin petrografik özellikleri

Mahmatlı ve Azatlı Kasabaları ile Hançerli Kasabası yakınında görülen Melendiz Andezitleri makroskopik olarak koyu gri ve siyah tonlarda, masif, çok az boşluklu, orta-iri taneli plajiyoklaz feldspat kristalleri hamur içerisinde dağılmış durumda, afaneritik dokulu, kristallenme derecesine göre hipokristalen özellikli bir dokuya sahiptir.

Mikroskop altında yapılan incelemelerde kayaç yapıcı mineraller plajiyoklaz feldspat (% 60), piroksen (% 5–10), kuvars (% 5–10) ve olivinden (% 5–10) ibarettir. Kesitlerde; kristallenme derecesine göre hipokristalen, afaneritik dokulu, göreceli tane boyu oranına göre vitrofirik, plajiyoklaz feldspatlarda öedral doku, kuvarslarda yenme kemirilme dokusu (Foto 5.4), kesitin genelinde veziküler doku ve sanidin kristalinin etrafında olivin ve piroksenlerin oluşturduğu poikilitik doku gözlenmektedir (Foto 5.5).

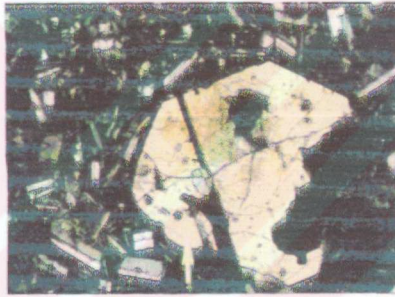


Foto 5.4 Kuvars kristallerinde gözlenen yenme (kemirilme) dokusu (+N)

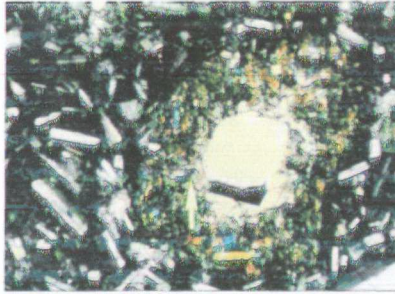


Foto 5.5 Kesitin genelinde gözlenen veziküler doku ve sanidin kristalinin etrafında olivin ve piroksen oluşturduğu poikilitik doku (+N)

5.1.3. Üçkapılı granitoidinin petrografik özellikleri

Niğde Masifine ait granitoidler erozyonun yeterince derin olduğu Üçkapılı köyü ve Çamardı ilçeleri arasında mostra vermektedir. Bu bölgede yapılan arazi çalışmaları Üçkapılı granitoidlerinin makroskopik olarak iki farklı özellikte olduğunu göstermiştir. Bunlarda Üçkapılı Köyünün 2 km güneydoğusundaki granitoidlerin ayrışma yüzeyleri açık gri ile koyu renkli bileşenlerin yoğunluğuna bağlı olarak değişen renk tonları arasındadır. Tane boyları orta-ince, faneritik dokulu, tektonizmanın etkisiyle bol kırıklı ve çatlaklı bir yapıya sahiptir.

Kayaç yapıcı mineralleri ana mineralleri mikroskop altında kuvars (% 55-60), plajiyoklaz feldspat (% 10-15), K- feldspat (% 5), mikrolit(% 5-10), biyotit (% 5-10) olarak belirlenmiştir.

Kuvars, kesit içerisinde bulunan ana minerallerden bir tanesidir ve optik özelliği sayesinde kolayca tanınabilmektedir. Kuvars kristali düşük sıcaklıkta kristalleştiği için yüksek sıcaklıkta kristalleşen diğer minerallerin arasındaki boşlukları doldurmuştur bu yüzden mineralleri allotriyomorf dokuludur. Ayrıca kesit içerisindeki kuvars kristalinde simplektitik doku ile birlikte zonlanma dokusu bir arada gözlenmektedir (Foto 5.6, 5.7).



Foto 5.6 Özşekilsiz kuvarslar, biyotitler ve zonlanma dokusu gösteren kuvars minerali gözlenmektedir (//N)

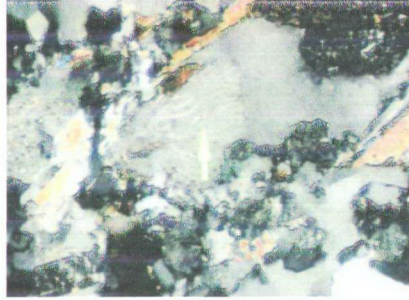


Foto 5.7 Kuvars ile plajiyoklazlar arasında gelişmiş olan mirmekitik doku ve serizitleşme gözlenmektedir (+N)

Biyotit mafik minerallerden en yaygın olanıdır, kahverengi ve kırmızımsı olan biyotit pleokrizma gösterir. Genellikle biyotitler hipidiyomorf dokuludur ve biyotitlerin bazı zonlarında kloritleşmeye rastlanmaktadır (Foto 5.8).



Foto 5.8 Biyotit mineralinin zon bölgelerinde gözlenen kloritleşme (+N)

Ayrıca kesitte genel olarak gözlenen diğer dokular şunlardır; kristalleşme derecesine göre holokristalen dokulu, mafik mineral içeriğine göre lökokratik dokulu, rölatif tane boyu oranına göre eş taneli, tane şekline göre ise hipidiyomorf ve allotriyomorf doku bir arada gözlenmektedir. Kayaç modal sınıflamaya göre granittir.

5.1.4 Kızılrnak (Nevşehir-Gölşehir) kumunun petrografik özellikleri

Niğde ve yöresinde, özel sektör tarafından pazarlanan inşaat kumlarından alınan numuneler üzerinde ayrıntılı olarak mineralojik-petrografik incelemeler yapılarak, mineral içerikleri belirlenmiştir. Polarizan mikroskopta belirlenen minerallerin ileri

derecede ayrışmaya uğradıkları görülmüştür. XRD incelemelerinde polarizan mikroskop altında bulunan minerallerin göreceli miktarları tespit edilmiş, ayrıca stereo mikroskop altında da makroskopik olarak karşılaştırma yapılmıştır.

Yapılan bu incelemeler sonucunda söz konusu inşaat kumlarını oluşturan minerallerin piroksen, amfibol, biyotit, ayrışmış kayaç parçaları ve çok az miktarda da kuvarstan oluştuğu belirlenmiştir (Foto 5.9-18).

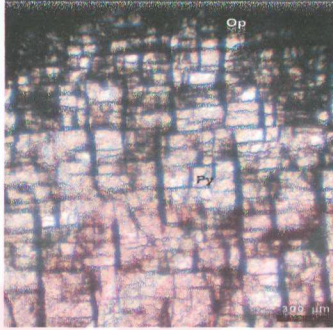


Foto 5.9 İleri derecede altere olmuş piroksen (diyopsit), //N

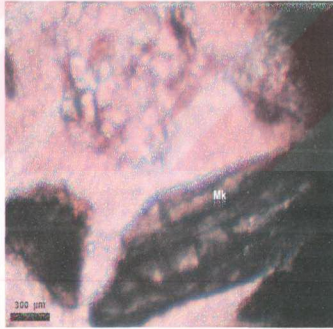


Foto 5.10 İleri derecede altere olmuş, şistozite özelliği belirgin metamorfik kayaç parçası (mk), //N

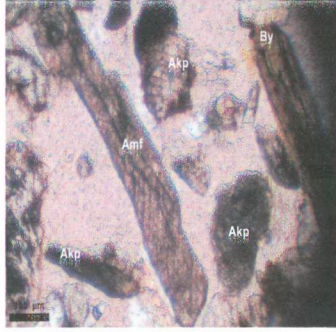


Foto 5.11 Baklava dilinimli amfibol, biyotit ve altere olmuş kayaç parçaları, //N

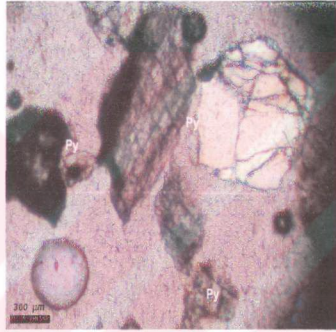


Foto 5.12 Altere olmuş kayaç parçaları, amfibol, kuvars tanesi, //N

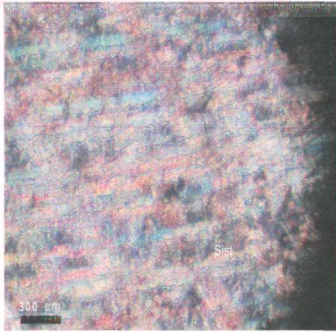


Foto 5.13 İleri derecede altere olmuş metamorfik kayaç parçası (şist), +N

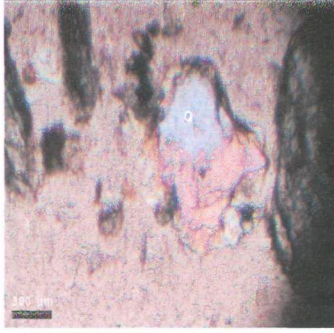


Foto 5.14 İleri derecede altere olmuş kayaç parçaları içerisinde çok az miktarda bulunan kuvars tanesi, //N

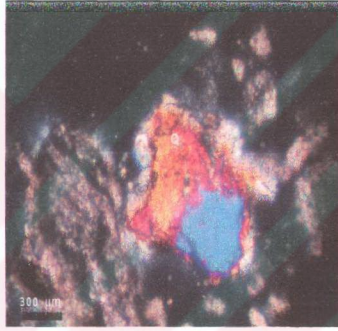


Foto 5.15 Altere olmuş kayaç parçası içinde kuvars tanesi, +N

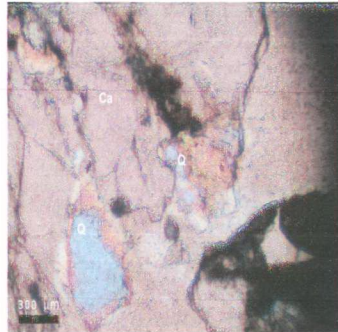


Foto 5.16 Kuvars ve karbonatın yaygın olduğu kum örneği, //N

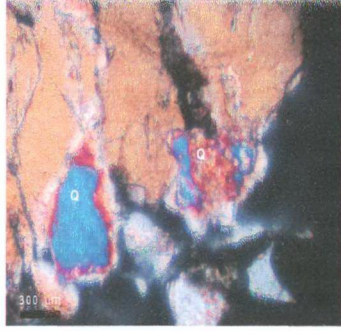


Foto 5.17 Kuvars ve karbonatın bulunduğu kum örneği, +N

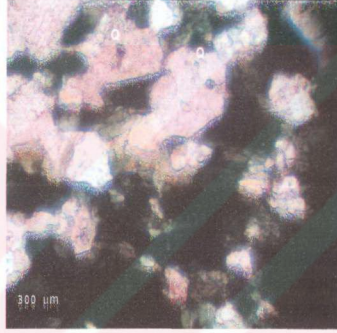


Foto 5.18 Altere olmuş kayaç parçaları (piroksen+amfibol) ve kuvars tanelerinin fazla olduğu kesit

5.2 Kimyasal Özellikler

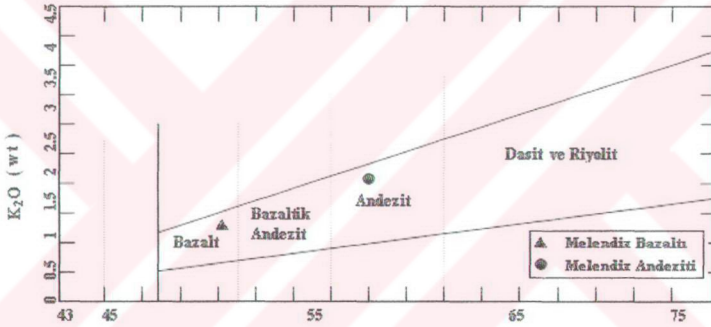
Agrega araştırmalarının yürütüldüğü Melendiz bazaltları, Melendiz andezitleri ve Üçkapılı granitoidinin kimyasal analizlerinde [42] ve [45]'den faydalanılmıştır.

Kimyasal analizler ile majör element içerikleri saptanmıştır. Örneklerin kimyasal analiz sonuçları Tablo 5.1'de sunulmuştur.

Tablo 5.1 Kayaçların kimyasal analiz sonuçları [42], [45]

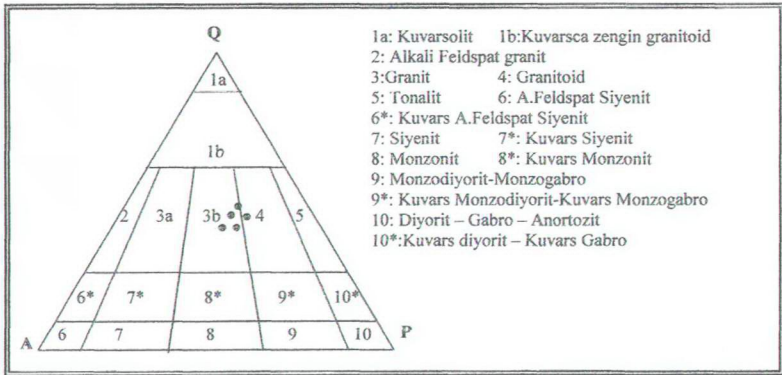
Yüzde Dağılımı (%)	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	CaO	TiO ₂	P ₂ O ₅	Toplam
Melendiz Bazaltı	51,8	17,33	15,17	6,31	1,33	0,67	3,77	2,71	1,67	100
Melendiz Andeziti	58.10	14.02	7.96	4.98	2.30	2.30	5.37	3.81	1.15	99.9
Üçkapılı Granitoidi	70.62	12.59	2.63	0.83	5.36	4.04	2.67	0.57	0.63	99.94

[86]'nin toplam alkali-silis (TAS) diyagramı Melendiz bazaltı ve Melendiz andezitine uygulandığında (Şekil 5.1), Melendiz bazaltlarının bazalt, Melendiz andezitlerinin andezit karakterinde olduğu saptanmıştır. Bu sonuçlara göre Melendiz bazaltlarının orta potasyumlu bir magmadan, Melendiz andezitlerinin orta-yüksek potasyumlu bir magmadan oluştuğu görülmüştür.



Şekil 5.1 Melendiz bazaltı ve Melendiz andezitinin [87] diyagramına göre sınıflandırılması

Üçkapılı granitoidleri [87] diyagramında değerlendirildiğinde (Şekil 5.2) monzogranit ve granitoid bölgelerinde kaldığı gözlenmiştir [88].



Şekil 5.2 Üçkapılı granitoidine ait örneklerin [87] diyagramındaki dağılımları

[88]

5.3 Jeomekanik Özellikler

Kayaçların Jeomekanik özelliklerinin belirlenmesi, gerek mekanik özelliklerinin kontrol edilmesi, gerekse de agrega olarak kullanım niteliğini etkilemesinden dolayı uygulamada oldukça önemlidir. Bu çalışmada, inceleme alanındaki farklı alanlardan derlenen kayaç birimlerine ait; özgül ağırlık, kuru ve doymuş birim ağırlık, ağırlıkça su emme, efektif porozite, tek eksenli basınç dayanımı, nokta yük dayanımı, Schmidt çekici sertlik indeksi, P-dalgası hızı değerleri bulunmuştur.

5.3.1 Özgül ağırlık

Yapılan çalışmalar, kayacın kökeni ile özgül ağırlık arasında anlamlı bir ilişkinin bulunduğunu ortaya koymuştur [89]. Kayayı oluşturan mineraller ile bileşime giren minerallerin oranları kayanın özgül ağırlığının değişiminde son derece etkilidir [90].

Kayaçlara ait özgül ağırlık değerleri [91]'ye göre, an az üç numune üzerinde gerçekleştirilmiştir. Elde edilen veriler Tablo 5.2'de sunulmuştur.

Tablo 5.2 Melendiz bazaltı, Melendiz andeziti ve Üçkapılı granitoidine ait özgül ağırlık değerleri

Özgül Ağırlık, G_s					
Örnek	Deney Sayısı	Min.	Max.	Ortalama	S. Sapma
Melendiz Bazaltı	3	2,74	2,77	2,75	0,015
Melendiz Andeziti	4	2,51	2,52	2,51	0,05
Üçkapılı Granitoidi	4	2,59	2,71	2,66	0,53

Yapı malzemesi olarak değerlendirilecek kayaların, özgül ağırlık değerlerinin 2,55'den büyük olması gerekmektedir [92], [93]. Melendiz andezitinin özgül ağırlık değeri 2,51 olup, bu limit değere oldukça yakındır.

5.3.2 Kuru birim ağırlık

Melendiz bazaltı, Melendiz andeziti ve Üçkapılı granitoidine ait kuru birim ağırlık deneyleri, [91] tarafından önerilen yöntem esas alınarak, en az üç numune üzerinde gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar Tablo 5.3'de sunulmuştur.

Kuru birim ağırlık değeri kayaların bileşim ve dokusu ile yakından ilgilidir. Kayaların birim ağırlığındaki değişim; kayaların kimyasal bileşimine, boşluk yapısına, boşluk miktarına ve ayrışmasına bağlıdır. Pratikte birim hacim ağırlıkları yüksek olan kayalar genellikle düşük poroziteli, düşük su emmeli ve yüksek özgül ağırlık değerlerine sahiptir [94].

Tablo 5.3 Melendiz bazaltı, Melendiz andeziti ve Üçkapılı granitoidine ait kuru birim ağırlık değerleri

Kuru Birim Ağırlık, γ_d (kN/m ³)					
Örnek	Deney Sayısı	Min.	Max.	Ortalama	S. Sapma
Melendiz Bazaltı	3	26,77	27,05	26,90	0,14
Melendiz Andeziti	4	24,57	24,70	24,62	0,05
Üçkapılı Granitoidi	4	25,00	26,24	25,66	0,52

[91]'de kuru birim ağırlık değerlerinin sınırları konusunda bir limit olmamasına karşılık, yapı taşı olarak kullanılacak kayaların kuru birim ağırlıklarının yüksek olması istenmektedir.

5.3.3 Doygun birim ağırlık

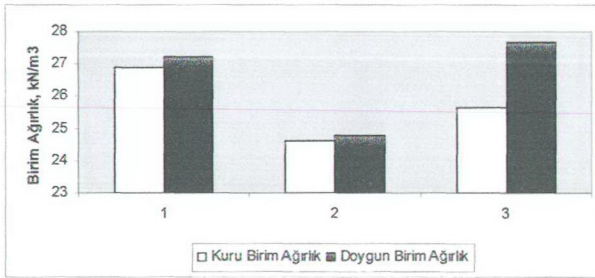
Agrega araştırmalarında kayaçların doygun birim ağırlığının bilinmesi son derece önemlidir. Suya doygun kayaçların, birim ağırlığında gözlenen değişim kayaçta bulunan efektif gözenekleri sayesinde. Birim ağırlık değerinin önemli ölçüde denetleyen unsurlar bulunmaktadır. Bunların en önemlisi, kayacın kimyasal bileşimi ve boşluk yapısı oluşturmaktadır [95].

Doygun birim ağırlık deneyleri, [91] tarafından önerilen yöntem esas alınarak, en az üç karot numunesi üzerinde gerçekleştirilmiştir. Kayaçların doygun birim ağırlık değerleri Tablo 5.4'de sunulmaktadır.

Doygun birim ağırlık değeri, kayaçların birim ağırlık değerlerinden biri olup, kayacın bünyesinde bulunan suyun etkisiyle kuru birim hacim değerinden fazladır. Şekil 5.3'de boşluk oranına bağlı olarak, kayaçların kuru ve doygun birim ağırlık değerleri arasındaki ilişki görülmektedir.

Tablo 5.4 İncelenen örneklere ait doygun birim ağırlık değerleri

Doygun Birim Ağırlık, γ_s (kN/m ³)					
Örnek	Deney Sayısı	Min.	Max.	Ortalama	S. Sapma
Melendiz Bazaltı	3	27,06	27,37	27,22	0,15
Melendiz Andeziti	4	24,74	24,86	24,79	0,04
Üçkaplı Granitoidi	4	27,10	28,33	27,69	0,52



Şekil 5.3 Melendiz bazaltı, Melendiz andeziti ve Üçkaplı granitoidinin kuru ve doygun birim ağırlık değerlerindeki değişim. (1- Melendiz bazaltı, 2- Melendiz andeziti, 3- Üçkaplı granitoidi)

5.3.4 Su emme

Kayaçların su emme değeri, don etkilerinin belirlenmesinde etkin bir değerlendirme ölçütü olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Ayrıca beton karışımlarında karma suyunun etkilenmesi ve betonun dayanımını düşürmesi nedeniyle, agrega olarak kullanılması düşünülen malzemelerin su emme oranlarının belirli değerlerde olması gerekmektedir [45].

Melendiz bazaltı, Melendiz andeziti ve Üçkapılı granitoidi üzerinde yapılan çalışmalarla ağırlıkça su emme değeri belirlenmiş olup, bu değer kayaç içerisinde bulunan boşlukların durumunun bilinmesinde ve bu boşlukların birbiri ile olan ilişkilerinin belirlenmesinde oldukça önemlidir [73], [95].

Ağırlıkça su emme deneyleri, [92] ve [96] tarafından önerilen yöntemler esas alınarak gerçekleştirilmiştir. Elde edilen değerler Tablo 5.5'de sunulmuştur.

Tablo 5.5 Melendiz bazaltı, Melendiz andeziti ve Üçkapılı granitoidine ait ağırlıkça su emme değerleri

Ağırlıkça Su Emme, w_a (%)					
Örnek	Deney Sayısı	Min.	Max.	Ortalama	S. Sapma
Melendiz Bazaltı	3	1,10	1,26	1,18	0,08
Melendiz Andeziti	4	0,64	0,77	0,71	0,05
Üçkapılı Granitoidi	4	7,54	8,36	7,93	0,34

Standartlara göre kayaçların ağırlıkça su emme değeri en çok % 1,8 olması gerekmektedir [92], [94].

5.3.5 Porozite

Agrega olarak değerlendirilecek kayaçların porozitelerinin bilinmesi son derece önemlidir. Porozite değerlerindeki değişim, kayaçların mekanik özelliklerini önemli ölçüde etkilemektedir [97].

Melendiz bazaltı, Melendiz andeziti ve Üçkapılı granitoidi üzerinde efektif porozite değerleri belirlenirken, [91] tarafından önerilen yöntemler esas alınmıştır. Efektif porozite değerleri Tablo 5.6'da sunulmuştur.

Tablo 5.6 Melendiz bazaltı, Melendiz andeziti ve Üçkapılı granitoidine ait efektif porozite değerleri

Efektif Porozite, n_c (%)					
Örnek	Deney Sayısı	Min.	Max.	Ortalama	S. Sapma
Melendiz Bazaltı	3	1,09	1,25	1,17	0,08
Melendiz Andeziti	4	0,63	0,76	0,70	0,05
Üçkapılı Granitoidi	4	7,01	7,72	7,34	0,29

Yapılan araştırmalarda, porozitenin artması sonucu, kayaçların mukavemeti azalmakta ve kayaç içinde gerilmelerin oluşmasına neden olmaktadır. Porozitenin artmasıyla atmosfer etkilerine karşı direncin düştüğü bilinmektedir. Ayrıca porozitenin artması kayanın düşük yoğunluk kazanmasını sağlamakta, kayanın ısı ve ses iletkenlikleri üzerinde etkili olmaktadır [98].

[99] tarafından yapılan sınıflandırmada, porozitelerine göre, Melendiz bazaltları “az boşluklu”, Melendiz andeziti “çok kompakt”, Üçkapılı granitoidi ise “çok boşluklu” kayaç sınıfında yer almaktadır (Tablo 5.7).

Tablo 5.7 Kayaçların poroziteye göre sınıflandırılması [99]

KAYAÇ SINIFI	POROZİTE
Çok Kompakt	<1
Az Boşluklu	1 – 2,5
Orta Boşluklu	2,5 – 5
Oldukça Boşluklu	5 – 10
Çok Boşluklu	10 – 15
Çok Fazla Boşluklu	>20

5.3.6 Tek eksenli basınç dayanımı

Kayaçların tek eksenli basınç dayanımının belirlenmesi ile onlardan elde edilecek agrega tanelerinin dayanımı hakkında fikir edinilmektedir. Dayanıklı beton yapımında kullanılacak agrega tanelerinin dayanımının da yüksek olması istenmektedir. Bu da kayanın dayanımı ile doğrudan ilişkilidir. Mekanik mukavemeti düşük olan agregaları kullanarak yüksek mukavemetli bir beton elde etme olanağı pek yoktur [73].

Bazalt, andezit ve granitoidin tek eksenli basınç dayanımını belirlemek amacıyla 10 örnek üzerinde gerçekleştirilen deneyler, [91] tarafından önerilen yöntemler esas

alınarak yapılmıştır. Deney sırasında kırılmalar genelde ani ve şiddetli olmuştur. Bazı örnekler üzerinde yapılan deneylerdeki kırılmalar süreksizlik ve çatlak düzlemi boyunca olduğundan bu deneylerin sonuçları tek eksenli basınç direncinin hesaplanmasında kullanılmamıştır. Tek eksenli basınç dayanımı deney sonuçları Tablo 5.8’de sunulmuştur.

Tablo 5.8 Melendiz bazaltı, Melendiz andeziti ve Üçkapılı granitoidine ait tek eksenli basınç dayanımı değerleri

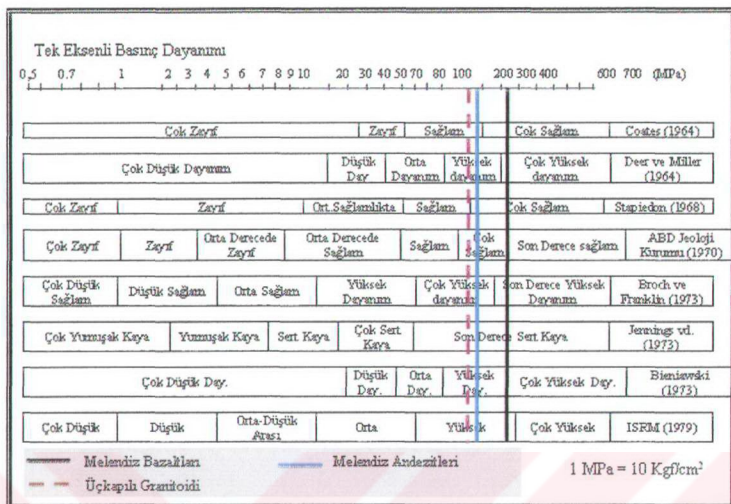
Tek Eksenli Basınç Dayanımı, σ_c (MPa)					
Örnek	Deney Sayısı	Min.	Max.	Ortalama	S. Sapma
Melendiz Bazaltı	10	202,0	233,6	214,3	9,93
Melendiz Andeziti	10	129,6	147,4	137,8	5,52
Üçkapılı Granitoidi	10	99,5	110,4	103,7	4,60

[100]’ün tek eksenli basınç dayanımı sınıflandırmasına göre, Melendiz bazaltı “çok yüksek dirençli kayaç”, Melendiz andeziti ile Üçkapılı granitoidi “yüksek dirençli kayaç” özelliklerindedir (Tablo 5.9).

Tablo 5.9 Tek eksenli basınç direncine göre kayaçların sınıflandırılması [100]

KAYAÇ SINIFI	TEK EKSENLİ BASINÇ DİRENÇİ (MPa)
Çok Düşük Dirençli	<25
Düşük Dirençli	25 – 50
Orta Dirençli	50 – 100
Yüksek Dirençli	100 – 200
Çok Yüksek Dirençli	>200

Çeşitli araştırmacılar, süreksizlik içermeyen kayaçları tek eksenli basınç direnci değerlerini göz önüne alarak sınıflandırmışlar ve bu sınıflamaya göre, Melendiz bazaltları 214 MPa’la “aşırı derece sağlam kayaç”, Melendiz andezitleri 137 MPa’la “çok sağlam kayaç”, Üçkapılı granitoidi 103 MPa’la “sağlam ve çok sağlam kayaç” sınıfında yer almaktadır (Şekil 5.4).



Şekil 5.4 Çeşitli araştırmacılar tarafından kayaların tek eksenli basınç dirençlerine göre sınıflandırılması [101]

Bulunan tüm bu değerler kayaç birimlerinin kırılıp beton agregası olarak kullanılabilmesi açısından [93]'e göre değerlendirildiğinde alt sınır olarak belirlenen 1000 kg/çm²'lik değer üzerinde oldukları tespit edilmiştir. Bu nedenle, incelenen birimlerin "tek eksenli basınç dayanım" özellikleri göz önüne alındığında, kullanılmalarında herhangi bir sakınca olmayacaktır.

5.3.7 Nokta yük dayanım indeksi

Nokta yük dayanımı, kayanın dayanım özelliklerine yaklaşım sağlamak amacıyla yapılan indeks deneylerden biri olup, standart nokta yükleme aleti ile her tür kaya numunesi üzerinde kolaylıkla uygulanabilirliği nedeniyle çokça tercih edilen bir yöntemdir [97].

Kayaçların nokta yük dayanım indeksi [102] tarafından önerilen çapsal deney yöntemi kullanılarak tespit edilmiştir. Deney, boy/çap oranı birden büyük olan 10 adet karot örneği üzerinde gerçekleştirilmiştir. [103]'e göre düzeltilmiş nokta yük dayanım indeksleri Tablo 5.10'da sunulmuştur.

Tablo 5.10 Melendiz bazaltı, Melendiz andeziti ve Üçkapılı granitoidine ait düzeltilmiş nokta yük dayanım indeksi değerleri

Nokta Yük Dayanım İndeksi, $I_{s(50)}$ (MPa)					
Örnek	Deney Sayısı	Min.	Max.	Ortalama	S. Sapma
Melendiz Bazaltı	10	13,46	15,91	14,79	0,84
Melendiz Andeziti	10	13,05	14,78	13,81	0,54
Üçkapılı Granitoidi	10	10,77	13,10	11,68	0,84

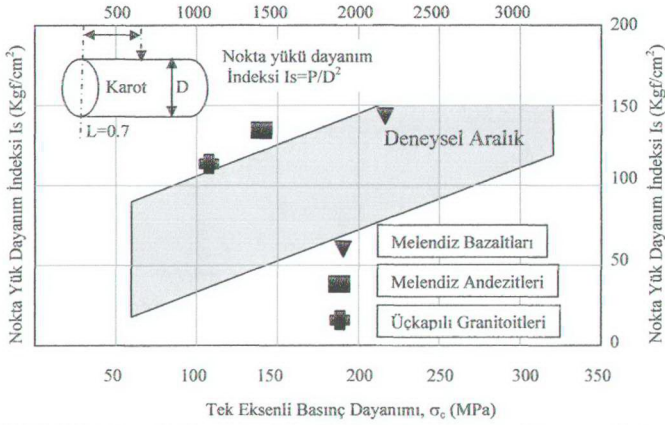
Tek eksenli basınç direncinin, Melendiz bazaltlarında nokta yük direncinin yaklaşık 15 katı, Melendiz andezitlerinde yaklaşık 10 katı, Üçkapılı granitoidlerinde yaklaşık 9 katı olduğu saptanmıştır. [104]'ün nokta yük direncine göre sınıflandırmasında tüm kayaç birimlerinin “çok yüksek dirençli kayaç” sınıfında oldukları görülmektedir (Tablo 5.11).

Tablo 5.11 Kayaçların nokta yük direncine göre sınıflandırılması [104]

KAYAÇ SINIFI	NOKTA YÜK DAYANIM DİRENCİ (MPa)
Çok Düşük Dirençli	<1
Düşük Dirençli	1 – 2
Orta Dirençli	2 – 4
Yüksek Dirençli	4 – 8
Çok Yüksek Dirençli	>8

Nokta yük dayanım deneyi sonucu kırılmalar; Melendiz bazaltlarında iki veya üç parça halinde enine ve boyuna kırılmalar; Üçkapılı granitoidinde iki veya üç parça halinde, bazıları ortadan bazıları ise belli bir açıyla olan kırılmalar; Melendiz andezitlerine ait karotlardaki kırılmalar da ortadan ve iki üç parça halinde olmuştur.

Kayaç birimlerinin tek eksenli basınç dirençleri ile nokta yük dayanım indeksleri, Şekil 5.5'de incelenmiş ve Melendiz bazaltlarının deneysel aralıkta kaldığı gözlenmiştir.



Şekil 5.5 Nokta yük dayanım indeksi ile tek eksenli basınç dayanım değerleri arasındaki ilişki [101]

5.3.8 Schmidt çekiçi sertlik indeksi

Bu deney, Schmidt çekiçi kullanılarak, kayaların Schmidt geri sıçrama sertliğinin saptanması amacıyla yapılmıştır. Schmidt çekiçi, çok zayıf ve çok sert kayalarda sağlıklı sonuçlar vermemektedir [105].

Deneyler, taze ve pürüzsüz yüzeyler üzerinde, L-tipi çekiç kullanılarak [91]'e göre yapılmıştır. Belirlenen kayaç kütlesi üzerinde farklı 20 noktadan geri tepme değerleri okunmuş, bu değerlerden en küçük olan 10 tanesi iptal edilip, kalan 10 değerlerin ortalaması alınmıştır. Her birim için Schmidt çekiçi sertlik belirleme yöntemi, aynı bölgeden alınan 4 kayaç bloğu üzerinde yapılmış ve toplam her birim için 80 geri tepme değeri ölçülmüştür. Aynı deney 3 kayaç kütlesi için yapıldıktan sonra bulunan bu değerlerin ortalaması alınmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 5.12'de verilmiştir.

Tablo 5.12 Melendiz bazaltı, Melendiz andeziti ve Üçkapılı granitoidine ait Schmidt çekici sertlik indeksi değerleri

Schmidt Çekici Sertlik İndeksi, SHV (L-tipi)					
Örnek	Deney Sayısı	Min.	Max.	Ortalama	S. Sapma
Melendiz Bazaltı	40	62	67	64,6	1,33
Melendiz Andeziti	40	58	66	62,0	2,37
Üçkapılı Granitoidi	40	56	65	62,1	2,15

Tablo 5.12’de ki Schmidt çekici sertlik indeksi verilerine göre, tüm kayaç birimlerinin ortalama geri tepme değerlerinin 60’ın üzerinde olduğundan, tüm birimler [106]’nın Schmidt çekici sertlik indeksi sınıflamasına göre “fevkalade sert kayaç” sınıfında oldukları belirlenmiştir (Tablo 5.13).

Tablo 5.13 Schmidt çekici geri tepme sayılarına göre kayaçların sınıflandırılması [106]

KAYAÇ SINIFI	SCHMİDT ÇEKİCİ GERİ DARBE SAYISI
Fevkalade Yumuşak	16-20
Çok Yumuşak Kayaç	20-24
Yumuşak Kayaç	24-30
Sert Kayaç	30-45
Çok Sert Kayaç	45-60
Fevkalade Sert Kayaç	>60

5.3.9 P-dalgası hızı

Jeolojik malzemelerin gerilme altındaki davranışları yükleme hızına bağlı olduğu için, dinamik yükler (gerilmeler) altındaki elastik özellikleri statik yükler altındaki elastik özelliklerden farklıdır.

P-dalga hızı, kayanın dayanım özelliklerine yaklaşım sağlanması açısından oldukça önemlidir. Ayrıca, kayanın ayrışma özelliklerinin belirlenmesi amacıyla da yaygın olarak kullanılmaktadır.

Deney, [91] tarafından önerilen yöntemler esas alınarak, 3 karot örneği üzerinde yapılmış ve elde edilen P-dalga hızları Tablo 5.14’de sunulmuştur.

Tablo 5.14 Melendiz bazaltı, Melendiz andeziti ve Üçkapılı granitoidine ait P-dalga hızı değerleri

P-Dalga Hızı Değerleri, V_p (km/sn)					
Örnek	Deney Sayısı	Min.	Max.	Ortalama	S. Sapma
Melendiz Bazaltı	3	4,99	5,37	5,23	0,21
Melendiz Andeziti	3	6,22	6,29	6,26	0,04
Üçkapılı Granitoidi	3	5,57	6,08	5,90	0,28

5.4 Agregata Özellikleri

Bu bölümde agregaların; agregata darbe dayanım, Los Angeles aşınma oranı, sodyum sülfat don testi, alkali-silis reaksiyonu testi, elek analizi ve XRD difraktogramları ile kumlardaki (Kızılırmak) mineral miktarlarını görmek için yapılan çalışmalar sunulmuştur.

5.4.1 Agregata darbe dayanım

Darbe dayanım katsayıları kayac birimlerinden elde edilen agregaların şok veya darbeye karşı göstermiş oldukları direncin bir göstergesi olarak tanımlanır [107]. Agregata darbe dayanımı deneyi de, agregaların mekanik özelliklerinin belirlenmesinde önemli bir yaklaşım sunması nedeniyle de, agregata araştırmalarında yaygın bir şekilde kullanılır.

Darbe dayanım katsayılarını belirleyebilmek için Protodyakonov tarafından geliştirilen ve [108] tarafından önerilen alet kullanılmıştır. Deney [109]'daki yöntemler esas alınarak, 3 örnek üzerinde yapılmıştır. Deneylerden elde edilen veriler ne kadar düşük ise, agregata o derece darbe ve şok etkilerine karşı dayanıklıdır.

Tablo 5.15 Melendiz bazaltı, Melendiz andeziti ve Üçkapılı granitoidine ait darbe dayanım değerleri

Agrega Darbe Dayanımı, ADD (%)					
Örnek	Deney Sayısı	Min.	Max.	Ortalama	S. Sapma
Melendiz Bazaltı	3	6,30	8,30	7,37	1,01
Melendiz Andeziti	3	16,6	21,6	19,1	2,50
Üçkapılı Granitoidi	3	22,7	25,1	24,0	1,22

Agregaların darbe dayanımı değerlerinin değişmesinde; mineral bileşimi, tane şekli, kayanın dokusal özellikleri ve ayrışma önemli etkiler yaratmaktadır.

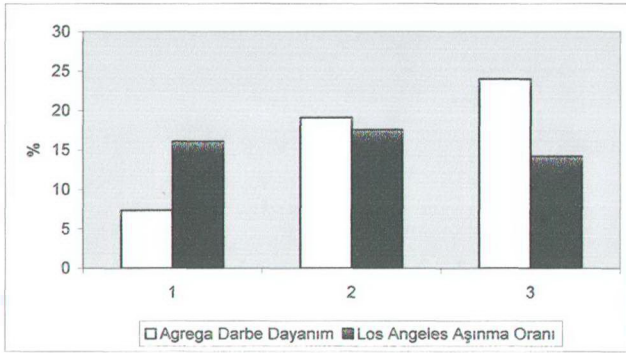
5.4.2 Los Angeles aşınma oranı

Los Angeles aşınma oranı, sınıflama göstergesi olarak yaygın bir şekilde kabul edilen, 100 ve 500 devirlik deneyler olarak, [110]'a göre yapılmıştır. Deneylerden elde edilen veriler Tablo 5.16'da sunulmuştur.

Tablo 5.16 Melendiz bazaltı, Melendiz andeziti ve Üçkapılı granitoidine ait Los Angeles aşınma oranları

Los Angeles Aşınma Oranı, K_{100} , K_{500} (%)			
Örnek	Deney Sayısı	K_{100}	K_{500}
Melendiz Bazaltı	1	6,28	16,06
Melendiz Andeziti	1	5,12	17,56
Üçkapılı Granitoidi	1	3,20	14,20

Sonuçlar [93]'e göre yorumlandığında, 100 devir sonunda % 10, 500 devir sonunda %50 değerinin altında olması gereken aşınma oranlarını, Melendiz bazaltı, Melendiz andeziti ve Üçkapılı granitoidinin sağladığı görülmektedir.



Şekil 5.6 Melendiz bazaltı, Melendiz andeziti ve Üçkapılı granitoidinin agrega darbe dayanımı ve Los Angeles aşınma oranı değerlerinin değişimi. (1- Melendiz bazaltı, 2- Melendiz andeziti, 3- Üçkapılı granitoidi)

5.4.3 Agregaların dona karşı dayanıklılığı

Agregalar üzerinde gerçekleştirilen don deneyleri [111]'de açıklanan yöntem esas alınarak, sodyum sülfat çözeltisiyle bir numune üzerinde yapılmıştır. Deney sonuçları 5.17'de sunulmuştur.

Tablo 5.17 Melendiz bazaltı, Melendiz andeziti ve Üçkapılı granitoidine ait sodyum sülfat don kayıpları

Sodyum Sülfat Don Kaybı, Na ₂ SO ₄ (%)					
Örnek	Deney Sayısı	40-20 mm	20-10 mm	10-5 mm	Ortalama
Melendiz Bazaltı	1	1,26	0,75	5,68	1,99
Melendiz Andeziti	1	2,81	9,07	3,10	4,74
Üçkapılı Granitoidi	1	2,95	3,50	3,62	3,24

Kayaç birimleri içerisinde dona dayanıklılık açısından en dayanıklı birimin % 1,99 ile Melendiz bazaltı, en dayanıksız birim ise % 4,74 ile Melendiz andezitidir. Bu değerlerin [93]'de belirtilen standartları karşıladığı görülmektedir (Tablo 5.18).

Tablo 5.18 Na₂SO₄ çözeltilisinde dona dayanıklılık deneyi sınır değerleri [93]

AGREGA SINIFI	[93]'DEKİ SINIR DEĞERLER (AĞIRLIKÇA)	
	Sodyum Sülfat Çözeltilisi	Magnezyum Sülfat Çözeltilisi
İnce Agregalar	15.0	22.0
İri Agregalar	18.0	27.0

5.4.4 Alkali-silis reaksiyonu

Alkali-silis reaksiyonu, agregalarda bulunabilen aktif silisin, çimentoda bulunan alkali maddeler Na₂O ve K₂O ile bir reaksiyon oluşturması ve bunun sonucunda genleşebilme kabiliyetine sahip bir jelin meydana gelmesidir. Bu jelin, su emdikçe hacminin daha çok artması nedeniyle, olayın daha belirgin ve zararlı olması kaçınılmaz olarak bilinmektedir [73].

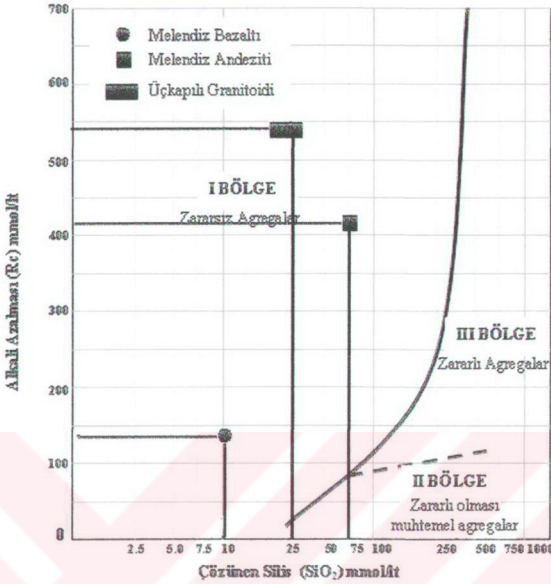
Reaksiyon sonucunda zamanla betonda çatlamlar oluşmaktadır. Bu çatlaklar betonda önemli oranda dayanım kaybı meydana getirmektedir. Beton içerisinde reaksiyon sonucu oluşan mikroçatlaklar zamanla büyüyerek betonun önemli bir kısmında etkili olabilmektedir [73], [89], [112].

Melendiz bazaltı, Melendiz andeziti ve Üçkapılı granitoidinin alkali-silis reaksiyonu [85]'de ki yöntemlere göre kimyasal olarak yapılmıştır. Deney sonuçları Tablo 5.19'da sunulmuştur.

Tablo 5.19 Melendiz bazaltı, Melendiz andeziti ve Üçkapılı granitoidine alkali-silis reaksiyonu değerleri

Alkali Silis Reaksiyonu, ASR (mmol/lt)		
Örnek	Çözünmüş Silis Oranı (Sc)	Alkali Azalması (Rc)
Melendiz Bazaltı	10,7	125
Melendiz Andeziti	77,6	417
Üçkapılı Granitoidi	27,3	540

Bulunan bu değerlerin Şekil 5.7'de ki zararsız agregalar sınıfında kaldığı görülmektedir.



Şekil 5.7 Melendiz bazaltı, Melendiz andeziti ve Üçkapılı granitoidine ait alkali azalması (Rc) ile çözülmüş silis oranı (Sc) değerleri [85]

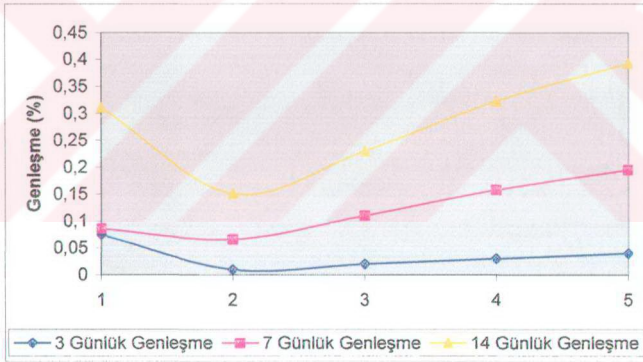
Kızılırmak (Nevşehir-Gülşehir) kumunun, CS A23.2-25A'ya göre "Alkali-Silis Reaksiyonu Yönünden Değerlendirilmesi" amacıyla deneyler yapılmıştır. Deneyler, 0-3 mm boyutundaki malzemede, 3 günlük, 7 günlük ve 14 günlük genleşmeler olarak yapılmış ve sonuçları Tablo 5.20'de sunulmuştur. Bu sonuçlara göre 3 günlük genleşmeler 0,010 ile 0,075, 7 günlük genleşmeler 0,011 ile 0,155, 14 günlük genleşmeler 0,085 ile 0,225 arasındadır [113]. Raporda kullanılabilirlik yorumunda; 14 günlük boyca genleşme limit değeri en çok % 0,150 olduğu için, test edilen bu malzeme uygulanan test metoduna göre; (CS A23.2-25A) alkali-silis reaksiyonu yönünden beton için zararlıdır. Bölgede oldukça yoğun olarak kullanılan bu malzemenin sakıncalı olmasından dolayı agreganın tamamını oluşturacak şekilde bu malzeme ile beton yapılmaması gerekmektedir. Yapılan deneysel verilerin değerlendirildiği bu raporda, önerilen ağırlıkça toplam agreganın maksimum kullanım yüzdesi 30 olarak önerilmiştir. Diğer kısım için (% 70) kesinlikle zararsız olduğu bilinen malzeme kullanılmalıdır. Bunun dışında, toplam alkalitesi % 0,6'dan düşük çimentolarda kullanımı tercih

edilmelidir. Ayrıca, ocak malzemesinin kesinlikle çok temiz bir şekilde yıkanarak kullanılması belirtilmiştir [113].

Tablo 5.20 Kızılırmak (Nevşehir-Gülşehir) kumuna ait 3, 7, 14 günlük boyca genişleme oranları [113]

Boyca Genişleme Oranı (%)					
Genişleme (gün)	Deney Sayısı	Min.	Max.	Ortalama	S. Sapma
3 günlük genişleme	5	0,010	0,075	0,035	0,025
7 günlük genişleme	5	0,011	0,155	0,088	0,057
14 günlük genişleme	5	0,085	0,225	0,158	0,056

Deney sonuçları Şekil 5.8’de ki grafik yardımıyla incelendiğinde taze betonda ki boyca genişmelerin az olduğu, süre uzadıkça yani beton sertleştikçe boyca genişlemenin arttığı anlaşılmaktadır. Bunun sonucunda betonda mikroçatlaklar oluşmakta ve betonun dayanımı düşmektedir.



Şekil 5.8 Kızılırmak (Nevşehir-Gülşehir) kumuna ait 3, 7 ve 14 günlük boyca genişleme değerleri [113]

5.4.5 Tane boyu analizi

Kızılırmak kumu (Nevşehir-Gülşehir) Niğde ve yörelerinde inşaat sektörüne yıkanarak sunulmaktadır. Kum numuneleri üzerinde uygulanan elek analizi deneyi [88]’e göre yapılmış, [93]’e göre yorumlanmıştır.

Deneyler sonucunda kumlardaki zararlı madde miktarları Tablo 5.21'de, analiz sonuçları da Tablo 5.22'de sunulmuştur.

Tablo 5.21 Kızılırmak (Nevşehir-Gölşehir) kumundaki zararlı madde miktarları

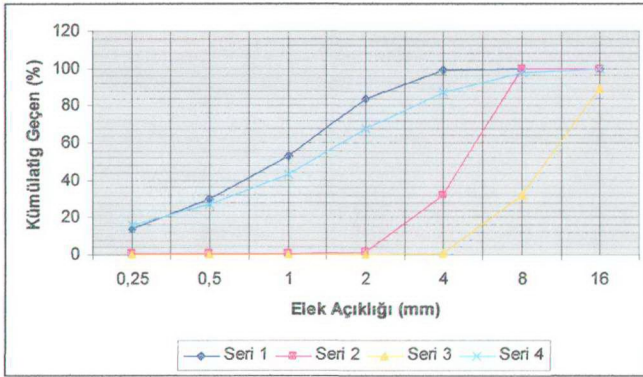
Numune No	İlk Ağırlık (gr)	Kuru Ağırlık (gr)	Fark	Zararlı Madde Oranı (%)
0,3	400	383,6	16,4	% 4,10
3	300	299,75	0,25	% 0,08
4	300	299,2	0,8	% 0,03
B.K.	400	366,8	33,2	% 8,30

Buradan görüldüğü gibi numune boyu küçüldükçe kumlardaki zararlı madde miktarı artmaktadır.

Tablo 5.22 Kızılırmak (Nevşehir-Gölşehir) kumunun elek analiz değerleri

Kızılırmak (Nevşehir-Gölşehir) Kumu Elek Analizi (%)					
Elek Açıklığı (mm)	Kümülatif (%) Geçen				
	0,3	3	4	B.K.	[93]
32	-	-	-	-	100
16	100	100	89	100	62-89
8	100	100	32	98	38-77
4	99	32	0,4	87	23-65
2	84	1,2	0,3	68	14-53
1	53	0,7	0,3	43	8-42
0,5	30	0,6	0,3	27	-
0,25	14	0,5	0,3	16	2-15

Kızılırmak (Nevşehir-Gölşehir) dere çököllerinin elek analizi granülometri eğrisi [93]'e uygun değıldir (Şekil 5.9).



Şekil 5.9 Kızılırmak (Nevşehir-Gülşehir) dere çökeltilerinin granülometri eğrisi

Örneklerin elek analiz sonuçlarına göre tane boyları (Mz), boylanmaları (D), çarpıklıkları (S) ve kurtosis-tepelenmeleri hesaplanmıştır (Tablo 5.23).

Tablo 5.23 Kızılırmak (Nevşehir-Gülşehir) kumunun tane boyu, boylanma, çarpıklık ve kurtosis-tepelenme parametreleri

SINIFLAMA	0,3	3	4	B.K.
Grafik Ort. Tane Boyu (Mz)	0,32	-2,20	-3,29	-0,03
Boylanma (D)	-1,38	-0,53	-6,37	-1,77
Çarpıklık (S)	0,43	-1,73	-1,89	0,36
Kurtosis-Tepelenme (K)	0,94	0,88	0,94	0,92

Bu sonuçlara göre örneklerinden 3 ve 4 nolu örneklerin çakıl, B.K. nolu örneğin “çok kabak kum”, 0,3 nolu örneğin “kaba kum”; tüm örneklerin çok iyi boylanmış; 3 ve 4 nolu örneklerin kuvvetli negatif çarpık, 0,3 ve B.K. nolu örneklerin kuvvetli pozitif çarpık; 0,3, 4 ve B.K. nolu örneklerin mezokurtik, 3 nolu örneğin ise platikurtik oldukları görülmektedir [114].

5.4.6 X-Ray difraktogramları

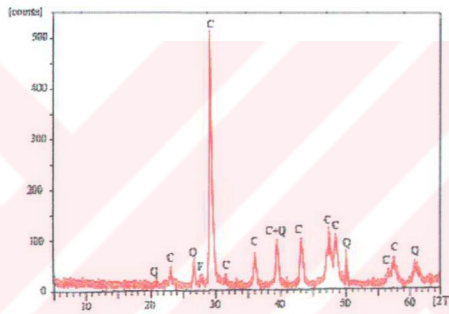
Kızılırmak (Nevşehir-Gülşehir) kumlarının polarizan mikroskop altında yapılan incelemeleri neticesinde belirlenen minerallerin göreceli miktarlarını belirlemek amacıyla XRD incelemesi metodu kullanılmıştır.

Belirli elek aralıklarında kalan numunelerden, çeyrekleme yöntemiyle, numuneyi temsil edecek şekilde örnekleme yapılmış ve toz halinde kalan öğütüldükten sonra XRD analizi uygulanmıştır. Bu çalışmaya göre belirlenen mineraller Tablo

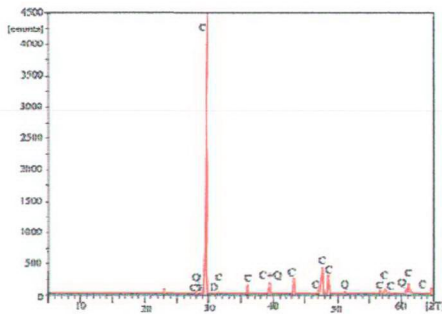
5.24'de sunulmuştur. Numunelerin X-Ray difraktogramları Şekil 5.10, 5.11, 5.12 ve 5.13'de gösterilmektedir.

Tablo 5.24 Kızılırmak (Nevşehir-Gölşehir) kumlarının XRD analizleri sonucunda belirlenen mineraller

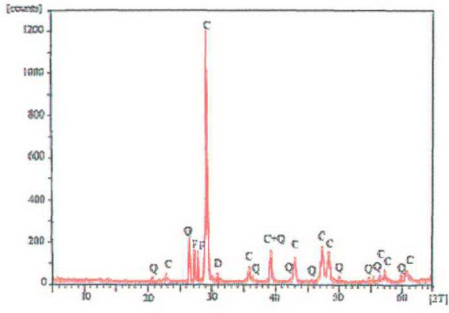
Numune No	Tespit Edilen Mineraller
0,3	Kalsit, Kuvars, Feldspat
3	Kalsit, Kuvars, Feldspat, Dolomit
4	Kalsit, Kuvars, Feldspat, Dolomit
B.K.	Kalsit, Kuvars, Feldspat



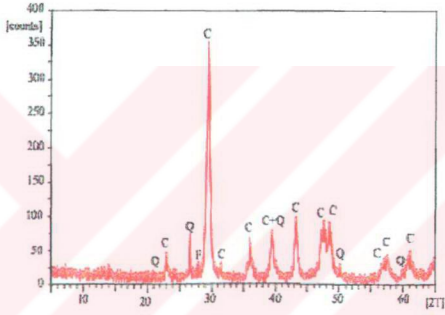
Şekil 5.10 0.3 nolu örneğin X-Ray difraktogramı



Şekil 5.11 3 nolu örneğin X-Ray difraktogramı



Şekil 5.12 4 nolu örneğin X-Ray difraktogramı



Şekil 5.13 B.K. nolu örneğin X-Ray difraktogramı

BÖLÜM VI

DENEYSEL VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Bu bölümde Melendiz bazaltı, Melendiz andeziti, Üçkapılı granitoidi üzerinde yapılan deneysel çalışmalar değerlendirilmiştir.

6.1 Birimlerin Agregata Olarak Değerlendirilmesi

Agregata darbe dayanımı (ADD) deneyi sonuçları göre Melendiz bazaltlarında düşük olup, Melendiz andeziti ve Üçkapılı granitoidinde % 16,1-24,0 arasındadır. Agregata darbe dayanım değerinin düşük olması, agreganın darbe ve şok etkilerine karşı yüksek dayanım gösterdiğinin bir ölçüsüdür. Beton ve yol agregası olarak kullanılacak malzemelerin agregata darbe dayanım değeri için, [115] de trafiğin yoğun alanlarda kullanılan beton döşemeleri için en fazla % 25, kaldırımda veya asfalt aşınma tabakasında kullanılacak agregalar için en fazla % 30, diğer beton türleri için ise en fazla % 50 olması gerekmektedir. Melendiz bazaltı, Melendiz Andeziti ve Üçkapılı granitoidi kullanım amaçlarına göre, standartlarda belirtilen değerleri sağladıklarından, yukarıda belirtilen bütün alanlarda kullanılabilir ölçüdedir.

Los Angeles aletiyle yapılan aşınma deneyinde, Melendiz bazaltlarında % 16.06, Melendiz andezitinde % 17.56, Üçkapılı granitoidinde % 14,20 değerleri bulunmuştur. Birimlerden aşınmaya karşı en yüksek direnç Üçkapılı granitoidinde, en düşük direnç ise Melendiz andezitlerinde görülmüştür. [110]'a göre, nitelikli agregaların, 500 devirlik aşınma kaybının maksimum % 45 olması gerekmektedir. Yol ve asfalt kaplamalarında kullanılacak agregaların; granüler temel ve çimento karışımı temel için % 40, asfalt aşınma tabakası için % 35 ve diğer beton türleri için % 40'dan düşük olması gerekmektedir. [93]'de, 100 devir sonunda % 10, 500 devir sonunda % 50 aşınma kaybı olması haline agregaların aşınmaya karşı yeterli olduğu kabul edilmektedir. Melendiz bazaltı, Melendiz andeziti ve Üçkapılı granitoidinden elde edilecek agregaların, aşınmaya karşı oldukça dirençli olup, yukarıda verilen kullanım amaçları ve standart değerlendirmeler ölçüsünde bütün alanlarda kullanılabilir ölçüdedir.

Melendiz bazaltı, Melendiz Andeziti ve Üçkapılı granitoidinin, sodyum sülfat don kayıpları oldukça düşük olup, % 4,74'le en yüksek değer Melendiz andezitlerinde, % 1,99 ile en düşük değer Melendiz Bazaltlarında görülmektedir. [110]'da yer alan limitlere göre, don kayıpları, ince agrega için % 10, iri agrega için % 12'den az olmalıdır. [93]'e göre, ince agrega için ağırlıkça kayıp maksimum % 15, iri agrega için % 18'den az olması gerekmektedir. Bu standartlara göre Melendiz bazaltı, Melendiz andeziti ve Üçkapılı granitoidinin dona karşı dayanımları oldukça yüksektir.

Kimyasal yolla yapılan alkali-silis reaksiyonu deneyi sonucu Melendiz bazaltı, Melendiz andeziti ve Üçkapılı granitoidi [85]'e göre, Alkali-Silis Reaksiyonu (ASR) bakımından zararsız agregalar sınıfında yer almaktadır. Kızılırmak (Nevşehir-Gülşehir) kumunda yapılan boyca genişleme deneyinde, 14 günlük genişleme miktarının ortalama % 0,158 olup, CS A23.2-25A'ye göre (< 0,150) gerekli şartı sağlamadığından zararlı agrega sınıfına girmektedir.

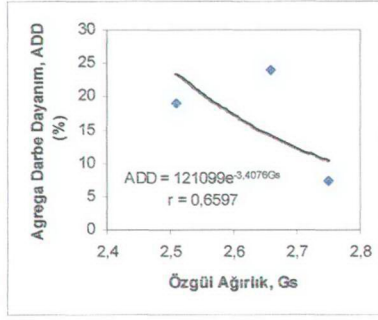
Kızılırmak (Nevşehir-Gülşehir) kumunda yapılan tane boyu analizi, [93]'de belirtilen granülometri değerlerini sağlamamaktadır.

6.2 Birimlerin Jeomekanik Özellikleri İle Agregata Özellikleri Arasındaki İlişkiler

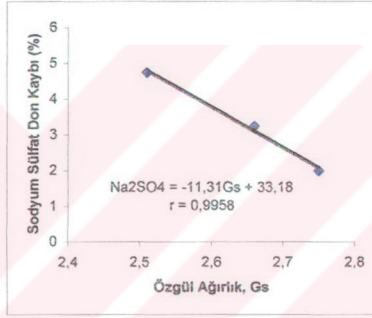
Melendiz bazaltı, Melendiz andeziti ve Üçkapılı granitoidinin agrega olma özellikleri ile jeomekanik özellikleri arasındaki bağıntılar istatistiksel olarak belirlenmiş ve bu ilişkilere ait korelasyon katsayıları Tablo 6.1'de sunulmuştur.

Tablo 6.1 Birimlerin agrega olma özellikleri ile jeomekanik özellikleri arasındaki ilişkilere ait korelasyon katsayıları

Örnek	ADD	K ₁₀₀	K ₅₀₀	Na ₂ SO ₄
Gs	0,6597	0,2364	0,5688	0,9958
γ_d	0,7922	0,4192	0,3997	0,9946
γ_s	0,2569	0,2889	0,9073	0,8122
w _a	0,6386	0,9046	0,9197	0,1296
n _c	0,6823	0,9024	0,9217	0,1158
σ_c	0,9999	0,9400	0,4713	0,6358
I _{s(50)}	0,9034	0,9976	0,7144	0,3497
SHV	0,9477	0,7654	0,0283	0,8566
V _p	0,8007	0,5262	0,2857	0,9749

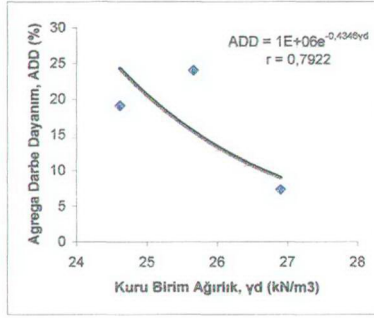


Şekil 6.1a Özgül ağırlık ile agrega darbe dayanım arasındaki ilişki

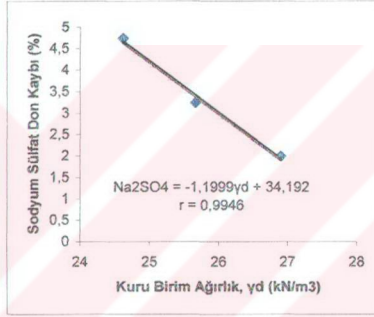


Şekil 6.1b Özgül ağırlık ile sodyum sülfat don kaybı arasındaki ilişki

Özgül ağırlık ile agrega darbe dayanım ve sodyum sülfat don kaybı arasındaki ilişkiler incelenmiştir (Şekil 6.1). Buna göre özgül ağırlıkla agrega darbe dayanımı arasında korelasyon katsayısı $r=0,6597$ olan tüssel bir ilişki bulunmuştur. Bu ilişkiye göre özgül ağırlığı en yüksek olan Melendiz bazaltlarının darbe dayanımı çok yüksektir. Sodyum sülfat don kaybı ile özgül ağırlık arasındaki ilişkide, özgül ağırlık büyüdükçe don kaybının azaldığı anlaşılmaktadır (Şekil 6.1).

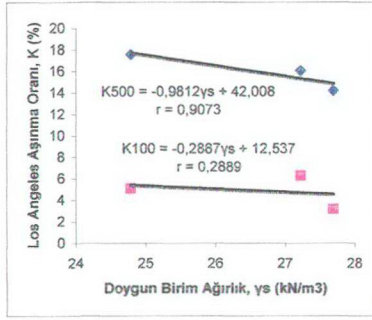


Şekil 6.2a Kuru birim ağırlık ile agrega darbe dayanım arasındaki ilişki

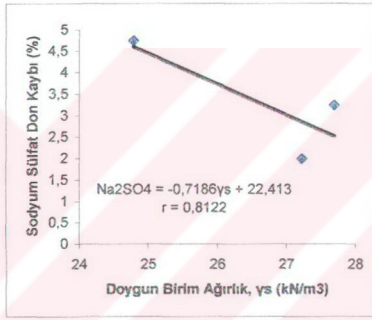


Şekil 6.2b Kuru birim ağırlık ile sodyum sülfat don kaybı arasındaki ilişki

Şekil 6.2'de kuru birim ağırlıkla agrega darbe dayanım ve sodyum sülfat don kaybı arasındaki ilişkiler korele edilmiştir. Agrega darbe dayanım ile kuru birim ağırlık arasında, katsayısı $r=0,7622$ olan üstel bir ilişki bulunmuştur. Kuru birim ağırlığı yüksek olan kayaçların darbelere karşı daha dayanıklı olduğu anlaşılmaktadır. Sodyum sülfat don kaybı ile kuru birim ağırlık arasındaki ilişkilere bakıldığında, kuru birim ağırlığın artmasıyla kayaçların don kaybının azaldığı görülmektedir (Şekil 6.2).

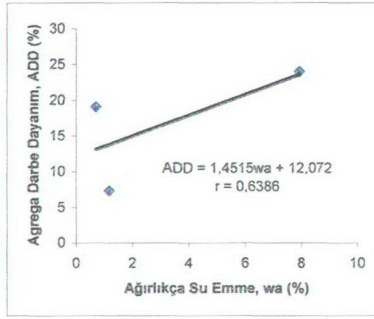


Şekil 6.3a Doygun birim ağırlık-Los Angeles aşınma oranı arasındaki ilişki

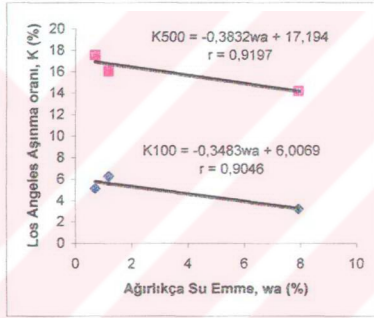


Şekil 6.3b Doygun birim ağırlık-sodyum sülfat don kaybı arasındaki ilişki

Doygun birim ağırlık ile Los Angeles aşınma oranı arasında yapılan korelasyonda, 500 devir için $r=0,9073$ ve 100 devir için $r=0,2889$ katsayıları bulunmuştur (Şekil 6.3a). 500 devirlik Los Angeles aşınma oranı ile doymuş birim ağırlık arasında yapılan korelasyona göre, doymuş birim ağırlığı artan kayaların aşınmaya karşı dayanıklılığının arttığı anlaşılmaktadır.

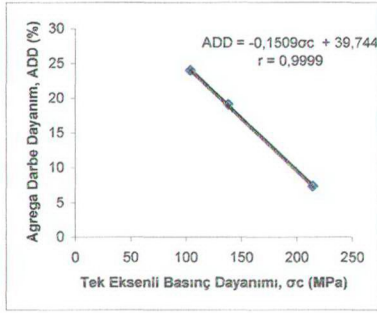


Şekil 6.4a Ağırlıkça su emme değerleri ile agrega darbe dayanım arasındaki ilişki

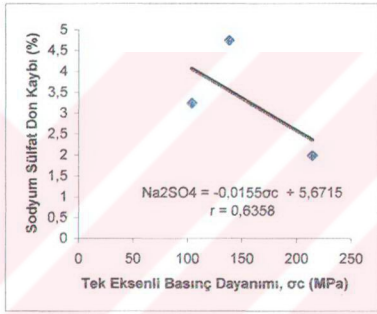


Şekil 6.4b Ağırlıkça su emme değerleri ile Los Angeles aşınma oranı arasındaki ilişki

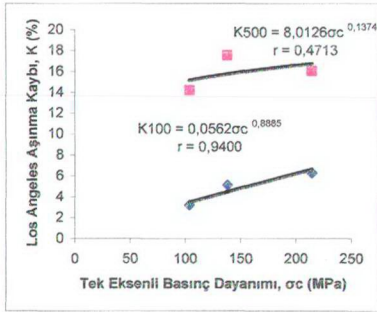
Ağırlıkça su emme değeri ile agrega darbe dayanım değerleri arasında yapılan korelasyonda, katsayısı $r=0,6386$ olan doğrusal bir ilişki bulunmuştur (Şekil 6.4a). Bu ilişkiye göre kayaların su emme oranı arttıkça darbelere karşı dayanımları düşmektedir. Los Angeles aşınma oranıyla ağırlıkça su emme oranlarının korelasyonunda da 500 devir için $r=0,9197$ ve 100 devir için $r=0,9046$ katsayılarına sahip doğrusal ilişkiler belirlenmiştir (Şekil 6.4b).



Şekil 6.5a Tek eksenli basınç dayanımı-agrega darbe dayanım arasındaki ilişki

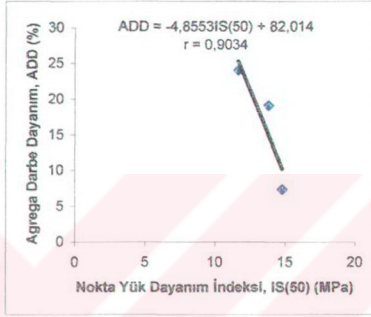


Şekil 6.5b Tek eksenli basınç dayanımı-sodyum sülfat don kaybı arasındaki ilişki



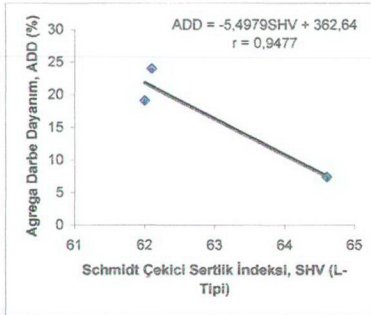
Şekil 6.5c Tek eksenli basınç dayanımı-Los Angeles aşınma oranı arasındaki ilişki

Tek eksenli basınç direnci ile agrega darbe dayanım değerleri arasında yapılan korelasyona göre, bu iki değer arasında katsayısı $r=0,9999$ olan doğrusal bir ilişki bulunmuştur (Şekil 6.5a). Bu ilişkiye göre tek eksenli basınç direnci yüksek olan kayaların darbe dayanım değerleri de yüksek seviyededir. Sodyum sülfat don kaybı ile tek eksenli basınç dayanımı arasında da benzer bir ilişki görülmektedir (Şekil 6.5b). Tek eksenli basınç direncinin yüksek olduğu birimlerde de sodyum sülfat çözeltisi içindeki don kayıpları da azalmaktadır.

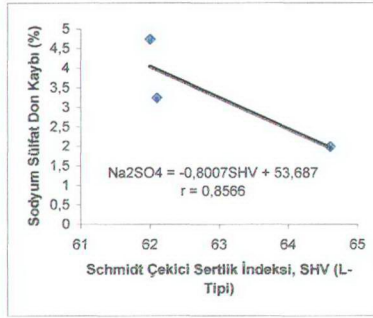


Şekil 6.6 Nokta yük dayanım indeksi ile agrega darbe dayanım oranı arasındaki ilişki

Nokta yük dayanım indeksi ile agrega darbe dayanım oranı arasında, korelasyon katsayısı $r=0,9034$ olan doğrusal bir ilişki belirlenmiştir (Şekil 6.6). Bu ilişkiye göre nokta yük dayanım indeksi arttıkça agregalardaki darbeye karşı olan mukavemet artmaktadır.

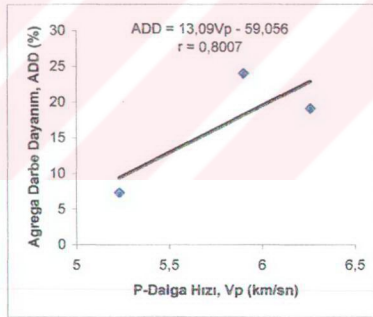


Şekil 6.7a Schmidt çekici sertlik indeksi-agrega darbe dayanım arasındaki ilişki

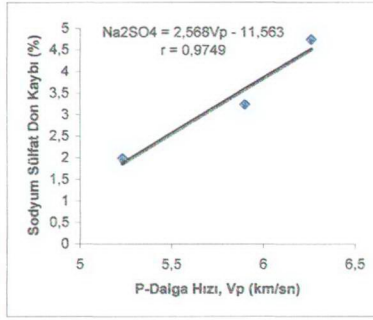


Şekil 6.7b Schmidt çekici sertlik indeksi-sodyum sülfat don kaybı arasındaki ilişki

Schmidt çekici sertlik indeksi ile agrega darbe dayanımı arasında katsayısı $r=0,9477$ olan doğrusal bir ilişki bulunmuştur (Şekil 6.7a). Bu ilişkiye göre Schmidt çekici sertlik indeksinin artmasıyla doğru orantılı olarak, agregalardaki darbelere karşı dayanma gücünde artmaktadır. Sodyum sülfat don kaybı ile Schmidt çekici sertlik indeksi arasında benzer bir ilişki görülmektedir (Şekil 6.7b).



Şekil 6.8a P-dalga hızı değerleri ile agrega darbe dayanım oranı arasındaki ilişki



Şekil 6.8b P-dalga hızı değerleri ile sodyum sülfat don kaybı arasındaki ilişki

P-dalga hızı ile agrega darbe dayanımı ve sodyum sülfat don kaybı incelenmiştir. Bu inceleme sonucu korelasyon katsayıları agrega darbe dayanımında $r=0,8007$, sodyum sülfat don kaybında $r=0,9749$ olarak bulunmuştur (Şekil 6.8). P-dalga hızı azaldıkça agregalarda, agrega darbe dayanım oranı ile sodyum sülfat don kaybı değerleri düşmektedir.

BÖLÜM VII

SONUÇLAR

Bu çalışmayla Niğde bölgesinde Karaman J₁₈, Kozan İ₁₉ paftaları içerisinde kalan Melendiz bazaltları, Üçkapılı granitoidi (Granit), Melendiz andezitleri ve Niğde bölgesinde kullanılan Kızılırmak (Nevşehir-Gülşehir) kumunun mineralojik-petrografik özellikleri ile mühendislik özellikleri saptanmıştır. Bu çalışmaların sonuçları;

Mineralojik-Petrografik ve Alkali Silis Reaktivitesine Göre

-Mineralojik ve petrografik açıdan kayaç birimlerinde beton agregası olarak kullanmayı engelleyici pas yapıcı, örneğin pirit gibi cevher minerallerine rastlanmamıştır. Ancak kum örneklerinde kuvars miktarının az olması ve çoğunlukla altere olmuş kayaç parçaları ile mafik minerallerle, karbonatik malzemenin fazla olması agreganın kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir.

- İnce kesitlerde; Melendiz bazaltlarında % 55 plajiyoklaz feldspat, % 15 piroksen, % 15 olivin, % 5 kuvars, % 3 ikincil mineral; Melendiz andezitlerinde % 60 plajiyoklaz feldspat, % 5-10 piroksen, % 5-10 kuvars, % 5-10 olivin, % 5 ikincil mineral; Üçkapılı granitoidlerinde % 55-60 kuvars, % 5-10 biyotit, % 10-15 plajiyoklaz feldspat, % 5-10 mikrolin, % 5 alkali feldspat, % 5 ikincil minerallerin varlığı tespit edilmiştir. Ayrıca Melendiz bazaltlarının plajiyoklaz feldspat minerallerinde trakitik ve pilotaksitik doku, olivin ve piroksen minerallerinde glomerofirik doku ile genel olarak veziküler doku; Melendiz andezitlerinde kuvars minerallerinde yenme (kemirime) dokusu, sanidin kristalinin etrafında olivin ve piroksen minerallerinin oluşturduğu poyklitik doku; Üçkapılı granitoidinin kuvars kristallerinde mirmekitik zonlanma, allotriyomorf doku, mikrolin minerallerinde kafes dokusu, biyotitlerde hipidiyomorf doku, plajiyoklaz feldspatlarda idiyomorf doku, alkali feldspatlarda allotriyomorf dokusu gözlenmektedir.

-Kumların gerek mikroskop, gerekse XRD incelemelerinde ağırlıklı olarak karbonat (kalsit, dolomit) içerikli malzemelerden oluşmuş oldukları, çok az miktarda da kuvars ve feldspat içerdikleri belirlenmiştir.

- Jeokimyasal özellikleri ve alkali silis reaktivitesi açısından; Melendiz bazaltları çözülmüş silis konsantrasyonu (Sc) 10,7 mmol/lit, alkali azalması (Rc)'nin 125 mmol/lit değerleri ile zararsız agrega sınıfında, Melendiz andezitleri çözülmüş silis konsantrasyonu (Sc) 77,6 mmol/lit, alkali azalması (Rc) 417 mmol/lit değerleri ile zararsız agrega sınıfında, Üçkapılı granitoidleri çözülmüş silis konsantrasyonu (Sc) 27-30 mmol/lit, alkali azalması (Rc) 540 mmol/lit değerleri ile zararsız agrega sınıfında yer almaktadırlar. Bu kaya birimlerinden elde edilen agregaların kullanılmalarında Alkali-Silis Reaktivitesi bakımından bir sakınca bulunmadığı ortaya çıkmıştır.

-Melendiz bazaltlarının orta potasyumlu bir magmadan, Melendiz andezitlerinin orta-yüksek potasyumlu bir magmadan oluştukları belirlenmiştir.

- Kızılırmak (Nevşehir-Gülşehir) kumunun, CS A23.2-25A'ya göre "Alkali-Silis Reaksiyonu Yönünden Değerlendirilmesi" amacıyla yapılan deneylere göre 0-3 mm boyutundaki malzemenin, 3 günlük genleşmelerinin 0,010 ile 0,075, 7 günlük genleşmelerinin 0,011 ile 0,155 ve 14 günlük genleşmelerinin 0,085 ile 0,225 arasında olduğundan; deney standardına göre alkali-silis yönünden beton için zararlı olduğu anlaşılmıştır.

Fiziksel Özelliklerine Göre;

- Kum örneklerinden yapılan istatistik çalışmasında 7,5 cm'den büyük çakıl miktarının, toplam malzemenin % 18-21'ini oluşturduğu,

- Kum örneklerinde yapılan tane boyu dağılım analizi sonuçlarının gerekli şartı sağlamadığı, elenerek tane boylarına ayrılmaları gerektiği,

- Özgül ağırlığın Melendiz bazaltlarında 2,75, Melendiz andezitlerinde, Üçkapılı granitoidinde olduğu ortaya çıkmıştır. [92] ve [93]'e göre yapı malzemesi olarak değerlendirilecek kayaların özgül ağırlığının 2,55'den büyük olması gerekmektedir. Bu standartları Melendiz andezitinin sağlayamadığı görülmüştür.

- Kuru birim ağırlık değerlerinin Melendiz bazaltlarında 26,90 kN/m³, Melendiz andezitlerinde 24,62 kN/m³ ve Üçkapılı granitoidlerinde 25,66 kN/m³ olarak bulunmuştur.

- Doygun birim ağırlık değerlerinin Melendiz bazaltlarında $27,22 \text{ kN/m}^3$, Melendiz andezitlerinde $24,79 \text{ kN/m}^3$ ve Üçkapılı granitoidlerinde $29,69 \text{ kN/m}^3$ olarak bulunmuştur.

- Ağırlıkça su emme değerleri Melendiz bazaltlarında % 1,18, Melendiz andezitinde % 0,71 ve Üçkapılı granitoidinde % 7,93 olarak bulunmuştur. [92] ve [94]'e göre birimlerin ağırlıkça su emme limitleri % 1,8 olmalıdır. Bu limit değeri Üçkapılı granitoidinin sağlamadığı belirlenmiştir.

- Melendiz bazaltının efektif porozitesi % 1,17, Melendiz andezitinin efektif porozitesi % 0,70 ve Üçkapılı granitoidinin efektif porozitesi % 7,34 olarak belirlenmiştir. [99]'ün yaptığı sınıflamaya göre Melendiz bazaltları "az boşluklu", Melendiz andeziti "çok kompakt", Üçkapılı granitoidi ise "çok boşluklu" kayaç sınıfında yer almaktadır.

- Tek eksenli basınç dayanımı değerleri, Melendiz bazaltlarında 214,3 MPa, Melendiz andezitinde 137,9 MPa ve Üçkapılı granitoidinde 103,7 MPa olarak bulunmuştur. [100]'ün tek eksenli basınç dayanımı sınıflandırmasına göre, Melendiz bazaltı "çok yüksek dirençli kayaç", Melendiz andeziti ile Üçkapılı granitoidi "yüksek dirençli kayaç" özelliklerindedir.

- Nokta yük dayanım indeksi Melendiz bazaltlarında 14,79 MPa, Melendiz andezitinde 13,81 MPa, Üçkapılı granitoidinde 11,68 MPa olarak bulunmuştur. [104]'ün nokta yük direncine göre sınıflandırmasında tüm kayaç birimlerinin "çok yüksek dirençli kayaç" sınıfında oldukları görülmüştür.

- Schmidt çekici sertlik değerleri Melendiz bazaltlarında 64,6, Melendiz andezitlerinde 62,0, Üçkapılı granitoidlerinde 62,1 olarak ölçülmüştür. [106]'nın Schmidt çekici sertlik indeksi sınıflamasına göre tüm birimler "fevkalade sert kayaç" sınıfındadır.

- P-dalga hızı Melendiz bazaltlarında 5,23 km/sn, Melendiz andezitlerinde 6,26 km/sn, Üçkapılı granitoidinde 5,90 km/sn olarak tespit edilmiştir.

- Agregada darbe dayanım değerleri, Melendiz bazaltlarında % 7,37, Melendiz andezitlerinde % 19,1, Üçkapılı granitoidlerinde % 24,0 olarak bulunmuştur.

- Los Angeles aşınma oranı, Melendiz bazaltlarında % 16,06, Melendiz andezitinde % 17,56 ve Üçkapılı granitoidinde % 14,20 olarak elde edilmiştir. Sonuçların [93]'deki standartları sağladığı görülmüştür.

- Agregaların don kaybı deneyi sodyum sülfat çözeltisi ile yapılmıştır. Bu deneye göre Melendiz bazaltlarında ki kayıp % 1,99, Melendiz andezitindeki kayıp % 4,74 ve Üçkapılı granitoidindeki kayıp % 3,24 olarak gözlenmiştir. [93]'deki değerleri sağlayan kayaçlar içinde en dayanıklı birim Melendiz bazaltıdır.

- Sonuç olarak Niğde ve yörelerinde inşaat kumu (agregası) olarak pazarlanan ve kullanılan kumların ileri derecede altere olmuş, çoğunluğu mafik (yeşil) mineraller ile metamorfik kayaç parçalarından oluştuğu, kuvars miktarının da oldukça az olduğu belirlenmiştir. Kaliteli beton agregası olarak, Niğde bölgesinde çok yaygın olarak bulunan bazalt, andezit ile granitoidden kırılarak elde edilen agreganın kullanılması önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Tchihatcheff, P., (1867), "Asie Mineure IV", Geologie, I, 490, 552s. Paris
- [2] Schaffer, E. X., (1903), "Cicilia ", Peterm. Mitteilgh. Erganzgsh., 151s.
- [3] Blumenthal, M.N., (1941), "Niğde ve Adana Vilayetleri Dahilindeki Torosların Jeolojisine Umumi Bir Bakış", M.T.A. Yayınları, Seri:B, No:6, 8-16s. Ankara
- [4] Tromp, S. W., (1942), "Niğde-İncesu-Kızılırmak ve Tuzgözü Sahaları Arasının Jeolojik Etüdü", M.T.A. Rapor No: 1456, Ankara
- [5] Blumenthal, M.N., (1952), "Toroslarda Yüksek Aladağ Silsilesinin Coğrafyası Stratigrafisi ve Tektoniği Hakkında Yeni Etütler", M.T.A. Yayınları, Seri D, No:6, Ankara
- [6] Okay, A. C., (1957), "Kayseri, Niğde ve Tuzgözü Arasındaki Bölgenin Jeolojisi", M.T.A. Raporları, Rapor No: 2252, Ankara
- [7] Okay, A. C., (1955), "Niğde-Çamardı (Maden) ve Ulukışla Arasındaki Bölgenin Jeolojisi", M.T.A. Raporları, Rapor No:2381, 17-20s. Ankara
- [8] Metz, K., (1956), "Aladağ ve Karanfıldağının Yapısı ve Bulguların Klikeya Torosunu Temsil Edilen Batı Kenarları Hakkında Malumat Hulusu İçin Yapılan Jeolojik Etüt", M.T.A. Dergisi, No:48, Ankara
- [9] Abdüsselamoğlu, S., (1962), "Kayseri Adana Arasındaki Doğu Toroslar Bölgesinin Jeolojisi Hakkında Rapor", M.T.A. Yayınları Derleme Raporu No: 3264, 3-8s. Ankara
- [10] Beekman,P.H., (1966), "The Pliocene and Quaternary Volkanism in The Hasandağı-Melendizdağı Region", M.T.A. Bull.66, 99-106p. Ankara

- [11] Kleyn, Van Der P. H., (1968), "Recommandation in the Niğde-Çamardı Massif", M.T.A. Raporları, Rapor No: 4345, Ankara (yayımlanmamış)
- [12] Kleyn, Van Der P. H., (1970), "Recommandation of Exploration for Mineralizations in the SW Part of The Niğde-Çamardı Massif", M.T.A. Raporu, Rapor No:4345, Ankara
- [13] Kleyn, Van Der P. H., (1971), "Geologie Reconnaissance Mapping in The Aladağlar", MTA Rap. (M. Etüt Rap.)
- [14] Oktay, F. Y., (1973), "Sedimentary and Tectonic History of The Ulukışla Area, Southern Turkey", Doktora Tezi, University of London, 414s. (yayımlanmamış)
- [15] Yoldaş, R., (1973), "Niğde-Ulukışla Bitümlü Şist Alanının Jeolojisi ve Ekonomik Olanakları", M.T.A. Raporları, Rapor No: 5050, Ankara (yayımlanmamış)
- [16] Arpat, E., ve Şaroğlu, F., (1975), "Türkiye'deki Bazı Genç Tektonik Olaylar", TJK Bülteni, No: 18, 91-101s. Ankara
- [17] Özgül, N., (1976), "Torosların Bazı Temel Özellikleri", TJK Bülteni, Cilt:19, 65-75s. Ankara
- [18] Gönçüoğlu, M.C., (1977), "Niğde Masifinin Jeolojisi", M.T.A. Yayınları, Derleme Raporu No: 7856, 7-80s. Ankara
- [19] Batum, İ., (1978), "Nevşehir Güney Batısındaki Göllüdağ ve Acıgöl Volkanitlerinin Jeokimyası ve Petrolojisi", Yerbilimleri Dergisi, Cilt 4, Sayı:1-2, 70-78s. Ankara
- [20] Batum, İ., (1978), "Nevşehir Güney Batısındaki Göllüdağ ve Acıgöl Volkanitlerinin Jeoloji ve Petrografisi", Yerbilimleri Dergisi, Cilt 4, Sayı:1-2, 50-59s. Ankara
- [21] Yetiş, C., (1978), "Çamardı Yöresinin Stratigrafi Çalışmaları", İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 91-93s. İstanbul
- [22] Özgüneyli, A., (1978), "Niğde Çamardı Kristalin Masifinin Genel Prospeksiyon Çalışması", MTA. Raporları, Rapor No: 6851, Ankara (yayımlanmamış).

- [23] Çalapkulu, F., (1980), "Horoz Granitoidinin Jeolojik İncelemesi", TJK Bülteni, C:23, 59-81s. Ankara
- [24] Tekeli, O., (1980), "Toroslarda Aladağların Yapısal Evrimi", TJK Bülteni, Sayı:23, 11-14s. Ankara
- [25] Tekeli, O; Erler, A; (1980), "Aladağ Ofiyolit Dizisindeki Diyabaz Dayklarının Kökeni", TJK Bülteni, Cilt: 23, 59-68s. Ankara
- [26] Göncüoğlu, M. C., (1982), "Niğde Masifi Paragnayslarında Zirkon U/Pb Yaşları", TJK Bülteni, C:25, S:1, 61-66s. Ankara
- [27] Oktay, F. Y., (1982), "Ulukışla ve Çevresinin Stratigrafisi ve Jeolojik Evrimi", TJK Bülteni, C:25, 15-24s. Ankara
- [28] Göncüoğlu, M.C., (1985), "Niğde Masifi Batı Yarisının Jeolojisi" M.T.A. Raporları, Rapor No:1858, 48, 50-55, 58-61s. Ankara
- [29] Demirtaşlı, E., Turan, N., Bilgin, A. Z., (1986), "Bolkardağları İle Ereğli-Ulukışla Havzasının Genel Jeolojisi", M.T.A. Raporları, Rapor No: 8097, 8-14, 51-59, 113-119, 123-129s. Ankara
- [30] Çevikbaş, A., (1990), "Ulukışla-Çamardı (Niğde) Tersiyer Havzasının Jeodinamik Evrimi ve Maden Yatakları Yönünden Önemi", Doktora Tezi, İ.Ü.Müh. Fak. Jeoloji Müh. Bölümü, 235 s. (yayımlanmamış), İstanbul.
- [31] Yalçın, M.G., (1995), "Gümüşler (Niğde) Bölgesi Polimetalik Antimuan-Cıva Cevherleşmesinin Mineralojisi ve Jeolojisi", Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, Adana
- [32] Çopuroğlu, İ., Ağadayı, R., (1997), "Niğde Yöresi Perlit Yatakları", Niğde Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi, Niğde
- [33] Keskin Ş., (1998), "Ecemiş Fay Kuşağı Bloğundaki Çamardı ve Çanaktepe Formasyonlarının Sedimantolojik Özellikleri", İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul

- [34] Şatır, D., (1997), “Elekgöltü-Demirkazık Köyleri Arasında Kalan Bölgenin Jeolojik İncelemesi”, Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Niğde
- [35] Korkanç, M., (1998), “Ecemiş Koridoru ve Eynelli Bademdere (Çamardı-Niğde) Yöresinin Sedimantolojik ve Tektonik Özellikleri”, Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Niğde
- [36] Çopuroğlu, İ., Söylemezoğlu, S., (1999), “Niğde Yöresi Pomza Yatakları”, I. Pomza Sempozyumu, 173-178s. Isparta
- [37] Erdoğan, M., Eren, R. H., Oktay, F. H., (1999), “Silivri Çevresindeki Ergene Formasyonunun Agregat Potansiyeli ve Özellikleri”, 2. Ulusal Kırmataş Sempozyumu, 113-129s. Ankara
- [38] Özpınar, Y., Bozkurt, R., Çobanoğlu, İ., Küçük, B., (1999), “Uşak ve Sandıklı Civarındaki “Küfeği Taşları”nın (Aglomera ve Tüf) Petrografik ve Petrokimyasal İncelenmesi, Bunların Yapıtışı-Agregat Olarak Değerlendirilmesi”, 2. Ulusal Kırmataş Sempozyumu, 99-110s. Ankara
- [39] 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 Yüksek Lisans Tezi, Niğde
- [40] Halili, A., Gözübol, A.M., (1999), “Hereke Formasyonunun (Gebze Kireçtaşı) Kırmataş Özelliği ve Kırmataş-Eleme Tesislerindeki Davranışı”, 2. Ulusal Kırmataş Sempozyumu, 89-97s. Ankara
- [41] Erdoğan, M., (1999), “Safaalanı Yöresi Amfibolit Şist’in Agregat Özellikleri ve Kırıcı Türünün Malzeme Geometrisine Etkisi”, 2. Ulusal Kırmataş Sempozyumu, 81-89s. Ankara
- [42] Fener, M., (2001), “Niğde Bölgesindeki Formasyonların Deneysel Yöntemler Sonucu Beton Agregatı Olarak Kullanıma Uygunluğu”, Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Niğde

- [43] Kahraman, S., Fener, M., Günaydın, O., (2001), “Melendizdağı Bazaltlarının Agregata (Kırmataş) Olma Özelliği Yönünden Değerlendirilmesi”, Niğde Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Niğde
- [44] Zarif, İ. H., Tuğrul, A., Dursun, G., (2003), “İstanbul’daki Kireçtaşlarının Agregata Kalitesi Yönünden Değerlendirilmesi”, İstanbul Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Yer Bilimleri Dergisi, C:16, S:2, 61-70s. İstanbul
- [45] Korkanç, M., (2003), “Niğde Yöresi Bazaltlarının Alternatif Agregata Olarak Değerlendirilmesi”, İ. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 226 sayfa (yayınlanmamış), İstanbul
- [46] MTA, (1990), “Kozan J-19 Paftası Jeoloji Haritası”, Maden Tetkik Araştırma Enstitüsü, Ankara
- [47] Göncüoğlu, M.C. ve diğ., (1991), “Orta Anadolu Masifinin Batı Bölümünün Jeolojisi, Bölüm1: Güney Kesim”, ODTÜ, 140s. Ankara.
- [48] Winkler, H.G.F., (1967), “Die Genese der Metamorphen Gesteine”, 2. Auf., Springer Verlag, 228 s. Berlin-Heidelberg-New York.
- [49] Jung, D., Keller, J., Eckhard, S., (1972), “Orta Anadolu’nun Senozoyik Volkanizması”, M.T.A. Raporları, Rapor No: 473-1, Ankara (yayınlanmamış)
- [50] Koçyiğit, A., (1998), “Kıta İçi Yeni Bir Doğrultu Atımlı Yapı, Orta Anadolu Fay Zonu”, Workshop-1, Bildiri Özleri, 3-5s. Niğde
- [51] Ketin, İ., (1966), “Anadolu’nun Tektonik Birlikleri” M.T.A. Dergisi S:6, 20-34s. Ankara
- [52] Beyhan A., (1994), “Stratigraphic Outline and Neotectonics of The Sulucaova-Kovalı Segment of Ecemiş Fault” M.S., METU, 109p. Ankara
- [53] Yetiş, C., (1984), “New Observation on the Age of The Ecemiş Fault”, Geology of The Taurus Belt, Int. Symp. Proceedings ed. Tekeli, O., Göncüoğlu, C. M., 159-164s. Ankara
- [54] Özişik, G., (1998), “Beton”, İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İstanbul

- [55] Cilason, N., (1992), "Beton", STFA Yayınları, No:21, İstanbul
- [56] Erdoğan, M., (1993), "İstanbul ve Dolayının Yapay Agregata Potansiyeli", Mühendislik Jeolojisi Türk Milli Komitesi Bülteni, No:14, 29-41s. İstanbul
- [57] Erdoğan, T. Y., (1995), "Betonu Oluşturan Malzemeler-Agregalar", Türkiye Hazır Beton Birliği, İstanbul
- [58] Erdoğan, T. Y., (1995), "Betonu Oluşturan Malzemeler", ODTÜ, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Ankara
- [59] Çağlayan, M., Haberveren, S., İpekoğlu, B., Kurşun. İ., (1999), "Beton Yapımında Kullanılan Agregaların Özellikleri ve Örnek Bir Kuruluş-İSTON", 2.Ulusal Kırmataş Sempozyumu, 69-81s. Ankara
- [60] Shah, P. S., Lange, A. D., Li, Z., Mitsui, K., (1994), "Relationship Between Microstructure and Mechanical Properties of the Paste-Aggregate Interface", ACI Materials Journal, Vol. 91, No. 1, 30-39 s.
- [61] Monteiro, P. J. M., Mehta, P. K., (1986), "Interaction Between Carbonate Rock and Cement Paste", Cement and Concrete Research, V. b, No:12, 127-134 s.
- [62] Uğurlu, A., (1999), "Agrega-Çimento Hamuru Bağı Üzerine", 2. Ulusal Kırmataş Sempozyumu, 213-229s. Ankara
- [63] Oktar, O. N., (1977), "Bağlayıcı Hamurun Yapısının Betonun Kısa Süreli İnelastik Davranışındaki İşlevi", Doktora Tezi, İTÜ İnşaat Fakültesi, İstanbul
- [64] Yeğınobalı, A., (2003), "Silis Dumanı ve Çimento İle Betonda Kullanımı", Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliği, TÇMB / AR-GE / Y01.01, Ankara
- [65] Hewlett, P. C., (1998), "Lea's Chemistry of Cement and Concrete", John Wiley and Sons Inc., Fourth Edition, New York
- [66] Swamy, R. N., (1986), "Cement Replcement Materials", Blockie & Son Ltd., Londra
- [67] Mindess, S., (1988), "Bonding in Cementitious Composites: How Important is It?", Symp. on Bonding in Cementitious Composites, Proc., 3-10, Pittsburg

- [68] Detwiller, R. J., (1990), "Subcritical Crack Growth in The Cement Paste-Steel Transition Zone", Cement Concrete Research, V. 20, n. 2, 277-284s
- [69] Cohen, M. D., Olek, J. V. ve Polch, W. L., (1990), "Mechanism of Plastic Shrinkage Cracking in Portland Cement and Portland Cement-Silica Fume Paste and Mortar", Cement and Concrete Research, V. 20, n. 1, 103-119 s.
- [70] Sellevold, E. J., (1987), "The Function of Condensed Silica Fume in High Strength Concrete", Symp. On Utilization of High Strength Concrete, Proc., 39-49 s. Stavanger, Norway
- [71] Kyahat, K. H. ve Aitcin, P. C., (1992), "Silica Fume in Concrete: an Overview", ACI SP. 132, 835-865 s. American Concrete Institute, Detroit
- [72] Mindess, S., ve Young, J. F., (1986), "Concrete Prentice", Hall, Inc., New Jersey
- [73] Postacıoğlu, B., (1987), "Beton-Bağlayıcı Maddeler", Teknik Kitaplar Yayınevi, C:2, İstanbul
- [74] Akman, M. S., (1984), "Beton Agregaları", Beton Semineri, Ankara
- [75] Uchikawa, H., (1989), "Similarities and Discrepancies of Hardened Cement Paste, Mortar and Concrete from The Standpoints of Composition and Structure", Journal of Cement and Concrete, Cement Association of Japan, No: 507
- [76] Arıoğlu, E., Köylüoğlu, O. S., Dondurması, A., Manzak, O., (1996), "Yapı Merkezi Prefabrikasyon A.Ş.'de Beton Agregası Kalite Denetimi ve Değerlendirmesi", 1. Ulusal Kırmataş Sempozyumu, İstanbul
- [77] Akyüz, S., (1976), "Kompozit Malzeme Olarak Betonda Elastik Bölgedeki Fazlar Arası Etkileşiminin Sayısal Bir Yöntemle İncelenmesi", Doçentlik Tezi, İTÜ İnşaat Fakültesi, İstanbul
- [78] Akman, M. S., (1975), "Kırmataş İri Agregalı Betonlarda Harç-Beton Sınırı Üzerinde Araştırmalar", İTÜ. İnşaat Fakültesi, Teknik Rapor, No: 21, İstanbul
- [79] Neville, A. M., (1995), "Properties of Concrete", Great Britain, Pitman Books Ltd. London

- [80] Erdoğan, K., Tokyay, M., Türker, P., (2002), "Traslar ve Traslı Çimentolar", Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliği, Araştırmaların Gözden Geçirilmesi ve Durum Değerlendirmesi Raporu, TÇMB / AR-GE/ Y 99.2, Ankara
- [81] Diamond, S., (1983), "Effects of Microsilica (Silica Fume) on Pore Solution Chemistry of Cement Pastes", I. American Ceramic-Society, v.66, n.5, 82-84pp.
- [82] Barlow, D.F., Jackson, P.J., (1988), "The Release of Alkalis from Pulverised Feul Ash and Ground Granulated Blastfurnace Slags in The Presence of Portland Cements", Cement and Concrete Research, 18 (2), 235-248pp.
- [83] Tangh, M.S. ve diğ., (1983), "The Preventive Effect of Mineral Admixtures on Alkali Silice Raction and Its Mecahnism", Cement and Concrete Research, 171-179pp.
- [84] TS 4312/1985, "Deney Elekleri ve Elek Analizi-Terimler", Türk Standartları Enstitüsü, Ankara
- [85] TSE 2517 / Mart 1977, "Alkali Agrega Reaktivitesinin Kimyasal Yolla Tayini", Türk Standartları Enstitüsü Yayınları, Ankara
- [86] Le Maitre, R. W., Bateman, P., Keller, J., Lameyre Le Bas, M.J., Sabine, P.A., Schmid, R., Sorensen, H., Streckeisen, S., Woolley, A.R., Zanettin, B., (1989), "A Classification of Igneus and Glossary of Terms", Blackwell, Oxford
- [87] Streckeisen, A., (1967), "Classification and Nomenclature of Igneous Rocks", Neues Jb. Miner. Abh., 107, 144-240.
- [88] Özgür, Z., (1999), "Üçkapılı Granitoidinin Mineralojik Petrografik ve Jeokimyasal Özelliklerinin İncelenmesi", Niğe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 68s. Niğe
- [89] Fookes, P.G., (1980), "An Introduction to the Influence of Natural Aggregates on The Performance and Durability of Concrete", Quaterly Journal of Engineering Geology, 123, 207-229pp.
- [90] Erguvanlı, K., (1975), "Mühendislik Jeolojisi", İ.T.Ü. Gümüşsuyu Matbaası, İstanbul

- [91] ISRM (International Society for Rock Mechanics), (1981), "Rock Characterization, Testing and Monitoring: ISRM Suggested Methods", E.T. Brown (ed.), Pergamon Press, 211s.
- [92] TSE 699 / Ocak 1987, "Tabii Yapı Taşların Muayene ve Deney Metotları", Türk Standartları Enstitüsü Yayınları, Ankara
- [93] TSE 706 EN 12620, (2003), "Beton Agregaları" Türk Standartları Enstitüsü Yayınları, Ankara
- [94] TS ENV 843-3/2005, "Doğal Yapı Taşları", Türk Standartları Enstitüsü, Ankara
- [95] McNally, G.H., (1998), "Soil and Rock Construction Materials", E and FN Spon, Firts Published, 403p. London and New York
- [96] RILEM, (1980), "Recommended Tests to Measure The Deterioration of Stone and to Assess the Effectiveness of Treatment Methods", Commission 25-PEM, Material and Structures, Vol. 13, 175-253 s.
- [97] Goodman, R.E., (1989), "Introduction to Rock Mechanism", John Wiley&Sons, New York.
- [98] Tahran, F., (1996), "Mühendislik Jeolojisi Prensipleri", KTÜ Yayınları, Trabzon
- [99] Moos, A.V., Qurvain, F. De., (1948), "Technische Gesteinkunde", Verlag Birkhauser Basel.
- [100] Deere, D.U., Miller, R.P., (1966), "Classification and Index Properties of Intact Rock Tech" Report AFWL-TR., Af Special Weapons Center, Kirtland Air Force Base, 65-116p. New Mexico
- [101] Ulusay, R., Gökçeoğlu, R., Binal, A., (1997), "Kaya Mekaniği Laboratuvar Deneyleri 1", Hacettepe Üniversitesi Ders Notları, Yayın No:3, 53s. Ankara
- [102] ISRM (International Society for Rock Mechanics), (1985), "Suggested Method for Determining Point Bad Strength", Int. J.Rock Mech. Mm. Sci. Geomech Abstr., 22(2), 51-60s.

- [103] TCK (1986), "Kaya Mekaniki İlkeleri", ODTÜ Maden Mühendisliği Bölümü, Seminer No: 6, 62-63 s. Ankara
- [104] Bieniawski, Z. T., (1976), "Rock Mass Classification in Rock Engineering", Proc. of The Symp. on Exploration for Rock For Engg., Johannesburg, V1, 97-106 s.
- [105] Xu, S., Grasso, P., Mahtab, A., (1990), "Use of Schmidt Hammer for Estimating Mechanical Properties of Weak Rock", 6th Int. IAEG Congress, V1, 511-519 s., Balkema, Rotterdam
- [106] ISRM (International Society For Rock Mechanics), 1978, Suggested Method for The Quantitative Description of Discontinuities in Rock Masses, Int. J. Rock Mech. Min. Sc. & Geomech. Abstr., Vol. 15, No. 6, pp. 319-368.
- [107] Bilgil, A., (1994), "Agrega ve Deneyleri", Atatürk Üniversitesi Erzincan Meslek Yüksek Okulu İnşaat Programı, Ders Notları, 50-52s. Erzincan
- [108] Evans, I., Pomeroy, C.D., (1966), "The Strength, Fracture and Workability of Coal", Pergamon Press, London
- [109] BS 812, Part 3, (1975), "Testing Aggregates, Methods for Determination of Mechanical Properties", British Standard Institution
- [110] ASTM C 131, (1996), "Standard Test Method for Resistance to Abrasion of Small size Coarse Aggregate by use of The Los Angeles Machine", Annual Book of ASTM Standards
- [111] ASTM C 88, 83 (1990), "Standard Test for Soundness of Aggregates by use of Sodium Sulphate or Magnesium Sulphate", Annual Book of ASTM Standards
- [112] Wakizaka, Y., (1998), "Reactivity of Rocks and Minerals in Alkaline Solution", J. Geology, 9, 303-306pp.
- [113] Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Karayolları Genel Müdürlüğü, (1998), "Kızılırmak (Nevşehir-Gülşehir-Hozankaya Mevkii Aşağı Yaylacık Köyü) Agregası Ocaklarının CSA A23.2-25A'ya Göre Alkali-Silika Reaksiyonu Yönünden Değerlendirilmesi", Rapor Tarihi:4-3-1998, Rapor No:1045, Ankara

[114] Wentworth, C. K., (1922), "A Scale of Grade and Class Terns for Clastic Sediments", Jour. Geology, v. 30, p. 377-392

[115] BS 812, Part 112, (1990), "Testing Aggregates, Method for Determination of Aggregate Impact Value", British Standarts Institution

