

**T.C.
ŞIRNAK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİMDALI**

**CİZRE VE ÇEVRESİNE AİT BAZALT
AGREGASININ DOLOMİT AGREGASINA GÖRE
BETON PERFORMANSINA ETKİSİ**

**Hazırlayan
Mehmet Kadri DEĞER**

**Danışman
Dr. Öğretim Üyesi Murat DOĞRUYOL**

Yüksek Lisans Tezi

ŞIRNAK, 2023

**T.C.
ŞIRNAK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİMDALI**

**CİZRE VE ÇEVRESİNE AİT BAZALT
AGREGASININ DOLOMIT AGREGASINA GÖRE
BETON PERFORMANSINA ETKİSİ
(Yüksek Lisans Tezi)**

**Hazırlayan
Mehmet Kadri DEĞER**

**Danışman
Dr. Öğretim Üyesi Murat DOĞRUYOL**

ŞIRNAK, 2023

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim. Aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi belirtirim.

Tezi Hazırlayan

Mehmet Kadri DEĞER

“Cizre ve Çevresine Ait Bazalt Agregasının Dolomit Agregasına Göre Beton Performansına Etkisi” adlı Yüksek Lisans tezi, Şırnak Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Yazım Kılavuzu’na uygun olarak hazırlanmıştır.

Tezi Hazırlayan
Mehmet Kadri Değer

Danışman
Dr.Öğr.Üyesi Murat DOĞRUYOL



İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Başkanı
Sedat ÖZCANAN

ÖNSÖZ

Tez çalışması boyunca tecrübelerini ve bilgisini esirgemeyen, bana her anlamda destek olan tez danışmanım Dr. Öğretim Üyesi Murat DOĞRUYOL'a. teşekkürlerimi borç bilirim. Yanı sıra hayatımın her evresinde yaşamıma yön veren bugünlere gelmemde emekleri üzerinde çok fazla olan rahmetli anneme ve babama, ailemin diğer fertlerine ayrı ayrı minnet duyuyor ve şükranlarımı sunuyorum. Çalışma sürecinde zaman olarak esirgediğim sevgili eşime, oğlum Muhammed Enes'e ve biricik kızım Nihal'ime sonsuz teşekkür ediyorum

Çalışmamın yürütülmesi aşamasında beni teşvik eden, mesleki bağlamda desteklerini esirgemeyen ve beni motive eden mesai arkadaşım Yüksek Mimar Nurullah TAN'a, laboratuvar çalışmalarım sürecinde destekleri bulunan Aras. Gör. M. İbrahim Yusuf ÇALAPÇIKAY'a ve ismini sayamadığım dostlarıma teşekkür ediyorum.

CİZRE VE ÇEVRESİNE AİT BAZALT AGREGASININ DOLOMIT AGREGASINA GÖRE BETON PERFORMANSINA ETKİSİ

Mehmet Kadri DEĞER

**Şırnak Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü İnşaat Mühendisliği
Anabilim Dalı
Yüksek Lisans/ Temmuz 2023**

Danışman : Dr. Öğretim Üyesi Murat DOĞRUYOL

ÖZET

Bu çalışmada beton agregası olarak kullanılan sedimenter kayaç türü dolomit ile Cizre’de (Şırnak) yaygın görülen volkanik kayaç türü bazaltın beton dayanımına etkisi araştırılmıştır. Bu kapsamda dolomit ve bazalt agregaların öz külte, su emme, Los Angeles (LA) aşınma kayıpları hesaplanmıştır. Dayanım değerleri karşılaştırmak için dolomit agregalı (DBC), bazalt agregalı (BBC) olmak üzere 9’ar adet 150x150x150 mm ölçülerinde küp beton numuneler üretilmiştir ve 7, 28 ve 60 gün sonunda birim hacim ağırlıkları tespit edildikten sonra beton pres makinası ile basınç dayanım ortalama değerleri hesaplandı. Ayrıca bazaltın betonda dayanıklılık problemi oluşturan alkali-silika reaksiyonu (ASR) araştırılmıştır. Araştırma için bazalt agregalı (BBC) ve bazalt agregalı %20 oranında çimento ile Silopi (Şırnak) termik santralinden temin edilen uçucu kül ikame edilen (BBC20FA) numuneler hazırlanmıştır. Yöntem olarak ASTM C 1260-07 harç çubuklarının hızlandırılmış genleşmesi metodu tayini ile beton numunelerin hacimsel genleşmesi belirlendi, hacimsel genleşme oluşturabilecek hidratasyon ürünler, elektron manyetik mikroskop (SEM) ile gözlemlendi. Enerji dağıtımı- X ışını (EDX) ile beton numunelerde oluşan elementel değişimler belirlendi. X-ışını kırınım yöntemi (XRD) ile kimyasal değişimi incelendi. Çalışmada betonda agrega olarak kullanılan Cizre bazaltının, dolomite oranla beton dayanımını artırdığı, uçucu kül hacimsel genleşmeyi azalttığı beton dayanım ve dayanıklılığının (durabilite) artırdığı, Şırnak-Cizre yöresine ait bazaltın betonda ASR’ye neden olmadığı tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Dolomit, bazalt, agrega, beton dayanımı, ASR

**THE EFFECT OF BASALT AGGREGATE OF CIZRE AND ITS
SURROUNDINGS ON CONCRETE PERFORMANCE ACCORDING TO
DOLOMITE AGGREGATE**

Mehmet Kadri DEĞER

Sırnak University, Graduate Education Institute Civil Engineering Department

MSc./July 2023

Supervisor : Asst. Prof. Dr. Murat DOĞRUYOL

ABSTRACT

In this study, the effects of the sedimentary rock type dolomite used as concrete aggregate and the volcanic rock type basalt common in Cizre (Şırnak) on the concrete strength were investigated. In this context, core ash, water absorption and Los Angeles (LA) abrasion losses of dolomite and basalt aggregates were calculated. In order to compare the strength values, 9 cube concrete samples of 150x150x150 mm were produced, each with dolomite aggregate (DBC) and basalt aggregate (BBC), and after 7, 28 and 60 days, the unit volume weights were determined, and the average compressive strength values with a concrete press machine. calculated. In addition, alkali-silica reaction (ASR), which causes durability problem in basalt concrete, has been investigated. For the research, basalt aggregate (BBC) and basalt aggregate 20% cement and fly ash substituted (BBC20FA) samples obtained from Silopi (Şırnak) thermal power plant were prepared. As a method, the volumetric expansion of concrete samples was determined by the accelerated expansion method of ASTM C 1260-07 mortar rods, hydration products that could cause volumetric expansion were observed by electron magnetic microscope (SEM). Elemental changes in concrete samples were determined by energy distribution- X-ray (EDX). Its chemical change was investigated by X-ray diffraction method (XRD). In the study, it was determined that Cizre basalt used as aggregate in concrete increased concrete strength compared to dolomite, fly ash reduced volumetric expansion, increased concrete strength and durability (durability), and basalt from Şırnak-Cizre region did not cause ASR in concrete.

Keywords: Dolomite, basalt, aggregate, concrete strength, ASR

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT.....	ii
İÇİNDEKİLER	iii
KISALTMALAR	v
SEMBOLLER	vi
ŞEKİL LİSTESİ.....	vii
TABLO LİSTESİ.....	ix
1. GİRİŞ	1
1.1. Tezin Amacı ve Kapsamı	4
1.2. Agregalar ve Kökeni	5
1.2.1. Bazalt Agregası	6
1.2.1.1. Bazalt Agregasının Kullanım Alanları.....	9
1.2.1.2. Agregaya Kaynakları	10
1.2.1.3. Akarsu Yatakları	11
1.2.1.4. Sel Yatakları.....	11
1.2.1.5. Dere ve Teras Ocakları	11
1.2.1.6. Taş Ocakları	12
1.2.2. Bazalt Madeni	12
1.2.3. Bazaltların Sınıflandırılması	13
1.2.4. Bazaltın Kullanım Alanları	15
1.2.4.1. Bazaltın Betonda Kullanımı	18
1.2.5. Cizre’de Bazalt Madeni	19
1.2.6. Türkiye’de Bazalt Madeninin Çıktığı Yerler	24
1.3. Dolomit agregası	25
1.4. Beton Agregasından Beklenen Mekanik Özellikler.....	27
1.5. Betonda Agregaya Kaynaklı Bozulmalar	28
1.5.1. Betonda Alkali- Silika Reaksiyonu (ASR)	28
1.5.1.1. ASR Kimyasal Mekanizması	30
1.5.1.2. Reaktif Agregaya	31
1.5.6. Betonda Alkali – Karbonat Reaksiyonu (ACR).....	35
1.6. Literatür Taraması	37
2. MATERYAL VE METOT	42
2.1. Materyal	42

2.1.1.	Cizre bazaltı	42
2.1.2.	Deney Malzemelerinin Kimyasal Analiz Değerleri	42
2.1.3.	Mekanik analiz değerleri.....	43
2.1.3.1.	Los Angeles Aşınma	43
2.1.3.2.	Geri sıçramalı çekiç (Schmidt) Aşınma	44
2.1.3.3.	Bazalt ve Dolomit Agregalar İçin Özgül Ağırlıklar.....	47
2.1.3.4.	Agrega numunesinin su emme kapasitesi-efektif su emme ve yüzey suyu büyüklükleri	49
2.1.3.5.	Elek Analizi	52
2.3.	Metot	52
3.	DENEYSEL ÇALIŞMALAR	56
3.1.	Agrega türüne göre beton birim ortalama hacim ağırlıkları	56
3.2.	Beton basınç dayanımları.....	57
3.2.1.	Hızlandırılmış Harç Çubukları Deneyi- ASTM C 1260	58
3.3.	Cizre Bazalt Agregasının Betonda Alkali Silika Reaksiyonu (ASR) Üzerine Etkisi	59
3.4.	Mikro yapı incelemeleri	60
3.4.1.	SEM-EDX deneyleri	60
3.4.1.1.	BBC20FA numunesinin SEM-EDX analizleri	61
3.4.1.2.	BBC numunesinin SEM-EDX analizleri	64
3.4.1.3.	BBC ve BBC20FA Beton Numunelerinin EDX Sonuçları.....	69
3.4.2.	XRD deneyleri.....	71
3.4.2.1.	X-Ray Diffraction (XRD)	71
4.	SONUÇ VE ÖNERİLER.....	73
	KAYNAKÇA	75
	ÖZGEÇMİŞ	80

KISALTMALAR

ABD: Amerika Birleşik Devletleri

ACR: Alkali – Karbonat Reaksiyonu

ASTM C586: Karbonat Kayaçlarının Beton Agregaları Olarak Potansiyel Alkali Reaktivitesi için Standart Test Yöntemi

ASTM C 1260: Hızlandırılmış Harç Çubukları Deneyi

ASR: Alkali- Silika Reaksiyonu

BBC20FA: Yüzde 20 Uçucu Kül İkameli Bazalt Agregalı Beton

DKY: Doygun-kuru yüzey durum

EDS: Enerji Dağıtım Spektrometresi

EDX : Energy Dispersive X-Ray (Enerji dağılımlı x-ışını spektroskopisi)

İBTAM: İnönü Üniversitesi Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Merkezi

SEM: Sonlu Elemanlar Metodu

XRD : x-ray difraksiyonu

SEMBOLLER

A: Alüminyyum

Al₂O₃: Aluminyum Oksit

Ca: Kalsiyum

CaO: Kalsiyum Oksit

Fe: Demir

Fe₂O₃: Demir Oksit (Kırmızı)

K: Potasyum

K₂O: Potasyum Hidroksit

Mg: Magnezyum

MgO: Magnezyum Oksit

Na: Sodyum

Na₂O: Sodyum Oksit

P₂O₅: Saf Fosfor

SiO₂: Silisyum Dioksit

TiO₂: Titanyum Dioksit

ZAS: ZrO₂ -Al₂O₃ -SiO₂

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1 Dolomit Agregasının Enkaz Çalışmasındaki Görselleri.....	5
Şekil 1.2 Bazalt Agregası Örnekleri.....	8
Şekil 1.3 a) Gözenekli İşlenmemiş Bazalt b) Gözeneksiz İşlenmemiş Bazalt.....	15
Şekil 1.4 Beton Karışık İçyapısı	16
Şekil 1.5 Cizre'nin Jeolojik Haritası.....	20
Şekil 1.6 Kayaçlar (Doğu, 2021).....	20
Şekil 1.7 Cizre Surları.....	21
Şekil 1.8 Dest Köprüsü Mansap Cephesi.....	22
Şekil 1.9 a) Cizre Mehmet Ağa Kasrı b) Cizre Mehmet Ağa Kasrı c) Cizre Birca Belek Yerleşkesi İz Kale d) Cizre İç Kale-Karargah Binası e) Tarihi Cizre Bafid Kemer Köhrüsü f) İsmail Ebul-iz El-Cezeri Müzesi.....	24
Şekil 1.10 Diyarbakır İli Dicle Nehri Havzasından Agregası Çekilmesi Uydu Görüntüsü 22/06/2013.....	27
Şekil 1.11 Diyarbakır İli Dicle Nehri Havzasından Agregası Çekilmesi Uydu Görüntüsü 06/11/2014.....	27
Şekil 1.12 Stanton ile ASR'ye maruz beton çatlakları.....	29
Şekil 1.13 Türkiye'de reaktif kayaçların bulunduğu yerler.....	30
Şekil 1.14 ASR oluşum şeması.....	31
Şekil 1.15 Kayaçların Sınıflandırılması.....	32
Şekil 1. 16 Betonda ASR Kaynaklı Çatlak.....	32
Şekil 1.17 İkamesiz Kontrol Örneklerinin SEM Görüntüsü.....	34
Şekil 1.18 İkamesiz Kontrol Örneklerinin SEM Görüntüsü.....	34
Şekil 1.19 Betonda alkali-karbonat reaksiyonu (ACR) etkisi (Çakır, 2007).....	36
Şekil 2.1 a) Los Angeles Aşınma Deney Aleti b) Aşınmaya Maruz Kalmış Bazalt c) Aşınmaya Maruz Kalmış Dolomit Agregası.....	44
Şekil 2.2 Geri Sıçramalı Çekiç Okumasından Basınç Dayanımına Geçiş Grafiği.....	45
Şekil 2.3 a) Gözenekli (Erkek) b) Boşluklu (Dişi).....	45
Şekil 2.4 Şırnak-Cizre Arası 15 km'de Bulunan Nerdüş Deresinden Elde Edilen Dolomite Ait Basınç Dayanım Değeri.....	46
Şekil 2.5 a) Bazaltın Kuru Kütlesi b) Bazaltın Doygun Kuru Yüzey Kütlesi c) Bazaltın Su İçindeki Kütlesi.....	48
Şekil 2.6 a) Dolomitin Kuru Kütlesi b) Dolomitin Doygun Kuru Yüzey Kütlesi c) Dolomitin Su İçindeki Kütlesi.....	48
Şekil 2.7 Çeşitli Nemlilik Rejimleri İçin Agregası Su İçerikleri ve Özgül Ağırlık Tanımları.....	49
Şekil 2.8 a) Numunenin Hava Kuru Ağırlığı b) Numunenin Fırın Kuru Ağırlığı c) Numunenin Doygun Kuru Yüzey Ağırlığı d) Islak Haldeki Numunenin Ağırlığı.....	51
Şekil 2.9 a) Numunenin Hava Kuru Ağırlığı b) Numunenin Fırın Kuru Ağırlığı c) Numunenin Doygun Kuru Yüzey Ağırlığı d) Islak haldeki Numunenin Ağırlığı.....	52
Şekil 2.10 Elek Analizi.....	52

Şekil 2.11 ASR (Alkali-Slika Reaksiyonu) için hazırlanan numuneler b) ASTM C 1260 harç çubukları metodu.....	54
Şekil 2.12 a) Bazalt Agregalı Beton Numuneleri b) Dolomit Agregalı Beton Numuneler.....	54
Şekil 3.1 Agregat Türüne Göre Beton Birim Hacim Ağırlıkları.....	57
Şekil 3.2 Bazalt Türüne Göre Beton Basınç Değerleri Karşılaştırması.....	58
Şekil 3.3 Bazalt Agregalı Betonun ASTM C 1260-07'ye Göre Genleşme Miktar.....	60
Şekil 3.4 Beton Reaksiyon Mekanizması.....	61
Şekil 3.5 Uçucu Kül İkameli Bazalt Agregalı Numunenin SEM Görüntüsü (50x).....	62
Şekil 3.6 Uçucu Kül İkameli Bazalt Agregalı Numunenin SEM Görüntüsü (1000x).....	62
Şekil 3.7 Uçucu Kül İkameli Bazalt Agregalı Gözlem Numunesinin SEM Görüntüsü (2500x).....	62
Şekil 3.8 Uçucu Kül İkameli Bazalt Agregalı Numunenin Genel SEM-EDX Analizi.....	63
Şekil 3.9 Bazalt Agregalı Gözlem Numunenin SEM Görüntüsü (1000x).....	63
Şekil 3.10 Bazalt Agregalı Gözlem Numunenin SEM Görüntüsü (2500x).....	64
Şekil 3.11 BBC Numunesinin SEM Görüntüsü.....	66
Şekil 3.12 Bazalt Agregalı Gözlem Numunenin Genel EDX Analizi.....	67
Şekil 3.13 BBC, BBC20FA (1M NaOH at 80° C) betonlarının ASR betonuna ait Na+K)/Si oranı ve Ca/Si oranı ile karşılaştırılması.....	68
Şekil 3.14 Bazalt Agregalı Çucu Kül İkameli Numunenin XRD-faz Analizi.....	69
Şekil 3.15 Bazalt Agregalı Gözlem Numunenin XRD-faz Analizi.....	70

TABLO LİSTESİ

Tablo 1.1. Ham Maddelerinin Jeolojik Sınıflandırılması (Uçar, 2008).....	7
Tablo 1.2. Gözenekli ve Gözeneksiz Bazalta Ait Fiziksel Ve Mekanik Değerler...	16
Tablo 1.3. Türkiye’de Bulunan Başlıca Bazalt Kaynakları ve Bileşimleri.....	25
Tablo 2.1. Deney agregalarının kimyasal bileşenleri.....	43
Tablo 2.2. Bazalt ve Dolomit agregalarının 1,6 mm Elek üstünde kalan miktarları.	44
Tablo 2.3. Cizre Kuştepe mevki bazaltına ait basınç dayanım değerleri.....	46
Tablo 2.4. Şırnak-Cizre arası 15.km’de bulunan Nerdüş deresinden elde edilen dolomite ait basınç dayanım değeri.....	46
Tablo 2.5. Özkütle.....	47
Tablo 2.6. İri (15-25) Bazalt Agregası İçin Özgül Ağırlıklar.....	47
Tablo 2.7. 15-25 İri Dolomit Agregası için Özgül Ağırlıklar.....	48
Tablo 2.8. İri (15-25) Bazalt Agregası.....	50
Tablo 2.9. İri (15-25) Dolomit Agregası.....	51
Tablo 2.10. 1m ³ beton karışım oranları.....	53
Tablo 3.1. Beton birim ortalama hacim ağırlıkları (kg/m ³).....	56
Tablo 3.2. Agrega türüne göre beton ortalama basınç dayanımları.....	57
Tablo 3.3. Uçucu kül ikameli bazalt agregalı numunenin EDX analizi sonucuna göre K-serisi elementlerin ağırlıkça yüzdeleri.....	64
Tablo 3.4. Bazalt agregalı gözlem numunenin EDX analizi sonucuna göre K-serisi elementlerin ağırlıkça yüzdeleri.....	68
Tablo 3.5. Bazalt agregalı ve bazalt agregalı uçucu kül ikameli beton numunelerinin EDX sonuçları (ağırlıkça%).....	69
Tablo 3.6. Beton Numunelerin EDX Analiz Sonuçları (% ağırlıkça).	69

1. GİRİŞ

Beton, agrega (ince ve kaba agrega), çimento ile suyun, kimyasal ve mineral katkı maddeleri ilave edilerek veya edilmeden homojen olarak üretim teknolojisine uygun olarak karıştırılmasından oluşan, başlangıçta plastik kıvamda olup, zamanla katılaşp sertleşerek mukavemet kazanan önemli bir yapı malzemesidir. Betonlu oluşturan agreganın niteliği betondan beklenen dayanım ve dayanıklılık performansını artırmak için önemlidir. Türkiye deprem kuşağında bulunan ve tarihsel süreçte yıkımların ve can kayıplarının olduğu ülkelerden biridir. Son olarak 6 Şubat Kahramanmaraş depremleri 11 ili kapsayan büyük yıkımlar yaşatmış yeni konutların yapılması için çalışmalar başlatılmıştır. Bununla birlikte beton hacminin yaklaşık %70-75'ini oluşturan agrega rezervleri, niteliği ve yetersizliği alternatif kayaçların beton agregası olarak kullanılması açısından önem kazanmıştır. Kahramanmaraş depremlerinde yıkılan binaların bir kısmı incelendiğinde dere agregası (dolomit) kullanıldığı tespit edilmiştir. Beton agregası olarak dolomit, kireçtaşı, konglomera yaygın olarak kullanılan kayaç türleridir. Bazı karakterdeki bu kayaçlar çimento ile uyumlu etkileşim içindedir. Dayanımı yüksek olan bazalt, bazaltik andezit, andezit, dasit, diyolit gibi kayaç türleri asidik karakter göstermesi beton içinde bozulmalara neden olabilecek reaktiflik gösterebilmektedir. Bozulmaların ana nedeni beton kanserine diğer bir deyişle alkali silika reaksiyonu (ASR) kaynaklıdır. ASR'ye maruz kalmış betonun yüzeyinde ileri yaşlarında dayanım ve durabilite kaybına neden olan derin çatlaklar ve hatta yarılmalara oluşturmaktadır.

Yüksek basınç dayanımı ile bilinen Diyarbakır bazaltının yanında, sanayi yan ürünü olarak mineral katkılar kullanıldığı çalışmada, beton karışımı ağırlık olarak çimento'nun % 20'si kadar uçucu kül ve % 10'u kadar silis dumanı gibi mineral maddeler bulunmaktadır. Diyarbakır bazaltı ile birlikte, mineral katkı karışımı ile hazırlanan beton örneklerin sülfat etkisiyle birlikte, alkali silis reaksiyonuna dayanımlı ve dayanıklı olduğu belirlenmiştir (Doğruyol, 2017).

Bazalt agregalı betonlar üzerinde 20. yüzyıl ortalarından itibaren yapılan çalışmalarda bazalt kayaçların başka kayaçlardan üstün olan nitelikleri olduğu saptanmıştır. Bazaltın, ısı iletimi, ısı iletim hızı ve termik genleşme katsayısı gibi özellikleri başka kayaçlara göre daha düşüktür. Sıcaklık artışı, soğuma sırasında çatlak

oluşumu gözlenmemiştir. Basınç deneylerinde, bazalt agregalı betonun, tercih edilen kalker agregalı betonlardan çok daha yüksek basınç dayanımına sahip olduğu, bazalt kayacın su emme ve boşluklarının da düşük değerde olduğu tespit edilmiştir (Pek, 2014).

Bazaltın agrega olarak kullanılabilmesi için TS 706 şartnamesini yerine getirmesi uygun granülometriye, aşınma ve dona dayanıklı olması gerekmektedir. Kil, silt, mil ve toz gibi beton dayanımını ve aderansı olumsuz etkileyen zararlı maddeler içermemelidir (Erdoğan, 2014).

Betonda dolomit agregası ile Suriye'nin As-Swaida bölgesine ait bazalt agregasının betonda dayanım ve dayanıklılık etkilerinin karşılaştırıldığı çalışmada deneysel sonuçlara dayanarak şu sonuçlar çıkarılabilir; 28 günlük basınç dayanım değerleri karşılaştırıldığında bazalt agregalı numunelerin yaklaşık %7' ye kadar daha yüksek dayanım gösterdiği, beton numuneler % 5 sülfürik asit çözeltisine maruz kaldığında özellikleri şartname sınırlarını karşıladığından beton karışımlarında bazalt kullanılabilir olduğu, ezilmiş bazalt agregaları ile hazırlanan numuneler,% 5 sülfürik asit çözeltisine maruz bırakıldığında dolomit ile hazırlananlara göre daha fazla ağırlık kaybetmiştir. Ezilmiş bazalt agregalarının fiziksel ve mekanik özellikleri, ezilmiş dolomit agregalarından daha üstün olduğu, ancak bazalt agregalı örneklerinin 90 günlük daldırmadan sonraki ağırlık kayıpları, dolomit örneklerinden % 50 daha fazla olduğudur. Bazalt agregalı örneklerinde % 5 H₂SO₄'e maruz kaldıktan 15 gün sonra % 10' luk ağırlık kaybı elde edilmiş, ancak dolomit örnekleri 90 günlük daldırmadan sonra bile aynı kayba ulaşamamıştır. Bazalt agregalarla hazırlanan betonun , H₂SO₄ içeren ortamlar dışında daha iyi performans gösterdiği, betonda faydalı bir şekilde kullanılabileceğini göstermektedir (Al-Swaidani, 2015).

Bazalt, akıcı ve bazik lavların soğuma yüzeyine dik olarak beş ve altı kenarlı sütunlar şeklinde katılaşması ile oluşmuştur. Koyu gri-siyah arasında değişen renklere sahiptir. Bazalt su emme, paslanma, dona, darbelere ve sürtünmelere karşı çok dayanıklıdır. Renk değiştirmez ve aşırı derecede camsı niteliği yoktur. Bu nedenle de uzun süre yapıda leke ve kılcal çatlaklar oluşmaz. Asitlere karşı dayanıklıdır. Bu özelliklerinden dolayı yapılarda bolca kullanılmıştır (Erkan, 1995). Ancak bazaltın betonda agrega olarak kullanılması için kimyasal yapısı bilinmesi gereklidir. Kimyasal yapısı bazik özellikte olmayan bazaltın çimentodaki alkali ürünleri ile oluşturduğu

beton kanseri olarak da bilinen alkali-silika reaksiyonu (ASR) oluşumu beton yüzeyinde uzun yıllar sonra ortaya çıkan harita benzeri kılcal çatlaklar oluşturarak betonda dayanım ve dayanıklılık kaybı oluşturmaktadır. Betonda ASR sonucu oluşan yüzeysel kılcal çatlaklar, betonun mikro yapısında hidratasyon ürünlerinin yanında siyah nokta ve gülümsü yapılar olarak gözlemlenmektedir (Doğruyol ve Karaşin, 2016)

Güneydoğu Anadolu bölgesinde yer alan Diyarbakır, Karacadağ bazalt taşının mekanik özelliklerini belirlemek amacı ile, yayılım alanlarına bakılarak değişiklik gösteren dört bölgeden alınmış olan numunelerde deneysel çalışmalar yapılmış, hazırlanan numunelerde P - dalga ; Schmidt sertliği, tek eksenli basınç dayanımı, elastisite modülü ve poisson oranı görünür gözeneklilik değerlerinin belirlenmesi için deneyler yapılmıştır. Deney sonuçları regresyon analiziyle değerlendirilmiş ve P - dalga ; Schmidt sertliği, tek eksenli basınç dayanımı, elastisite modülü ve poisson oranı görünür gözeneklilik değerlerinde anlamlı ilişkiler bulunmuştur (Akataş, 2014). Yapı malzemesi olarak kullanılan çimento yerine uçucu kül ve silis dumanı içeren karışımların ASR etkisi ele alınmıştır. ASR etkisi oluşan harçlarda, uçucu kül (UK) ve silis dumanı (SD) harçlara göre daha fazla basınç dayanımı ve eğilme dayanımına sahip oldukları belirlenmiştir. ASR çatlaklarının SEM görüntülerine bakıldığında ASR çatlaklarının fazlaştığı ve geniş çatlaklı hale geldiği görülmektedir (Demir, 2010).

Yüksek dayanımlı olan ve vibratörsüz yerleşebilen yüksek cüruf ve CEM-I çimento, karboksilik ve silis dumanı akışkanlıklarını içine alan deniz yapısı betonunun iri agregası. kireç taşı yerine bazalt kullanılması deneyleri yapılmıştır. Örnek olarak alınan bazaltın alkali reaktivitesi bulunmadığı, istenmekte olan yüksek kaliteye kireç taşı düzeyinde sahip olduğu kanıtlanmıştır. Kusurlu ve farklı türde bazaltların olduğu dikkate alınarak, başarılı olan neticenin yeterli şekilde ön inceleme yapılmadan bütün bazaltlarda genelleştirilemeyeceğiyle birlikte, uygulanamayacağı ortaya konulmuştur (Akman, 2014).

Dere yataklarından alınan dolomit türü kayaçların yüzeyleri aşınmadan kaynaklı genelde yuvarlak, yassı, düz ve pürüzsüz bir yüzeye sahip olması ve herhangi bir işlem görmeden beton agregası olarak kullanılması aderans açısından dezavantajlı bir özelliktir. Dere agregasının bu olumsuz özelliği; deprem esnasında betonun kendinden beklenen performansı göstermeyerek taşıyıcı elemanlarda ağır hasar oluşturup

akabinde birçok yapının yıkılmasına dolayısıyla ciddi can ve mal kayıplarına yol açabilmekte ve ülke ekonomisine de büyük zararlar vermektedir.

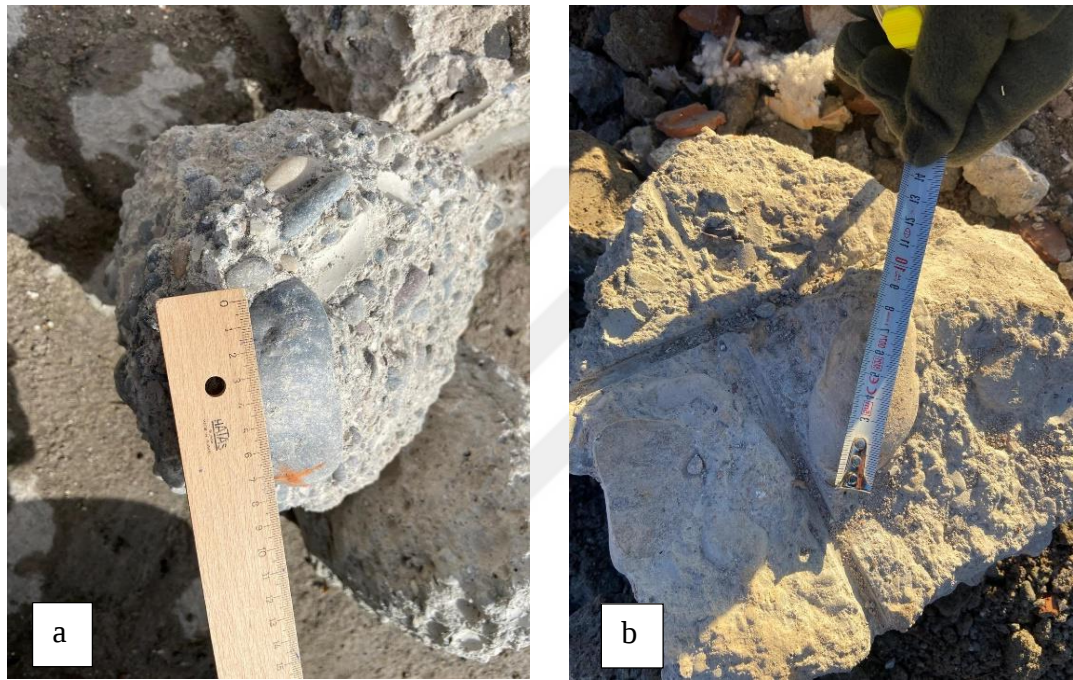
1.1. Tezin Amacı ve Kapsamı

Beton hacminin yaklaşık %70-75'ini agregalardan oluşur. Beton agregası olarak genellikle kalker, dolomit ve kireç taşı tercih edilmektedir. Türkiye Hazır Beton Üreticilerinin 2014 yılı verilerine göre yıllık beton üretimi dünyada kişi başına yaklaşık 0.70 m³, Türkiye'de ise her yıl artarak yaklaşık 1.27 m³ olduğu belirtilmektedir. Betonun dünyada bu denli yaygın kullanılan yapı malzemesi olduğu düşünüldüğünde, beton üreticilerinin ekonomik sorunlarının başında hammadde olarak kullanılan agreganın sağlanmasıdır. Bu yüzden alternatif kayaçlardan yararlanmak gerekmektedir. Eğer agregaların ocakları uzak ise yakın olan kayaçlardan yararlanmak doğru olacaktır. Nispeten yüksek dayanımlı ve sert olan, yeryüzünde bol miktarda bulunan, eski yapılarda yıllarca başarılı olarak kullanılan bazaltın beton agregası olarak kullanılması tercih edilebilmektedir (Erguvanlı, 1983).

Yakın zaman önce meydana gelen 6 Şubat Kahramanmaraş depremlerinde büyük yıkım yaşanmış, yeni konutların yapılması için çalışmalar başlatılmıştır. Bu konutların inşasında kullanılacak betonun nitelikli hammadde ihtiyacının karşılanması mevcut agrega stoku ile karşılanması pek mümkün görünmemektedir. Agregaların rezervleri ve niteliği, yetersizliği alternatif kayaçlar beton agregası olarak kullanılması açısından önem kazandığı saptanmıştır. Bu amaçla Cizre ve çevresine ait bazalt kayaçlardan elde edilen agreganın, yaygın olarak kullanılan dolomit agregasına göre beton performansına etkisi araştırılmıştır. Bu kapsamda bazalt ve dolomit agregaların fiziksel, mekanik, kimyasal analizleri yapılmış ve betonun dayanım, dayanıklılık özelliklerine etkisi araştırılmıştır.

Ayrıca düzlük arazilerde bulunan bazalt kayaçlarının temizlenmesi ekime hazır tarlalara dönüşmesi de amaçlanmıştır. Diğer bir amaçta özellikle beton üretiminde kullanılan dere yataklarında bulunan agregaların kullanılmasından dolayı dere yataklarının bozulmasına yol açması nedeniyle bu bölgedeki bazalt agregasının kimyasal özelliklerinin de yapılan deneyler sonucunda eğer betonda kullanılabilecek durumu ortaya çıkarsa dere yataklarının ıslahına da yardımcı olacağı gibi dere yataklarının bozulması da engellenmiş olacaktır.

6 Şubat Kahramanmaraş merkezli depremlerde yıkılan binaların büyük çoğunluğunda gradasyonu uygun olmayan dolomit agregası kullanıldığı ve betonarme yapılarda aderans kaydına neden olduğu tespit edilmiştir. Malatya ilinde yıkılan binaların betonlarında hiçbir kırma işlemi görmeyen maksimum dane çapının 60-70 mm olduğu (TS 706'ya göre konutlarda $D_{max} \leq 32\text{mm}$) dere (dolomit) agregası kullanılması sonucu aderansın zayıflamasına neden olduğu, donatıların betondan kolaylıkla sıyrıldığı görülmektedir (Şekil 1.1).



Şekil 1.1. Dolomit agregasının enkaz çalışmasındaki görselleri

1.2. Agregalar ve Kökeni

Yapı malzemesi şeklinde kullanılan, doğal kayaçlar ve mineraller, mineral agregalar ismiyle anılmaktadır. Doğal olan mineral agregaların birleşimi mineral ve kayaçtır. Mineralleri bakıldığında ise özel kristal yapısında olan, bileşimleri tanımlanmış doğal oluşumlar oldukları görülmektedir. Bayındırlık faaliyetlerinin hızlı bir şekilde artması ve gelişen teknolojiyle birlikte kayaçların değişik sebeplerle kullanımı ihtiyacı ortaya çıkmıştır. Maden ve petrol aramaları sırasında, hafriyatlarda, inşaatlarda, yol, tünel ve baraj yapımında mühendisler kayaçlardan faydalanmaktadır. İnşaat sektöründe önemli bir yeri olan kayaçların mühendislik özelliklerinin

bilinmesinde fayda bulunmaktadır. Bu sebeple kayaçlar ile kayaçları oluşturan minerallerin özelliklerini şu şekilde sıralamak mümkündür.

Doğal agregaların ortaya çıkardığı kayaçlar, köklerine göre sıralanacak olursa şunlardır;

1. Magmatik,
2. Metamorfik,
3. Sedimanter

Kırma taş olarak kullanılan yukarıdaki parçalar, bağlayıcılarla bağlandıkları takdirde asfalt betonu, harç, beton ve bunlara benzeyen sağlam kütleleri ortaya çıkarmaktadır.

1.2.1. Bazalt Agregası

Doğal mineral agregaları mineral ve kayaçlardan oluşmaktadır. Mineraller, kimyasal bileşimleri tanımlanmış olan özel kristal yapıda olan oluşumlardır. Kayaçlar ise sözü edilen minerallerin bir araya gelmesi sonucunda oluşmaktadır

Doğal agregaların başlıcaları şunlardır:

1. Kırılabilir taşla
2. Hafif agregalar
3. Kum ve çakıl

Doğal agrega biçiminde tanımlanmış olan kırma taşları oluşturan kayaçlar, kökenlerine bakıldığında sedimanter, metamorfik ve magmatik olarak üç temel gruba ayrılmaktadır. Kırmataş olarak kullanılan kayaç parçaları, bağlayıcılarla bağlanmış oldukları asfalt, harç, beton ya da benzer sağlam kütleleri ortaya çıkarmaktadır (Uçar, 2008).

Tablo 1.1. Ham Maddelerinin Jeolojik Sınıflandırılması (Uçar, 2008).

Grup	Genel Sınıflama	Kayaç	Yoğunluk
Magmatik	Plütonik	Granit	2,60
		Siyenit	2,70
		Diyorit	2,80
		Gabro	2,90
		Peridotit	2,90
	Volkanik	Riyolit	2,60
		Trakit	2,60
		Andezit	2,60
		Bazalt	2,80
		Diyabaz	2,90
Sedimanter	Kimyasal (Karbonatlı)	Dolomit	2,70
		Kireçtaşı	2,60
	Kırıntılı (Silisli)	Konglomera, Kumtaşı, Kuvarsit, Arkoz, Kiltası, Şeyl, Arjilit, Çört, Grovak	2,60
Metamorfik	Foliasyonlu	Amfibolit	3,00
		Şist	2,80
		Gnays, Sleyt	
		Fillit	2,70
	Foliasyonsuz	Mermer Kuvarsit	2,70 2,80

Bazalt ise doğada yaygın bir şekilde bulunan volkanik kayaç grubundandır. Çok geniş bir alanlarda yayılım gösteren lav akıntıları olmakla birlikte, yüzlerce kilometre karelik sahayı kapsayacak biçimde bulunabilmektedir. Yerkabuğunun iki buçuk milyon kilometre kareden daha fazlasını bazalt örtmektedir (Akıllı, 2012).



Şekil 2.2. Bazalt Agregası Örnekleri (Akıllı, 2012).

Bazaltik lavlar bacası, çatlak ve yarıklar aracılığıyla yayılmaktadır. Okyanus sırtlarından çıkan bazaltik lavlar, denizde yastık lavları biçiminde katılaşmaktadır. Bazaltik lavların yüzeye çıkıp katılaşmasıyla, volkanizmanın karakteriyle birlikte, ortama bağlı olarak değişik killeri kazanmaktadır. Bu ürünler ani çıkışlı patlamalı proklasik maddeler, killeri ve akıcı lavlar şeklinde oluşmaktadır.

Yanardağdan çıkan bazaltlar, değişik evreler içinde üst üste yığılmak suretiyle tabakalı yapılar kazanmaktadır. Çatlak çıkışlı lavları bakıldığında, genellikle geniş alanlara yayıldıkları görülmektedir. Tabakalı istifler akma yapıları oluştururken, karasal çıkışlı lavlar ise aglomeratik, masif kolon yapıları izlemektedir.

Bazaltın yüksek çekme dayanıklılığı, alkalilere bakıldığında yüksek termal iletkenliği, yüksek direnci, kansorejen ve başka sağlık durumları görülmemesi, inert olmasıyla dış etkenlere karşı dayanıklı olması, asit gibi agresif kimyasallara direnci, elektro-manyetik direnç ve iyi yorulma dayanımı sayesinde birçok alanda kullanılmaktadır (Yılmaz, 2008).

Bazalt lavları volkanlardan çıkmakta iken içlerinde bulunan gazlar uçar ve bu sayede taşın içinde ise boşluklar oluşur. Bu tür bazaltlara, boşluklu bazalt ismi verilmektedir. Bu boşluklar ise değişik minarelerle dolmaktadır. Bazaltın birçok türü bulunmakla birlikte, bunların içinde feltispatın cinsine göre isim verilmektedir. Bazaltlar yeryüzünde akıntı, örtü, sil ve dayk gibi birçok halde bulunabilmektedir. Ülkemizde bazaltlara akıntı, spilit lavı, dayk ya da örtüler ve geniş platolar halinde birçok yerde rastlamak mümkündür. Bu bazaltların büyük kısmı M-Miosen sonrasında, kuvaterner başındaki püskürtmelerle oluşmaktadır.

Bazaltik lavlar bacası, çatlaklar ve yarıklar aracılığıyla yayılmaktadır. Okyanus sırtlarından çıkmakta olan bazaltik lavlar, deniz suyunda yastık lavları biçiminde

katılaşmaktadır. Bazaltik lavların yüzeye çıkıp katılaşmasıyla, volkanizmanın karakteri yanında, ortam koşullarına bağlı kalmak kaydıyla çeşitli killer kazanmaktadır. Bu ürünler ise killeri, ani çıkışlı patlamalı proklastik maddeler, akıcı lavlar şeklinde bulunmaktadır.

Yanardağ çıkışlı olan bazaltlar, değişik evreler içinde üst üste yığılmak suretiyle tabakalı yapılar kazanmaktadır. Çatlak çıkışlı olan lavlar ise genellikle geniş alanlara yayılmaktadır. Tabakalı istifler akma yapıları göstermekteyken, karasal çıkışlı olan lavlarda aglomeratik, masif kolan yapıları izlenmektedir. Bazalt yüksek çekme gücü, alkalilere göre, yüksek termal iletkenliği, yüksek direnci, kanserojen veya başka sağlık sakıncalarını içermiyor olması, inert olmasıyla dış etkenlerden etkilenmiyor olması, asit gibi agresif kimyasallara yüksek direnci, elektromanyetik direnci ve yorulma dayanımı ile birçok alanda kullanılmaktadır (Akıllı, 2012).

1.2.1.1. Bazalt Agregasının Kullanım Alanları

Ticari olarak bakıldığında, siyah volkanik kayaçlar olarak adlandırılan bazaltların çıkarıldığı yerlerin, tüketim alanlarına yakınlığı önemli olmaktadır. Bu kayaçlar, kırma taş olarak ocaklardan çıkarılmaktadır. Duvar yapımında veya yol yarmalarında kırma taş olarak kullanılmaktadır.

Mıcır şeklinde kırılarak barajlarda ve karayollarında dolgu malzemesi, çimento harcı, demiryolu balastı gibi alanlarda tüketilmektedir. Bununla birlikte nükleer reaktörlerin duvarlarında kullanılmakta olan çimentoya yüksek yoğunluklu harç şeklinde katılmaktadır. Ayrıca kıyı koruma yapılarında blok olarak kullanılmaları söz konusu olmaktadır. İzolasyon amaçlı olarak da kullanıldığı alanlar mevcuttur.

Bazaltın yoğunluğu, yapı taşı olarak kullanılmasını da olanaklı kılmaktadır. Patlayıcı maddeler vasıtasıyla kolay parçalamaları mekanik ve kimyasal etkilere karşı dayanıklı olması istenen özellikleridir. Bununla beraber radyoaktivite ölçümlerinin yapılabilmesi için, asbest gibi lifli olan mineralleri içlerinde bulundurmaları istenmektedir (Akıllı, 2012).

Değişik ülkeler kendi rezerv kaynaklarının yanında, kayaçların özellikleri ölçüsünde değişik litolojide kayaçlardan üretilmiş olan basalt agregasını kullanmaktadır. Türkiye’de yürürlükte olan mevcuttaki demiryolu bazalt teknik şartnamesinde teknik gereksinimleri uymakla birlikte, litolojik şekilde bazaltik

kayaçlardan üretilmiş olan doğal malzemeler demiryolu bazaltı olarak kullanılmaktadır (Köken, 2019).

1.2.1.2. Agreg a Kaynakları

Agreg a kaynak planlamasıyla alakalı olarak Güney Avrupa’da bulunan ülkeler ile birlikte Avrupa Birliği 7’nci Çevre kapsamı içinde SNAP-SEE Agreg a Kaynak Planlaması projesinin geliştirilmesine başlanmış ve bu projenin çıktılarına bakılarak, Sürdürülebilir Agreg a Kaynak Planlamasıyla alakalı en iyi olan uygulamalar ele alınırken paydaş olanların düşüncelerini almak gerekliliği, sürdürülebilir agreg a planlamasında en iyi uygulamalara destek olan veriler ile birlikte, bunların analiz yöntemleri, agreg a kaynak planlaması kapsamında en iyi uygulamalarla alakalı vizyonun ne şekilde olması gerekliliğiyle birlikte, sürdürülebilir agreg a planlamasının ne şekilde yapılması gerektiği hakkında ilgili raporlar da yayınlanmıştır (agup.org.tr, 2022).

Başta İstanbul olmak kaydıyla, Büyükşehirler kapsamında agreg a kaynakları ülke ekonomisi için vazgeçilmez durumdadır. Türkiye’de agreg a kaynaklarının sürdürülebilir ve etkin kullanımıyla alakalı olarak, dünyanın gelişmiş ülkelerinde olduğu gibi agreg a kaynak planlamasıyla birlikte, yönetimi büyük şehirlerimiz açısından hayatı öneme haizdir.

Büyükşehirlerde agreg a kaynaklarının sürdürülebilir olan yönetimi, bölge halkının ve çevrenin mümkün mertebe daha az şekilde etkilenmesi, verimliliğin sağlanması, kaynak planlaması ve ekonomik kayıpların azaltılması, kaynak kullanımıyla alakalı stratejilerin geliştirilmesi, bölgede bulunan aktif kaynakların değerlendirilebilmesi, kaynaklardan yapılan ulaşımın çözülmesiyle beraber, projeye uygun olarak ürünün kullanılabilmesi bakımından önemlidir.

Bununla birlikte, büyükşehirlerle birlikte çevrelerinde faaliyette bulunan agreg a kaynaklarının işletilmelerinin yanında, kullanımlarıyla alakalı politikaların belirlenebilmesine olanak verecek sürdürülebilir veri tabanı, harita ve envanter oluşturulması gerekmektedir. Lokal ve bölgesel ölçekte, kamu kurum ve kuruluşları, üreticiler, yerel yönetimler, bölge halkı, sivil toplum kuruluşları ve üniversitelerin

işbirliği neticesinde, agrega temininde konuyla alakalı bütün sektörlerin de karşılıklı şekilde etkileşimi de önelemekle beraber, alakalı dokümantasyonu garantileyen sürdürülebilir, kapsamlı, birincil yani doğal, ikincil yani yapay bölgesel agrega kaynak planlaması yapılmasıyla birlikte, bu planlamayla alakalı yerel, bölgesel ve ulusal politikaların üretilmesi gerekmektedir. Bütün belirtilen konular il genelinde yapılabilecek planlama projesiyle birlikte çözüme kavuşturulabilecektir (Tuğrul ve Yılmaz, 2022).

1.2.1.3. Akarsu Yatakları

Akarsu yataklarında bulunan malzemenin en önemli olan özelliği devamlı surette doğal yıkanma neticesinde, bağlayıcı kilden arınmalarıyla birlikte, tanelerin yassı ya da yuvarlak hale gelmesidir. Bununla birlikte, tanelerin köşeli vaziyette bulunmaması, içsel sürtünmeyi azaltıp temel tabakaların stabilitesinde olumsuz olan etkiler oluşturmaktadır. Bu olumsuz olan özelliklerle birlikte uzun mesafelerde sürüklenmek suretiyle taşınmaları neticesinde aşınmaya karşı dayanıklılıkları bakımından genel anlamda iyi neticeler vermesi ise olumlu özelliğidir (Uçar, 2008).

1.2.1.4. Sel Yatakları

Yağışlı olan zamanlarda ya da mevsimden mevsime su bulunması bu yerin sel yatağı ismini almasını sağlamaktadır. Şiddetli fakat kısa süreli olan seller çok kuvvetli sürüklenme gücüne ulaşmaktadır. Uzun mesafelerden taşınmadıklarından dolayı taneler köşeli vaziyettedir (Uçar, 2008).

1.2.1.5. Dere ve Teras Ocakları

Teras akarsuların eski iç denizlerin ve göllerin eski yataklarında biriktirmiş oldukları malzemelerdir. Dere ve teras ocaklarının şartnameler açısından ekonomik olabilmesi için elek üstünde kalan malzemelerin yüzde 45’den çok olmasıyla birlikte, 40 cm’den büyük olan taşların bulunmaması gerekmektedir. Eğer elek üstü verimi yüzde 45’den az ise mıcır veriminin de düşük olmasının yanında kırılmışlık şartı da sağlanamamaktadır.

Elek altı için aynı olay söz konusu almakla beraber, bir miktar elek altında değersiz bir stok durumunda kalmaktadır. Dere teras ocaklarından alınan mıcırların

asfalt kaplama işleminde kullanılmadan önce uygun boyuta getirilmek amacıyla elenmesinin yanında, kirden arındırılması kapsamında kesinlikle yıkanması gerekmektedir.

Kum ve çakıllar doğal agregalar olmakla birlikte, dere malzemelerinin tipik örneğini teşkil etmektedir. Kayalar, tabiatın kimyasal ve doğal etkileri sonucu aşınmakla birlikte bozulmaktadır. Bozulma neticesindeki ürünler özellikle buzul, rüzgar ve suyun etkisi sonucunda hareket etmekle birlikte, çeşitli yerlerde birikmektedir. Çakıllar oldukça geniş dağılım göstermesinin yanında, içinde kum silt bulundurmayan depozitleri çok ender bulunmaktadır. Kumlu toprak karışımlarıysa, özellikle kil ve siltte bulunmaktadır. Malzemeleri taşımakta olan dış etkenler tane oluşumlarını da etkilemektedir (Uçar, 2008)

1.2.1.6. Taş Ocakları

Bitümlü kaplama agregası olarak kullanılmakta olan taşların içinde en çok tercih sebebi olan kireçtaşları (kalker) taş ocaklarıdır. Taş ocaklarının çakıl ve kum ocaklarına bakıldığında üstün olduğu taraflar fazladır. Bunlar şunlardır:

1. Malzemelerin, tamamının homojen olması,
2. Kırılarak kullanıldığı için yine tamamının köşeli yüzeyler vermesi,
3. Malzeme miktarı yönünden de genellikle yeterli kapasitede olmalıdır.

İşlem görmüş olan agregalar elenmiş ve kırılmış doğal taşları ya da çakıl taşlarını kapsamaktadır. Doğal çakıl taşları asfalt kaplamasında kullanılmak amacıyla kırılmaktadır. Kırma işlemi, tanelerin yüzeyini değiştirirken, yuvarlak şekilli olan taneleri köşeli şekle getirilmekle birlikte, tane buya dağılımı iyileştirilmek suretiyle kalitesi artırılmaktadır. Büyük kayaların ve taşların kırılması sonucunda oluşturulan kırma taşlarda bütün agrega taneleri kırılmış olan yüzeylere sahip olmaktadır (Uçar, 2008).

1.2.2. Bazalt Madeni

Bazalt, doğada yaygın bir şekilde bulunan volkanik kayaç grubunu teşkil etmektedir. Bu maden çok geniş bir alana yayılmış olan lav akıntıları olarak karşımıza çıkmaktadır. Camsı veya küçük kristalli, koyu gri, siyah arasında değişkenlik gösteren renklere sahip olan volkanik bir kayadır. Bazalt madeni, bazik ve akıcı lavların

soğuma yüzeyine dik bir şekilde beş ve altı kenarlı olan sütunlar halinde katılaşmasıyla oluşmaktadır. Bununla birlikte bu türdeki lavların havayla temasta bulunan dış kısımlarıyla birlikte, akıntı uçları boşluklu bir şekilde olabilmektedir. Bu durum ise bazalt madenine cüruf görünümü vermektedir. Soğuyan lavdan çıkan gaz tanecikleri sözü edilen boşlukların oluşumunu sağlamaktadır. Taşın iç kısımlarına doğru boşluklar küçülürken, sayılarının da azaldığı gözlemlenmektedir. Bu tür bazalt madenine gözenekli bazalt adı verilir. Suyu daha çok emerken, soğurma özelliğinin de fazla olduğu görülmektedir. Gözeneksiz olan bazalt madeninin ise düz bir yapıda olduğu gözlemlenmiştir (Kahveci ve Kadayıfçı, 2013).

Bazalt madeni, camsı, küçük kristalli, koyu siyah renkli volkanik bir kayaç olmakla birlikte, gabronun yüzey biçimidir. Madenin bileşiminde plajiyoklaz (albit, oligoklaz, andezin, labrador), ilmenit, manyetit, olivin, ojit ve nadiren kuvars bulunmaktadır. Bazalt koyu siyah rengi olan camsı bir hamurun içindedir. Çıplak gözle iri minerallerin yanında örneğin plajiyoklaz, ojit, kuvars, olivin fark edilebilmektedir. Bazalt lavları, volkanlardan çıkarken içlerinde gazların uçmasıyla birlikte, madenin içinde boşluklar oluşmaktadır. Bu tür madenlere boşluklu bazalt adı verilmektedir. Sözü edilen boşluklar mineraller ile dolmaktadır. Bazalt madeninin birçok türü bulunurken, bunlara içinde bulunan feldspatın cinsine göre adlar verilmektedir. Bazalt madenleri yeryüzünde akıntı, örtü, silt, davk gibi birçok halde bulunmaktadır. Ülkemizde bazalt madenine örtüler, geniş platolar, akıntı, pilow lavı ve spilit halinde birçok yerde rastlamak mümkündür. Bu madenlerin büyük bir kısmı miosen sonrasıyla beraber, kuvaterner başındaki püskürtmeler sonucunda oluşmaktadır (Akatay, 2014).

1.2.3. Bazaltların Sınıflandırılması

Bazalt madeni mineralojik, dokusal oluşum biçimleriyle birlikte, buna benzer özelliklerine bakılarak sınıflandırılmaktadır.

1. Oluşum Ortamlarına Göre
 - a) Olivinli Alkali Bazalt Serisi
 - b) Toloyitik Bazalt Serisi
 - c) Riyolit - Andezit- Bazalt Serisi
2. SiO₂'ye doygunluğuna göre sınıflandırma
 - a) Olivinli Tolloyitler - Kuvarslı tolloyitler - Silisçe doygun bazaltlar (tolloyitler)
 - b) Yarı doygun bazaltlar, müjearit, bazenit, ankaranitler

c) Yarı Doygun Feldspatoidli bazaltlar - Melilitit - Lositit – Nefelinitler

3. Mineralojik bileşimlerine göre tetrahedrik grafikli sınıflandırma

Bazaltları oluşturan asıl mineraller, tepe noktalarını oluşturmaktadır. Kuvars, Olivin, nefelin, klinoproksen ile kuvars arası ortoproksen, nefelin ile kuvars arasında plagioklaslar göstermektedir. Bu tetrahedralardan üç tetrahedra oluşturulur.

Bunlar:

a) Plagioklas - olivin- nefelin- klinoproksen tetrahedri

b) Plagioklas - ortoproksen- olivin- klinoproksen tetrahedri

c) Kuvars - ortoproksen- plagioklas- klinoproksen tetrahedri

4. Tektonik Olaylara Göre Sınıflandırma:

a) Klinal - jeosen oluşum sonrası evre oluşuklu bazaltlar, postorojenik volkanizma ürünü olanlar

b) Nefelinli Olivinli Bazalt Serisi - Olivinli Bazalt Serisi - Anonjenik Atlantik tipi olanlar

c) Andezit Serisi - Bazalt Serisi - Postorojenik Pasitif Tipi volkanizma ürünleri

5. Kimyasal Sınıflandırma

a) Kalko Alkali seri

b) Alkali (sodik) seri

c) Alkali (potasik) seri ve alkali seri ile beraber “esasen bazaltik seri” bulunur (www.reade.com, 2022).

Bazaltlar, bazik bileşimli Mlamokrat, (SiO_2 yüzde 52 - 45) koyu renkli olmakla birlikte, yoğun kayaçlar olarak Afanitik lavlar şeklinde tanımlanmaktadır. Minerolojik bileşim olarak bazik plagioklaz (labrador) mafik mineralden oluşmaktadır. Bu minerallerden bazik mafik mineral yüzde 35 – 55, plagioklaz mineral ise yüzde 40 - 60, oranında bulunmaktadır. Bazalt, olivin, piroksen ve labrador minerallerinin toplamından ibarettir.

Bazaltlar jeologlar tarafından kimyasal bileşimiyle beraber, minerolojik göre alkali bazaltlar, olivin bazaltları ve toleitler olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır.

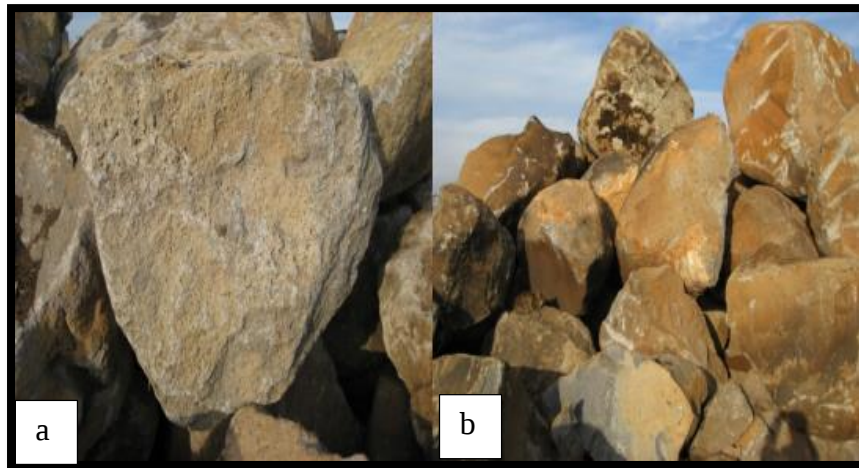
Bazaltlar esas olarak CaO , MgO , Al_2O_3 , SiO_2 ve demir oksitlerden (Fe_2O_3 ve FeO) oluşmaktadır. Bu oksitlerden başka, az oranlarda MnO , TiO_2 , P_2O_5 , K_2O ve Na_2O 'de bulunmaktadır (Yılmaz, 2008).

En yüksek SiO_2 miktarı toleitlerde bulunur. MgO , K_2O ve Na_2O oranlarıysa daha düşüktür.

Ojit ve plagioklas olarak bilinen monoklinik piroksen bazaltlarda rastlanan iki ana kristal faz bulunmaktadır. Bunlar haricinde apatit, ilmenit, biotit, olivin ve magnetit fazları da görülmektedir (<https://www.ergagranit.com.tr/bazalt-ocaklari>, 2022).

1.2.4. Bazaltın Kullanım Alanları

Bazalt yüksek dayanımı ile ön plana çıkan gözenekli (dişi) ve gözeneksiz (erkek) (Şekil 5) olmak üzere iki yapıya sahip koyu gri ve siyah renkli volkanik bir kayadır. Bazaltının aşınmaya karşı göstermiş olduğu yüksek direnç, iletkenliğinin zayıflığı ve asite karşı dayanıklılığı nedeni ile yapılarda yaygın şekilde kullanılmasına neden olmuştur (Erkan, 1995). Gözenekli bazalt gözeneksizle göre daha kolay şekil verilen özellikte olup genellikle özgün mimari projelerde, taşıyıcı olmayan ara duvarlarda, yol ve kaldırım döşemesi, bordur taşı gibi kullanım alanları mevcuttur. Özellikle siyah renkli bazaltın kalker ile beraber cephe kaplamalarında kullanılması geleneksel mimari yapılarda sıklıkla karşımıza çıkmaktadır. Gözeneksiz bazalt ise yüksek mukavemete sahip olup daha çok taşıyıcı elemanlarda yığma taş, temel, sütun kolon, kemer, zemin kaplamaları, sövelerde, parke taşı kullanımı gibi eski yapılardan günümüze geniş kullanım alanı vardır. Ayrıca kırma taş olarak, hazır beton ve beton travers yapımında da tercih edilmektedir (Erkan, 1995).



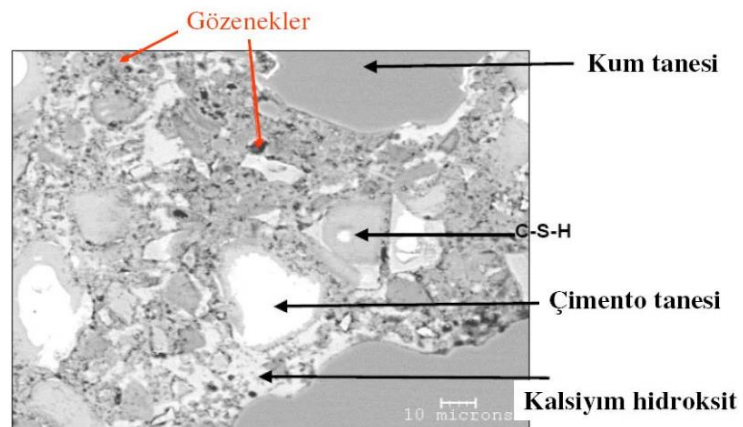
Şekil 1.3. a) Gözenekli İşlenmemiş Bazalt b) Gözeneksiz İşlenmemiş Bazalt

Diyarbakır Karacadağ bölgesindeki gözenekli ve gözeneksiz bazalta ait fiziksel ve mekanik değerler Tablo 1.2'de gösterilmiştir (Karaaslan, 2001).

Tablo 2.2. Gözenekli ve Gözeneksiz Bazalta Ait Fiziksel Ve Mekanik Değerler

	Gözenekli (Dişi)	Gözeneksiz (Erkek)
Yoğunluk (kg/m^3)	2852	3300
Isıl iletkenlik (W/mK)	1,143	1,365
Özgül ısı kapasitesi (J/kgC)	924	1013
Isı yayılma (m^2/S)	$5,42 \cdot 10$	$4,72 \cdot 10$
Su emme oranı (%)	4,12	1,72
Basınç dayanımı (MPa)	35,50	55,50
Çekme dayanımı (MPa)	2,30	4,00
Aşınma yüzdesi (%)	3,10	2,20

Betonda kullanılan malzemelerin, oluşan ürünlerin manyetik mikroskop (SEM) görüntüleri Şekil 1.4'te gösterilmiştir.



Şekil 1.4. Beton Karışık İçyapısı (Doğruyol ve diğ., 2016)

Diyarbakır ilinin Karacadağ bölgesinde bulunan Bazalt madeninin çeşitli alanlarda kullanımı amacıyla deneyler ve gözlemler yapılmıştır. Bu çalışmada Karacadağ bazaltının yüzey aşınmasına karşı dayanıklılığı araştırılmış ve dış kaplama malzemesi olarak kullanımın uygun olduğu sonucuna varılmıştır. Fakat bazalt kayacıklarının kesiminde zorluklar olmakla birlikte, gözeneklilik ile su emme özellikleri bakımından mermerlere oranla kalitesinin daha fazla olduğu gözlemlenmiştir. Bölgedeki Deve geçidi bölgesinde bulunan bazaltların mermer gibi kullanılabileceği anlaşılmakla birlikte, kaldırım taşı olarak da kullanılabileceği ortaya koyulmuştur (Acar, 2002).

Mimari, İktidar ve tarih açısından Cizre Kırmızı medresenin incelendiği çalışmada, medresenin yapı analizi yapılmakla birlikte, odalarda bulunan eşyalar, türbede bulunan mezar kitabeleri incelenmiştir (Şengül, 2014).

Çimento esaslı olan malzemelerin toklukları ve dayanımı düşük olmaktadır. Çimento matrisinde bulunan çatlak gelişimini geciktirmek ya da engellemek amacıyla kullanılmakta olan lifler kontrolsüz ve hızlı ilerleyişini kontrollü ve yavaş bir şekilde getirmek suretiyle çimento esaslı malzemelerin özelliklerini iyileştirmektedir. Lif kullanımı sonucunda betonun su geçirimsizliğini ve klor geçirimsizliğini belirli olan hacimlerde ilave edilen lif oranları haricinde olumsuz olarak etkilememiştir. Teknolojinin giderek ilerlemesi ve gelişmesi sonucunda betonun yetersiz olarak görülen mekanik özellikleri, ekonomik ve doğal bir lif olan bazalt liflerle iyileştirilebilmektedir (Erdoğan ve diğ., 2014).

İki farklı iri ve ince taneli bazaltik kayaktan üretilmiş olan agregaların değişik çevresel ve mekanik koşullarda özelliklerinin değişimi incelenmiştir. Arazi çalışmaları sırasında agregaların üretilmiş olduğu kaya kütlelerinin jeoteknik özellikleri belirlenmekle birlikte, sahada değişik bozunma, ayrışma olan kaya kütleleri ayrıştırılarak sınıflara ayrılmıştır. Değişik bozunma, ayrıştırma derecelerinde bulunan kayalardan elde edilen örnekler kullanılmak koşuluyla kayalara ait olan mekanik, fiziksel agrega özellikleri belirlenmiştir. Laboratuvar çalışmalarına bakıldığında, balast agregasındaki şekilsel özelliklerde bulunan değişimin parçalanma derecesi ve balast dayanımı üzerinde önemli etkiler yaptığı ortaya çıkarılmıştır. Balast agregasında bulunan parçalanma derecesinin mineralojik değişimle birlikte, tane boyutuyla alakalı olduğu söylenebilmektedir. Bununla birlikte araştırması yapılan balast

agregasının Los Angeles aşınma kaybının yanında, kirlenme derecesinin kestiriminde birkaç görgül bağlantı geliştirilmiştir. Balast agregasının yerinde bulunan parçalanma mekanizmasının araştırılması aşamasında öneriler geliştirilmiştir (Köken, 2019).

1.2.4.1. Bazaltın Betonda Kullanımı

Nükleer yakıtların depolanma işlemi için de bazalt cam seramiklerin kullanımıyla alakalı çalışmalar bulunmaktadır. SiO_2 - Al_2O_3 - CaO - MgO - Fe_2O_3 - Na_2O esaslı bazaltlara ağırlıkça yüzde 50'ye varan radyoaktif atık simülasyon malzemelerinin katılmasıyla temel kristal fazı ojit ($\text{CaFeMg}(\text{SiO}_3)$) olan bazalt cam seramikler üretilmektedir. Bazalt cam-seramikler, camlara ve seramiklere bakıldığında daha iyi mekanik, termal ve kimyasal özellikleri içlerinde barındırmaktadır. Bu özellikleriyle radyoaktif malzemelerin depolanmasında kullanılmakta olan borosilikat camının yerine kullanılabilecek malzemelerdir (Aksoy, 2007).

Beton malzemelerin mekanik davranışının artırılması ile ilgili çalışmada bazalt kayaçlardan elde edilen bazalt liflerin (Şekil 6) çimento hacminin %1'i oranında ilave edilmesi ile basınç dayanımında % 2,16 çekme dayanımında % 16,46 oranında iyileştirildiği rapor edilmiştir (Günaydın ve Güçlüer 2018). Ancak benzer amaç için kullanılan çelik lif ve polimer lif katkıların bazalt liflere göre mekanik etkilere katkısı daha yüksek olmuştur (Camkerten ve diğ., 2020).

Bazalt agregasının betonda dayanım ve durabilitesinin araştırıldığı çalışmada, Diyarbakır bazaltının bazik özellikte olduğu mekanik deneyler sonucunda beton dayanımını ve dayanıklılığını artırdığı, Elektron manyetik mikroskop (SEM-EDS) ve X-ışını enerji dağılımlı spektroskopisi (XRD) analizleri ile de ASR'ye neden olmadığı ortaya konmuştur (Doğruyol ve diğ., 2016).

Farklı agrega tür ve boyutlarının beton dayanımına etkisinin araştırıldığı çalışmada iki değişik beton üretilirken, farklılıkları yalnız iri agrega türlerinin farklılıklarından kaynaklanmıştır. Bunlar bazalt ve kalker agregalarıdır. İri agregası bazalt olan betonun dayanımı kırma kalker olan betonun üstünde gerçekleştirilmiştir (Pek, 2014).

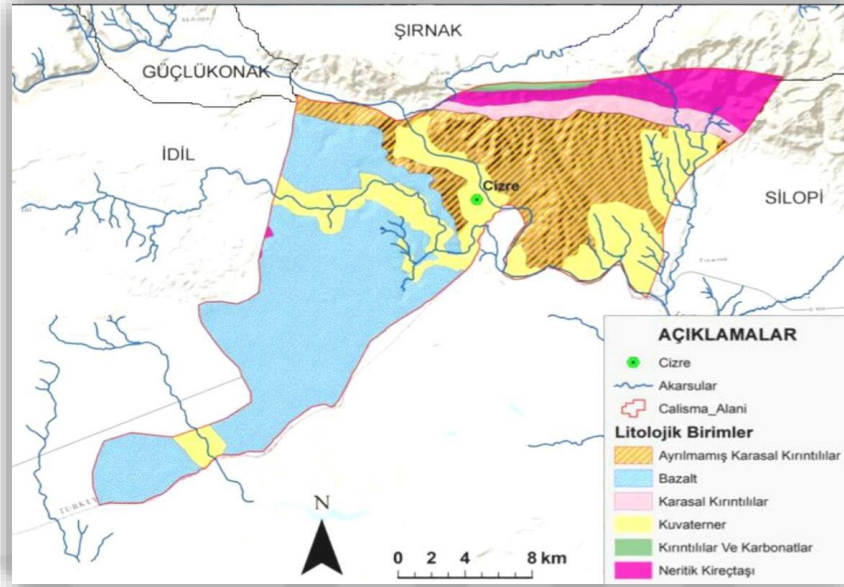
Bazaltın beton sektöründe kullanılmasıyla akarsu kenarlarından alınan agregaların önüne geçilmesi, akarsu ve dere yataklarının bozulması engelleneceği gibi

bazalttan temizlenen arazilerin tarıma açılmasına da fayda sağlayacaktır. Beton sektöründe kullanılan dere agregası nehir yataklarında ciddi tahribatlar oluşturmaktadır. Diyarbakır ve Batman il sınırları içerisinde Dicle Nehrine ait Google Earth'ten alınan görüntüler tahribatın boyutunu ortaya koymaktadır. Diyarbakır il sınırlarında Dicle Nehir yatağındaki tahribat 2012 - 2016 yıllarına ait iki fotoğrafta Şekil 7'de açıkça görülmektedir. Yine benzer tahribat 2013- 2015 yılları arasında Batman il sınırları içerisinde de Şekil 8'de görülmektedir (Doğruyol ve diğ., 2016).

Beton yaygın olarak kullanılan bir yapı malzemesidir. Betonun günümüzde değişik alanlarda kullanımının artması sonucunda beton teknolojisinde bazı gelişmeler olmuştur. Bu alandaki gelişmelerin başında lifli betonun üretilmesi gelmektedir. Betonun daha dayanıklı olması için çeşitli türlerde liflerin katıldığı görülmektedir. Mekalik maden galerinin ve tünel inşaatlarının daha güvenli olması için lifli betonların kullanılmaktadır. Polimer ve çelik lifli betonların günümüzde kullanımı artmıştır. Bu çalışmada bazalt liflerinin püskürtme betonda kullanımı araştırılmıştır (Camkerten ve diğ.,2020).

1.2.5. Cizre'de Bazalt Madeni

Bazalt kayaçlar Cizre'de 20 km'lik alanda geniş yaygılar oluşturur. Yayılı şekilde yer alan bazalt, Midyat 'ta yer alan ve Alem Dağı'ndan yayılan Kuvaterner yaşlı bazaltlar olması muhtemeldir. İdil ilçe merkezinin yakın güneyinde yer alan Alem Dağı volkanik çıkış merkezi gibi görünmekte ve buradan kuzeye, güneye, doğuda Cizre ilçesi yakınlarına ve Suriye topraklarına kadar genç bazalt lavları yayılmıştır. Bazaltların yüksek basınç ve eğilme dayanımının yanı sıra darbe, aşınma, sürtünme gibi yüksek dayanıklılığa (durabilite) sahip olduğu bilinmektedir. Büyük rezervlere sahip olan bu bazaltlar, kaplama taşı, yapıtaşı, kırma taş ve hazır beton katkısı olarak kullanılabilecek niteliktedir (Erkan, 1995).



Şekil 1.5. Cizre'nin Jeolojik Haritası (Karademir, 2014)



Şekil 1.6. Kayaçlar (Doğu, 2021).

Tarihi yapılarda kullanılan malzemelerin Fiziko-mekanik özelliklerinin belirlenmesi: Cizre Kalesi (Birca Belek) Örneği isimli yüksek lisans tezinde bazalt incelenirken, Cizre ilçesinde bulunan tarihi yapılar hakkında da bilgiler verilmiştir. Tarihi yapılarda kullanılan malzemeler incelenirken Cizre kalesi de ele alınmıştır (Bayık, 2022).

Cizre Tarihi Suriçi Bölgesinin Kentsel Koruma Açısından İrdelenmesi isimli yüksek lisans tezinde Cizre’de bulunan bazalt agregaları ile ilgili de bilgiler verilmiştir (Tan, 2019).

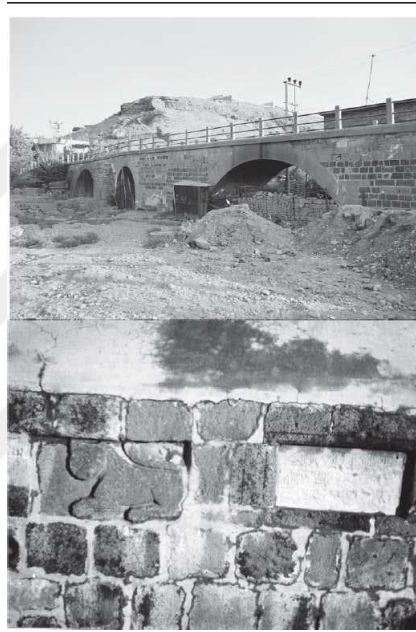
Kasrı isimli makalede, Cizre’de bulunan tarihi eser Mehmet Ağa Kasrı incelenirken, bu kasrın yapımında bazalt agregasının kullanıldığına da yer verilmektedir (Subaşı Direk ve Öztürk, 2017).

Cizre Kalesi Orta Çağ Barbutin ve Kalıba Baskı Bezemeli Sırsız Seramikleri adlı makalede Cizre kalesi incelenirken, Kalenin yapımında kullanılan bazalta da yer verilmiştir (Kozbe ve Gök, 2015).Cizre’nin tarihi çok eskilere dayanmakla birlikte, şehir tarihi eserler bakımından oldukça zengindir. Bu eserlerin başında şehri dört tarafından sarmakta olan surlar bulunmaktadır. Bu surların temeli siyah bazalt taşlarla atılmakla birlikte, gemi biçiminde yapıldığı görülmektedir. Bu surların en geniş kısmı şehrin güney tarafındadır. Surların bir kısmı ise yıkılmış haldedir. Kalenin üç kapısı bulunmaktadır. Kapılar “el-Bâbü’l-Cedîd, Bâbü’l-Cebel ve Bâbü’l-Mâ” adıyla anılmaktadır (Saban, 2013).



Şekil 1.7. Cizre Surları (<https://ilkha.com/guncel/zamana-direnen-6-bin-yillik-cizre-surlari-yok-olmayla-karsi-karsiya-155720>, 2022).

Deşt (Fevzi Çakmak) Köprüsünün, bir kaynağa göre İmameddin Zengi tarafından 1159-1170 tarihleri arasında yapıldığı, başka bir kaynağa göre 12.yy. yapıldığını belirtmektedir. Cizre'nin çevresini hilal biçiminde çeviren tali nehir kolu üstünde, ova ile Cizre'yi birbirine bağlamak amacıyla yapılmakla birlikte, Cizre surlarının doğu tarafında bulunan kapının karşısındadır. Bu köprü, eğimli ve çok gözlü köprüler sınıfına girmektedir. Dört kemeri birbirine eşit olmamakla birlikte köprü bazalt malzemeden yapılmıştır (Tan, 2019).



Şekil 1.8. Dest Köprüsü Mansap Cephesi (Yaşın, 2011).

İsve Katip Evi, Cizre'de Dağkapı Mahallesinde bulunmaktadır. Binanın yapım tarihi hakkında net bir bilgi bulunmamaktadır. Yapıda kullanılan malzemeler ve yapım tekniğine bakıldığında, 19'uncu yüzyıl Osmanlı İmparatorluğunun son döneminde yapılmış olduğu tahmin edilmektedir. Yapının özelliklerine bakıldığında odaların avlu çevresinde sıralandığı görülmektedir. Zemin taş kaplamalı, tek katlı ve dikdörtgen planlıdır. Giriş kapısı dikdörtgen silmeli, düz damlı, ahşap kirişli olan yapı, sivri kemerli ve tescilli sivil mimarlık eseridir. Bu yapı düzgün kesme bazalt taşlarla yapılmıştır (Tan, 2019).

Kırmızı Medrese, iç kale içindeki Dağkapı Mahallesinde, surların üst bölümünde yükselmektedir. Bu yapının batı duvarında büyük boyutlu bazalt taşları kullanılmıştır.

Kırmızı Medrese, değişik dönemlerde yapılmış olan birçok yapının da aralarında bulunduğu bir alanda inşa edilmiştir. Diğer belirgin özellikleri ise temel seviyesinden itibaren beden duvarlarında ve örtü sisteminde inşa malzemesi olarak kırmızı tuğla kullanımı, dikdörtgen formdaki açık avluyu dört yönden çevreleyen revakların kuruluşu ve bu revakların kemer biçimleridir. Kırmızı Medrese Cizre’de tamamıyla tuğla malzeme ile inşa edilmiş tek yapıdır (Şengül, 2014)

Kırmızı Medresenin güney tarafında Hz. Nuh Tufanından sonra inşa edildiğine inanılan Hz. Nuh Türbesiyle, İslam dünyasında ilk robotu yapan alim Cizreli mucit İsmail Ebu’l İzz el-Cezeri’nin türbesi yer almaktadır. Medresenin güney tarafının biraz ilerisinde Mîr Abdal Medresesi ve Mem û Zîn Türbesi (841/1437) ile birlikte, güneydoğu kısmında Cizre Ulu Cami (550-555/1155-1160) bulunmaktadır (Açıkyıldız ve Şengül, 2014).

Diğer belirgin özellikleri ise temel seviyesinden itibaren beden duvarlarında ve örtü sisteminde inşa malzemesi olarak kırmızı tuğla kullanımı, dikdörtgen formdaki açık avluyu dört yönden çevreleyen revakların kuruluşu ve bu revakların kemer biçimleridir. Kırmızı Medrese Cizre’de tamamıyla tuğla malzeme ile inşa edilmiş tek yapıdır (Şengül, 2014).

Cizre kent merkezi Dağkapı Mahallesi Dursun sokakta yer alan 19.yy Osmanlı eseri olan Mehmet Ağa Kasrı (Şekil 9), avlulu, iki eyvanlı, iki katlı ve düz dam örtülü olarak inşa edilmiştir. Tarihi Kasr ve İç Kaleye bağlı tarihi surlar (Şekil 11), işlenmiş bazalt kayaç ve kalker ile birlikte yığma duvarlarda, kemerlerde, sövelerde moloz veya işlenmiş olarak sıklıkla kullanılmıştır.

İdil’de ilçe merkezinin güneyinde bulunan Alem Dağı volkanik çıkış merkezinde güneye, kuzeye, doğuda bulunan Cizre ilçesi yakınlarıyla birlikte, Suriye topraklarına varıncaya kadar devam eden genç bazalt lavlarının yayıldığı görülmektedir. Pliyosen çökellerini örten sözü edilen bazalt akıntılarının Güneydoğu Anadolu’nun en genç lavları olduğu anlaşılmaktadır. Sözü edilen bazalt yapısının kalınlığına bakıldığında inceleme alanı içinde Cehennem Deresi vadisi yamaçlarında bazalt agregaları gözle görülebilmektedir. Bunların kalınlığı 20 metreyi bulmaktadır (Siler ve Şengün, 2016).



Şekil 1.9. a) Cizre Mehmet Ağa Kasrı b) Cizre Mehmet Ağa Kasrı c) Cizre Bırca Belek Yerleşkesi İz Kale d) Cizre İç Kale-Karargah Binası e) Tarihi Cizre Bafid Kemer Köhrüsü f) İsmail Ebul-iz El-Cezeri Müzesi

1.2.6. Türkiye’de Bazalt Madeninin Çıktığı Yerler

Ülkemizde Bazalt madeni birçok yerde çıkarılmaktadır. Bu illerimiz Ege bölgesinde Manisa, Marmara bölgesinde Çorlu, İç Anadolu bölgesinde Ankara-Kızılcahamam, Sivas, Akdeniz bölgesinde Kahramanmaraş, Karadeniz bölgesinde Kastamonu, Doğu Anadolu bölgesinde Elazığ, Güneydoğu Anadolu bölgesinde Diyarbakır, Şanlıurfa, Gaziantep’tir (Akatay, 2014).

İnşaat ve yapı sektörünün vazgeçilmeyen unsuru olarak görülen bazalt taşı yaygın bir biçimde köprüler, duvarlar, kaplamalar, basamaklar, merdivenler ve yer döşemelerinde kullanılmaktadır. Ayrıca süs biblolarında ve hediyelik eşya sektöründe de son zamanlarda kullanılmaya başlanmıştır.

Ülkemiz bazalt madeni yönünden oldukça zengindir. Çünkü birçok şehir ve bölgede dünyanın en iyi bazalt ocağının olduğu bilinmektedir. Ocaklardan çıktıktan sonra işlenen bazalt madeni birçok sektörde kullanılmaktadır. Türkiye’de bulunan başlıca bazalt ocakları Kayseri bazalt Taşı Ocakları, Bergama bazalt Ocakları, Diyarbakır Bazalt Ocaklarıdır. Bunun haricinde Nevşehir, Muş, Kütahya, Konya, Kocaeli, Tokat, Kilis, Kırşehir, Kırıkkale, Trabzon, Kastamonu, kars, Kahramanmaraş, Hatay, Gümüşhane, Giresun, Gaziantep, Şırnak, Eskişehir, Erzurum, Erzincan ve Elazığ’da da değişik ocaklardan çıkarılmakta olan bazalt taşı bulunmaktadır (<https://www.ergagranit.com.tr/bazalt-ocaklari>, 2022).

Tablo 1.3. Türkiye’de Bulunan Başlıca Bazalt Kaynakları ve Bileşimleri

Oksit Bileş	Manisa	Konya	Erciyes	Doğu
SiO ₂	47,5-	50,13	47,5	46,55
Al ₂ O ₃	18,52-	17,6	18,04	13,23
Fe ₂ O ₃	3,29-	2,49	3,13	1,9
FeO	5,2-6,32	5	6,41	7,14
CaO	7,56-	11,26	10,35	18,9
MgO	4,36-	7,09	7,18	7,88
Na ₂ O	5,08-	4,04	3,5	2,96
K ₂ O	0,69-	0,91	0,49	1,26
P ₂ O ₅	0,13-	0,18	0,22	0,22
H ₂ O	0,02-	0,16	-	0,36
TiO ₂	-	-	1,36	2,29
MnO	-	-	0,14	0,18

1.3. Dolomit agregası

Dolomit, birleşimine bakıldığında otuz beşten fazla magnezyum karbonat (MgCO₃) bulunan tortul kayaç şeklinde bilinmektedir. Dolomit, kireçtaşında Ca ve

Mg'nin yer alması sonucunda oluşan bir mineral türü olarak karşımıza çıkmaktadır. Bileşimi $\text{CaMg}(\text{CO}_3)$ olmasının yanında, bir tür karbon bileşiği şeklinde, kalsitten ayrı mineral olduğu 1972 yılında Fransız bilim adamı Dolomie Syluoïn tarafından bulunmuştur. Dolomitin basit bir mineral olmamasının yanında, oluşumunun mesalen tartışılır halde olduğu ortadadır. Ancak teorik olarak %45-65 MgCO_3 içerdiği kabul edilmekle birlikte, pratikte sızözü edilen oranın %10-40 arasında değışiklik gösterdiği ortaya çıkmıştır. Dolomitten MgO kazanımı ilk defa 1913 senesinde Pensilvanya'da gerçekleştirilirken, ABD'nin bu yıllardaki magnezya ihtiyacı dolomitten karşılanmış bulunmaktadır (Temur, 2001).

Dolomit, birincil ve ikincil olarak isimlendirilmektedir. Az tortu bulunan dolomitler birincil olarak adlandırılırken, bu türdeki dolomitler buharlaşma sonucunda biriken tortularla birleşmek suretiyle oluşmaktadır. İkincil dolomitlere bakıldığında, metasomatik olayların neticesinde, aragonit ve kalsit içermekte olan kireçtaşlarının magnezyum bileşikleriyle birleşmesi sonucunda ortaya çıkmaktadır. Günümüzde ortaya çıkmış olan dolomit oluşumları, birincil, düzeysel ve mikritik yapılar olarak bilinmektedir. Erken dönem ortaya çıkmış olan dolomitlerdeki farklılıklar fazlalık göstermiş olsa da bunun önemli bir sebebi dolomitin kimyası ve mineralojidir. Hoşloşende geniz alanlarda oluşumunda yeterli zamanın oluşması durumunda farklılıkları meydana çıkaran en önemli durumun kinetik olduğu düşüncesi ağır basmaktadır. Mg ve CO_2 içeriği bakımından zengin durumda olan çözeltiler, belirli koşulların oluşmasıyla kireçtaşının dolomite dönüşmesine neden olabilmektedir (Deer ve diğ., 1962).

Dicle nehrinin Diyarbakır ili sınırları içinde kalan bölümünde bulunan yatağından dere agregası alınmasıyla ortaya çıkan tahribat Şekil 10 (a) ve şekil 10 (b) Görölmektedir (Doğruyol, 2017).



Şekil 1.10. Diyarbakır İli Dicle Nehri Havzasından Agregat Çekilmesi Uydu Görüntüsü 22/06/2013 (Doğruyol, 2017).



Şekil 1.11. Diyarbakır İli Dicle Nehri Havzasından Agregat Çekilmesi Uydu Görüntüsü 06/11/2014 (Doğruyol, 2017)

Şekil. 10 (a)'da 2013 yılının Haziran ayında çekilmiş olan görüntüde agrega çıkarmak için hazırlanan taş ocağı görülmektedir. Şekil 10 (b)'de 2014 yılının Kasım ayında Nehir yatağında ortaya çıkan tahribat görülmektedir (Doğruyol, 2017). Agregat çıkarılması sırasında nehir yatağında oluşan bozulma durumu ülkemizde birçok nehir yatağında da görülmektedir.

1.4. Beton Agregasından Beklenen Mekanik Özellikler

Betonlarda kullanılan agregaların sert, sağlam, çabuk aşınmayan ve kolay şekilde kırılmayan yapıda olması gerekmektedir. Agregaların aşınma dayanıklılıkları, sertlikleri, toklukları, basınç dayanımı ve aşınma dayanıklılığı, mekanik özelliklerini

etkilemekte olan etmenler olarak görülebilmektedir. Agreganın elastiklik modülüyle birlikte, poisson oranı mekanik özellikleri arasında bulunmaktadır (Erdoğan ve diğ., 2007).

Genel anlamda elastisite modülü ve basınç dayanımı, agreganın elde edilmiş olduğu kayacın yapısına, dokusuna ve mineral bileşimine bağlıdır. Düşük dayanım, iç yapı bileşen tanelerin zayıflığıyla birlikte, bunların yeterli olarak bağlanamaması neticesinde meydana gelebilmektedir. Betonda kullanılmakta olan agreganın basınç dayanımına ait ortalama değer belirtilirse, değer 20 MPa civarında olabileceği söylenebilmektedir. Normal dayanımlı olan betonlarda, yalnız agrega dayanımının etkisi çok az düzeydedir. Agrega granülometrisi, yüzey yapısı, tane şekli, zararlı maddelerin olması, beton özellikleri üstünde önemli durumdadır. Ortalama ve düşük olabilecek basınç dayanımıyla birlikte, elastisite modülüne sahip olan bir agrega beton durabilitesini koruyabilmektedir. Agreganın dayanımı, hafif betonların dayanımında kullanılmakta olan agrega dayanımından büyüklüğü, beton dayanımını her saman sınırlamakta olan bir faktör olarak görülmemektedir.

Agreganın sertliği ve dayanımının yanında, genellikle beton yüzeyinin aşınmaya maruz kalabileceği durumlarda, agreganın aşınma sürecine dayanıklı olması gerekmektedir. Türk standartlarına bakıldığında, agreganın basıncı 100 kgf/metrekareden az olursa ya da agreganın aşınma dayanıklılığına güvenilmiyorsa, agreganın aşınma dayanıklılığı teste tabi tutulmalıdır, Agreganın aşınma deneyi neticesinde, malzemenin diğer özellikleri bakımından fikir ileri sürebilmek olası hale gelecektir (TS 706, 1980).

1.5. Betonda Agrega Kaynaklı Bozulmalar

1.5.1. Betonda Alkali- Silika Reaksiyonu (ASR)

Alkali silika reaksiyonu (ASR), beton katkılarında kullanılan agregalarda mevcut reaktif SiO_2 'nin, çimentoyu oluşturan Na_2O ve K_2O (alkali) bileşenleri ile reaksiyona girmesi sonucu oluşan bir beton bozulma şeklidir (Andiç, 2007). Betonda ASR etkisinde ilk bozulmalar 1940'lı yıllarda Amerika Birleşik Devletlerinde birçok betonarme yapının derin çatlakların beton yüzeyinde tehlikeli beyaz birikintilerin olması üzerine Stanton tarafından fark edilmiştir (Şekil 1.12).



Şekil 1.12. Stanton ile ASR'ye maruz beton çatlakları (1940) (Faniyo, Kolawole, & Almakrab, 2015).

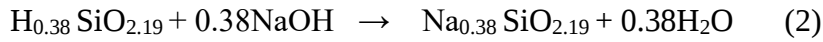
Türkiye’de ise, betonda ASR ile ilgili ilk çalışmalar 1975 yılında yapılmış, ilk hasar ise 1995 yılında İzmir çevresindeki bazı köprü ayaklarında ve kütle betonlarında yaygın çatlakların oluşması ile farkedilmiştir. Ege bölgesindeki Gediz nehri ve ona bağlı Nif çayı yataklarındaki ince ve iri agregaların %3 reaktif camsı riyolit içeriğinden dolayı ASR’ye neden olduğu tespit edilmiştir. Yapılan araştırmalar ASR bozulmalarının İzmir ve çevresi ile sınırlı olmadığı ortaya çıkarmıştır. Aliğa (2), Niğde (3), Afyon (4), Sivas (5), Fırat havzası (6), Deriner Çoruh havzası (7), Ankara (8) ve Sakarya (9) gibi lokasyonlardaki bazı agregaların ASR’ye reaktif olduğu tespit edilmiştir (Söylemez, 2022). Türkiye’de reaktif kayaçların lokasyonları Şekil 1.13’te verilmiştir.



Şekil 1.13. Türkiye'de reaktif kayaçların bulunduğu yerler

Betonda ASR kaynaklı bozulma ilk olarak 1940'larda Amerika Birleşik Devletlerinde tespit edilmiş Türkiye'de ise 1995'te İzmir bölgesi çevresinde, yakınlardaki bazı otoyol ve köprülerde gözlenmiştir (Katayama; Bérubé; Fournier et al. , 2000).

ASR'nin neden olduğu reaksiyonlar iki aşamada gerçekleşir (Kambiz, 2013).

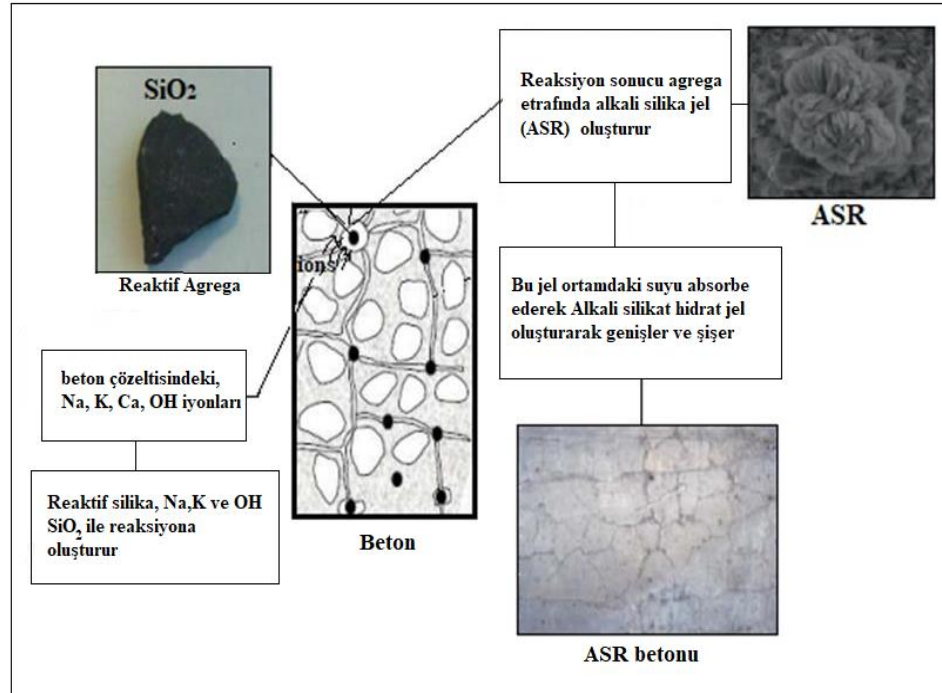


Kayaçların kimyasal yapılarına göre sınıflandırıldığı toplam alkali-silika diagramına (TAS) göre %45-51 arasında SiO_2 $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ (toplamı) %52' i geçmeyen kayaçların bazik bazalt oldukları ve ASR'ye reaktif olmadığını belirtilmiştir (Le Maitre, 1989).

1.5.1.1. ASR Kimyasal Mekanizması

Alkali silika reaksiyonu (ASR), beton katkılarında kullanılan agregalarda mevcut reaktif agregadaki SiO_2 'nin, çimentoyu oluşturan Na_2O ve K_2O (alkali) bileşenleri ile reaksiyona girmesi sonucu oluşan bir beton bozulma şeklidir.

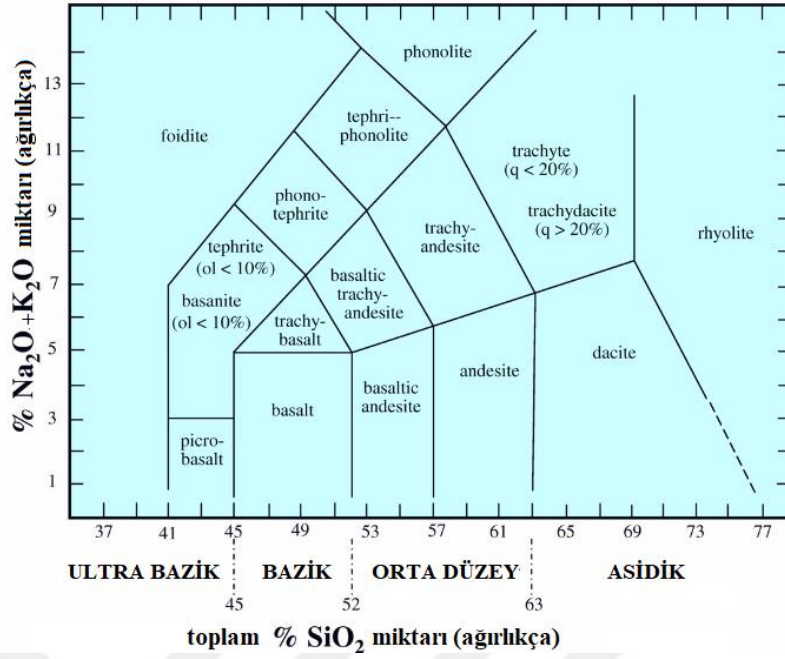
ASR jelinin oluşumu betonda hacimsel genişlemeyi artırarak yüzeysel çatlak oluşturduğu buna bağlı olarak betonun dayanımını ve dayanıklılığını düşürdüğü rapor edilmiştir Uçucu kül ve silis dumanı gibi mineral katkı kullanımının ASR'ye bağlı çatlak oluşumunu azalttığı beton dayanım ve dayanıklılığını artırdığı tespit edilmiştir. ASR oluşum mekanizması Şekil 1.14' te verilmiştir.



Şekil 1.14. ASR oluşum şeması

1.5.1.2. Reaktif Agregası

Betonu oluşturan agreganın kimyasal yapısı dayanıklılık açısından önemlidir. Andezit, dasit, riyolit, çört, opal, tridimit, kristobalit, ve bazaltik andezit, ASR genişlemesine neden olan reaktif kayalardır (Bérubé ve ark., 2004). Öte yandan dolomit, kireçtaşı, kalsedon, kuvars gibi kayaların ASR değil ACR'nin genişlemesine neden olduğunu bilinmektedir. Petrografik çalışma, agregaların reaktif potansiyelini değerlendirmek ve kimyasal yerini belirlemek için bir ön testtir. Petrografik sınıflandırmada andezit özellik gösteren kayaların ASR'ye en reaktif kaya olduğu, dasit ve riyolit kayaların ASR şiddetinin daha az olduğu anlaşılmaktadır. Morfolojik özellikleri agrega parçacıkları ve dokuları, agrega parçacıklarının özellikleri ve dayanıklılığında önemli bir role sahiptir. Kayaların petrografik sınıflandırılması Şekil 1.15' te verilmiştir.



Şekil 1.15. Kayaçların Sınıflandırılması

SiO_2 miktarı ağırlıkça %45-52 olan toplam alkali miktarı ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$) %5'den az olan kayaçların bazik karakteristiktir. Yapılan araştırmalarda bazik karakteristikte kayaçların ASR'ye reaktif olmadığı tespit edilmiştir. Kayaçların kimyasal özelliklerinin yanı sıra fiziksel yapısının ASR reaktivitesini de etkilediği bilinmektedir (Mohammadi ve diğ., 2020). Kaba agreganın ASR'ye ince agregadan daha reaktif olduğu ve agrega parçacıklarının gözenekliliğinin ASR genleşme oranını arttırdığı belirlenmiştir.



Şekil 1. 16. Betonda ASR Kaynaklı Çatlak (Çakır, 2007).

Alkali-silika (ASR), beton agregalarındaki reaktif silisle betonun boşluklarında eriyik olarak bulunan hidroksil iyonlarının reaksiyonudur. Bu reaksiyon, betonda bulunan nem etkisi sonucunda genleşen bir jelin oluşmasına sebep olmaktadır. Beton içinde şişme olması nedeniyle ortaya çıkan bu hacim artışı çekme gerilmelerinin doğmasına neden olup, betonda çatlamlara neden olmaktadır. ASR porland çimentosundaki alkali hidroksitlerle agregada mevcut olan bazı mineraller arasında oluşan bir reaksiyondur. Bu mineraller kuvars, kristobalit, trimit, kalsedon, çört ve opaldir (Demir, 2010).

Tarayıcı elektron mikroskobuyla harç örneklerinin değişik yerlerinden alınan SEM görüntüleri yardımı harçların mikro yapı analizleri ortadadır. SEM görüntülerinde ASR ürünlerinin özellikle boşluklarda, agregaların çatlaklarıyla birlikte, çimento-agrega hamuru arasında bulunduğu görülmektedir. Değişik morfolojik yapıda olan masif ASR ürünleri yaklaşık olarak yüz ya da daha büyük olan görüntülerde net bir şekilde görülebilmektedir. ASR sonucunda oluşan alkali-silika jeli bünyesi içinde oluşan fazla miktardaki su absorbe edip hacimde yüzde 2 ile yüzde 3 seviyesinde genişlemektedir. Sözü edilen hacimsel genleşme neticesinde beton şişmekle birlikte, kılcal çatlaklara neden olmaktadır.

ASR'nin betonda bozulmasını sağlayan etkenler şu şekilde sıralanabilmektedir.

1- Beton agregasında reaktif silis ve alkalitesi yüksek çimento,

2-Ortamda rutubet (bağıl nem oranının % 80'in üstünde) olması gereklidir.

Yukarıda sayılan etkenler olmadığı takdirde betonda ASR sebebiyle genleşmeyle beraber buna bağlı olan çatlakların oluşmayacağı bilinmektedir. Betonda ASR'ye bağlı oluşan jel miktarı ve agregada bulunan silikanın türü, miktarıyla birlikte çimento içindeki alkali hidroksit miktarına bağlı bulunmaktadır. ASR'nin oluşturmuş olduğu reaksiyon iki aşamada gerçekleşmektedir.

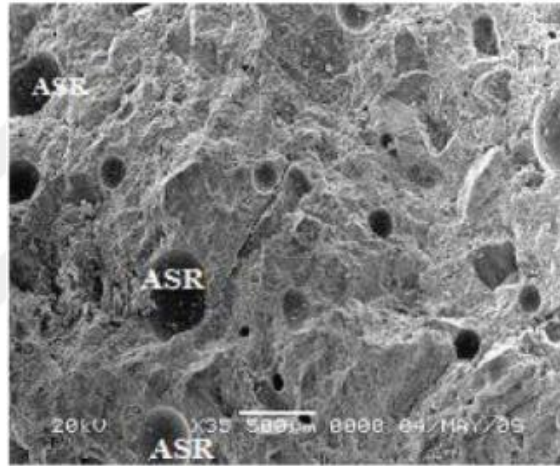
Alkali + Reaktif Silika → Alkali Silika Jel Ürünleri

Alkali Silika Jel Ürünleri + Rutubet → Genleşme

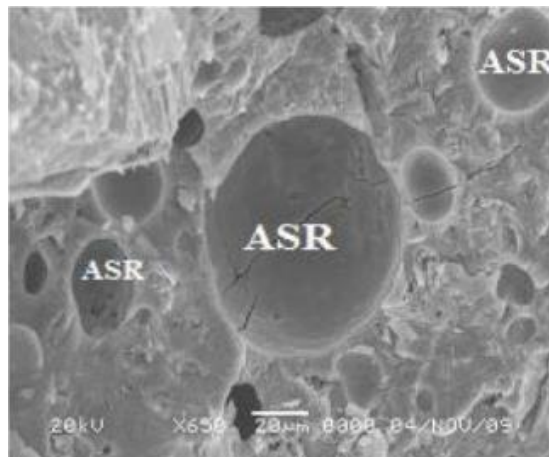
Rutubet, alkali riyonlarının yayılmasıyla birlikte, ASR'nin etkili bir şekilde oluşmasına zemin hazırlarken, aynı zamanda betonun servis ömrünü olumsuz

etkilemekte, bunun sonucunda dayanıklılık kaybına sebep olmaktadır. Rutubetin bulunmadığı ortamda betonun kuru kısmında ASR ciddi tehlikeye sebep olmayabilmektedir.

Ortamda sıcaklık artışı sebebiyle reaksiyon hızı artacak olduğundan agregaların büyük kısmı yüksek sıcaklıkta fazla reaktivlik gösterebilmektedir. Bununla birlikte ıslanma, kuruma alkali taşınmasını kolaylaştırdığı için sözü edilen durumun sıklıkla görüldüğü beton baraj gövdelerinin elemanlarında ASR oluşma riski artış göstermektedir (Doğruyol, 2017).



Şekil 1.17. İkamesiz Kontrol Örneklerinin SEM Görüntüsü



Şekil 1.18. İkamesiz Kontrol Örneklerinin SEM Görüntüsü

Şekil 1.18’de kontrol (ikamesiz) harç çubuklarında ASR ürünlerine sıklıkla rastlanmaktadır. ASR çatlakları özellikle büzülme şeklinde oluşmaktadır. Çatlamalar

boşluklu olan yapıdan başlamak kaydıyla boşluk etrafında yayılmaktadır. Otuz beş ve iki yüz elli büyütmelerde ASR'nin boşluklu olan yapıları görülmektedir. Beş yüz büyütmeden sonra ASR büzülme çatlağı biçimini almakta, beş yüz büyütmeden sonra ASR agrega çimento hamuru arasında bulunan jelleri otsu veya iğnemsî biçimde oluştuğu görülmektedir.

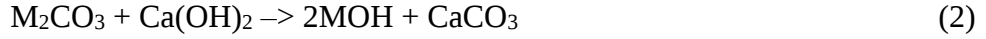
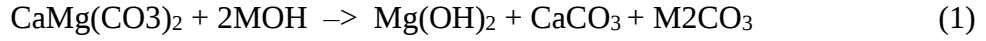
Şekil 1.18'de görüldüğü gibi kontrol örneklerinde ASR ürünlerine sık olarak rastlanmaktadır. ASR neticesinde ortaya çıkan çatlaklar otuz beş büyümede boşluk biçiminde oluştuğu görülmektedir. Şekil 1.17'de beş yüz büyümeden itibaren çatlaklar net bir şekilde görülebilmektedir. Şekil 1.18'de ASR ürünleri, altı yüz elli büyümeli görüntüsünde net ve belirgin vaziyettedir. ASR ürünlerinin masif jel yapıda olmasının yanında, büzülme çatlakları içerdiği, çatlakların özellikle boşluklu olan yapıdan başlayıp, boşluk çevresinde yayıldığı görülmektedir (Doğruyol ve diğ.,2016).

1.5.6. Betonda Alkali – Karbonat Reaksiyonu (ACR)

Alkali-karbonat reaksiyonu (ACR) ilk olarak Swensson tarafından Ontario, Kanada'da 1957 yılında gözlemlenmiş ve araştırılmıştır. O günden bu yana birçok araştırmacı bu konu üzerinde durmuş ve çeşitli bilgiler elde etmiştir. Fakat günümüzde, ACR'nin mekanizması ve zararları halen tam olarak anlaşılmış değildir ve bu konuda çelişkili bulgular vardır.

Bu reaksiyonda dolomit veya magnezyum içeren kireçtaşları reaksiyon sonucu magnezyum hidroksite dönüşürler. Dedolomitasyon adı verilen bu olay, harita şeklinde çatlaklara ve betonun tamamen parçalanmasına yol açabilir. Dolomitin esas maddesi $MgCO_3$ su etkisiyle $Mg(OH)_2$ 'e dönüşmekte, $Mg(OH)_2$ ise suda çözünerek suyun taşın içine sızmasını sağlamaktadır. Taşın iç kısımlarında jeolojik devirlerden kalma kil damarları varsa bunlar su ile temas edip şişmekte ve agregaları patlatmaktadır. Alkali-karbonat jeli miktarca az olup genleşmeye daha ziyade dolomitin boşalması ile suya maruz kalıp şişen kil bileşenleri neden olmaktadır (Zarif ve diğ., 2003; Çakır, 2007; Baradan;Yazıcı;Ün, 2010; Goralczyk,, 2012; Garcia;Alfonso;Tauler, 2020).

Tipik bir alkali karbonat reaksiyonu:



M; potasyum (K), sodyum (Na) veya lityum'u (Li) temsil etmektedir.

Alkali karbonatlar betonda Portland çimentosunun hidratasyon ürünleri ile birleşerek yeniden alkali üretirler (Denklem (2)).



Şekil 1.19. Betonda alkali-karbonat reaksiyonu (ACR) etkisi (Çakır, 2007)

Dedolomitizasyon sırasında dolomit ve kireç, kendilerinden daha büyük hacimli olan kalsite ve brusit dönüşür. Bu reaksiyonun betonun toplam hacmi üzerindeki etkisi küçüktür fakat fazla oranda reaktif agrega taneleri içeren bölgelerde lokal genleşmelere, bu sebeple de lokal çatlaklara yol açabilir. Bu sırada da agrega ile çimento arasındaki bağ zayıflar. Diğer taraftan da betonun porozitesini ve geçirimliliğini arttırarak, betonun donma-çözünme gibi diğer mekanizmalara karşı dayanıklılığını azaltır. Dedolomitizasyonun yol açtığı genleşme kuvvetlerinin, ASR ile kıyaslandığında ihmal edilebilir olduğu söylenebilir. Tipik dokuya sahip dolomit agregası betonda yüksek alkali içerikli bir çimento ile kaba agrega yerine kullanılırsa, ACR'ye yol açarak aşırı genleşmelere ve hasara yol açabilir. Dolomit agregasının güçlü alkalilerle reaksiyona girerek brusit, kalsiyum-karbonat ve çözülebilir alkali-karbonat oluşturduğu dedolomitizasyon reaksiyonunun ACR genleşmesinin temelini

oluşturduğu kabul edilmiştir. Yine de ACR'nin varlığı bazı araştırmacılar tarafından hala kabul edilmemiştir.

Betonda Açısından Değerlendirme;

Beton üretiminde dolomit agregası kullanımında bir engel yoktur. Ülkemizde dolomit kaynaklı alkali-karbonat reaksiyonuna dair bir bulgu tespit edilmemiştir. TS 706 EN 12620-(2003) Standardında agregadaki MgO içeriği ile ilgili bir limit bulunmamaktadır. Şüphe durumunda “ASTM C586 –(2019) Standard Test Method for Potential Alkali Reactivity of Carbonate Rocks as Concrete Aggregates” kapsamında test yapılabilir. Testin yaklaşık bir yıl sürmesi ve ülkemizde birkaç yerde (THBB Lab. gibi) yapılıyor olması nedeniyle pratik değildir. Bazı beton bileşenlerinde MgO içeriğinin belirli bir limit üzerinde olması istenmez.

Klinkerde MgO içeriği %5 üzerinde olmamalıdır. Bunun nedeni MgO kaynaklı genleşme riskidir. Bu nedenle çimento ham maddesi olarak kullanılan kireç taşında $MgCO_3$ içeriğinin belirli bir sınır üzerinde olmaması istenir. Yüksek fırın cürufunda MgO içeriği maksimum %18'dir.

1.6. Literatür Taraması

Çalışmada, ülkemizin Güney doğu Anadolu bölgesinde yer alan Diyarbakır, Karacadağ bazalt taşının mekanik özelliklerini belirlemek amacı ile, yayılım alanlarına bakılarak değişiklik gösteren dört bölgeden alınmış olan numunelerde deneysel çalışmalar yapılmış, hazırlanan numunelerde P - dalga ; Schmidt sertliği, tek eksenli basınç dayanımı, elastisite modülü ve poisson oranı görünür gözeneklilik değerlerinin belirlenmesi için deneyler yapılmıştır. Deney sonuçları regresyon analiziyle değerlendirilmiş ve P - dalga ; Schmidt sertliği, tek eksenli basınç dayanımı, elastisite modülü ve poisson oranı görünür gözeneklilik değerlerinde anlamlı ilişkiler bulunmuştur (Akatay, 2014).

Türkiye’de yaygın şekilde bulunan volkanik kökenli bazalt agregasının yol malzemesi şeklinde kullanılabilirliği incelenmiştir. Dört değişik şehirden elde edilen bazalt malzemesiyle, aynı şehirden elde edilen kalker malzemesine kıyasla CBR, proktor, aşınmaya karşı direnç, yassılık endeksi, su emme değerleri, tane yoğunluğu, sağlamlık, dona karşı dayanıklılık deneyleri uygulanmış ve bazalt ve kalker

malzemelerinin esnek üstyapı malzemesi şeklinde kullanılabileceği ortaya konulmuştur (Akıllı, 2012).

Geleneksel olan porselen bileşiminde bulunan hammaddeler kuvars, feldspat, kaolen üçlüsünden, kuvarsın yerine bazaltın kullanılabilirliği bakımından araştırılmıştır. Elde edilen numuneler 1100 ile 1300 derece sıcaklık aralığında iki saat sinterlendikten sonra karakterizasyonları gerçekleştirilmiştir. Sonuçlara bakıldığında artan bazalt ilavesine bağlı pişme ve kuruma küçülmesi, basma mukavemeti, dielektrik dayanımı, su emme, yoğunluk artışı gözlemlenmiştir. Elde edilen numunelerin renkleriyle birlikte, özellikle 1150 derecede sinterlenen yüzde 10 ve yüzde 20 bazalt katkılı örneklerin gösterdikleri dielektrik dayanıklılık değerleri bakımından elektro porselen özelliklerini karşılıyor olduğu belirtilmiştir (Aksoy, 2007).

Aşiret, Cemaat Devlet kitabında, Cizre'nin tarihi ele alınmaktadır. Cizre'de Milattan önce ve Milattan sonra hangi medeniyetlerin yaşadığı anlatılmıştır (Aydın; Emiroğlu; Özen, 2001).

Yapı malzemesi olarak kullanılan çimento yerine uçucu kül ve silis dumanı içeren karışımların ASR etkisi ele alınmıştır. ASR etkisi oluşan harçlarda, UK ve SD harçlara göre daha fazla basınç dayanımı ve eğilme dayanımına sahip oldukları belirlenmiştir. ASR çatlaklarının SEM görüntülerine bakıldığında ASR çatlaklarının fazlaştığı ve geniş çatlaklı hale geldiği görülmektedir (Demir, 2010).

Elektro manyetik mikroskop yapı malzemelerinin birçoğu için yapılan araştırmalarda kullanılmıştır. Betonun dayanıklılığı ve dayanımını artırmak amacıyla Diyarbakır bazaltı ve sanayi yan ürünü minerallerin kullanılmasıyla oluşturulan beton numunelerde doksan gün sonunda çatlakların oluştuğu gözlemlenmiştir (Doğruyol ve diğ., 2016).

Beton, ülkemizde ve dünyada kullanılan yapı malzemelerinin en önemlilerindendir. Betonun dayanıklılık ve dayanımını artırmakta, yüksek basınç dayanımı ile bilinen Diyarbakır bazaltının yanında, sanayi yan ürünü olarak mineral katkıları kullanılmıştır. Beton karışımı ağırlık olarak çimentonun yüzde 20'si kadar UK ve yüzde 10'u kadar SD gibi mineral maddeler bulunmaktadır. Diyarbakır bazaltı ile birlikte, mineral katkı karışımı ile hazırlanan beton örneklerin sülfat etkisiyle birlikte,

alkalı silis reaksiyonuna dayanımlı ve dayanıklı olduğu belirlenmiştir (Doğruyol, 2017).

Sırnak iline bağlı olan Cizre ilçesinde ve çevresinde bulunan Dicle Nehri ile kollarını içine alan bu çalışma, Kasrik boğazını bölerek bölgeye yerleşmiş olan Kızılsu çayının vadi gelişimini jeomorfolojik özelliklerini, alanda bulunan tektonik hareketlere tepkisiyle birlikte, bölgenin morfolojik yapısını etkileyen faktörleri araştırmaktadır (Doğu, 2021).

Bazal iklim şartlarından ve aşınmadan minimum etkilendiği için tercih edilmede önde gelen doğal taş olarak karşımıza çıkmaktadır. Doğadaki volkanik kayaç grubunu oluşturan, çok geniş lav akıntıları yayılımı bulunan Türkiye’de özellikle Diyarbakır bölgesinde 80 metre kalınlığında 1000 kilometre karelik bölgeye yayılmış olan Bazalt taşı gözeneksiz ve gözenekli olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Çalışmada bazalt taşının mekanik özelliklerinin araştırılması kapsamında, Darbeli Aşınma Kaybı, Sürtünme İle Aşınma Kaybı, Darbe Dayanımı, Nokta Yüğü Dayanımı, Çekme Dayanımı Tek Eksenli Basınç Dayanımı deneyleri, Fiziksel Özelliklerin öğrenilebilmesi için Özgül Isı Kapasitesi, Yoğunluk Tespiti, Isıl İletkenlik, su kurumla ve emme deneyleriyle, bazalt taşının parlatılabilirlik ve kesilebilirlik özellikleri araştırılmış, bu aşamada bazalt taşının gözeneksiz olanın, gözenekli olana göre daha rijit olduğu saptanmıştır (Kahveci ve Kadayıfçı., 2013).

Tarih ve medeniyet bağlamı içinde Cizre şehri ele alınarak, coğrafi konum, şehrin isminin nereden geldiği, coğrafi ve tarihi önemi ele alınırken aynı zamanda seyyahların kitaplarından Cizre şehrinin nasıl görüldüğü araştırılmıştır. Ayrıca Cizre’de bulunan ilim merkezleri ve medreseler, meşhur Cizreli alimler, Cizre’de önemli tarihi eserler, nüfusu araştırılmıştır (Saban, 2013).

Babıali tarafından Botan ve Cizre mütesellimi tayin edilen, 1842 senesinden başlayarak devlete karşı uygunsuz olan hareketler sergileyen Bedirhan Beyin, hangi nedenden dolayı bu davranışlarda bulunduğu belgelere dayanarak açıklanmaya çalışılmıştır. Bu kapsamda Cizre Beyliği ve Cizre’nin tarihi incelenirken, Bedirhan Beyin Nasruti milleti ve Musul valisiyle ilişkileri, Babıali ile arasının nasıl açıldığı ortaya konulmuştur. Ayrıca Babıali’nin, Bedirhan Beyi ortadan kaldırma girişimleri,

1847 senesinden sonraki sürgün hayatı, İstanbul'a gelmesi, Şam'da ölümü ele alınmıştır (Yıldız ve Hatip, 2000).

Osmanlı ve Cumhuriyet modernleşmesinin yanında, ulus devlet kurmanın Kürtler arasında medreselere ilişkin ne tür bir algı oluşturduğu, Cizre'de olan Kırmızı Medrese kapsamında incelemeye alınmıştır. Bu kapsamda siyasal tahayyül, kimlik ve hafıza incelenirken, tarihsel arka plan, popüler ve politik hafızada Kırmızı Medrese araştırılmıştır. Ayrıca alan araştırması yapılarak bulgular değerlendirilmiştir. Kırmızı Medresenin şehir merkezinde olması, sembolik bir öneme sahip olmasını sağlamıştır. Kırmızı Medrese, Kürt tahayyüllerinin zamanla değişik iktidar ilişkileriyle ne şekilde dönüşüme uğradığı ortaya konulmuştur (Şengül, 2014).

Ülkemiz tarihi çevreler bakımından farklı ve zengin medeniyetleri barındırmıştır. Bu özelliğiyle ülkemizdeki birçok şehir kendi kimliğini oluşturabilmiştir. Cizre 'de yukarıda sözü edilen, kendi kimliğini oluşturabilen bir şehir olarak öne çıkmaktadır. Bu nedenle Cizre şehri bölgenin merkezi konumu haline gelmiştir. Özellikle Cizre'nin, Sur içi bölgesi için yapılan incelemelerde yerleşim ölçeğinde kentsel gelişim dönemleri, alının korunmuşluğu ve imar plan kararlarının şehre etkisi ortaya çıkarılmak için değerlendirmeye alınmıştır (Tan, 2019).

Ülkemiz yerleşme şekillerine bakıldığında bir müzeyi andırmaktadır. Ancak yerleşmeler konusunda bazı sıkıntıların da olduğu ortadadır. Bu kapsam ele alınarak Niğde'nin coğrafi özellikleri yerleşmeler açısından incelemeye alınırken, coğrafi şartların ortaya koyduğu yerleşme şekilleri araştırılmıştır. Bununla birlikte Niğde'nin yerleşmelerinin mevcut hali ortaya konulmuş, yerleşmelerin geleceğe ne şekilde yansyacağı, yaşanabilir ve sürekli yerleşmeler oldukları için lokasyon planlaması gerekliliği ortaya çıkmıştır (Toroğlu, 2006).

Son senelerde endüstriyel katı atıkların artmasıyla birlikte, atık bertaraf etme yöntemlerinin işletmeler açısından büyük maliyetlere sebep olması, sözü edilen atıkların çeşitli üretim süreçleri içinde geri kazanımının sağlanması gerekmektedir. Bu atıkların yol inşaatlarında kullanılabilmesi öngörülmektedir. Bu kapsamda Antalya Ferrokrom Fabrikasının atıklarının yol üstyapısında kullanılması için nelerin yapılması gerektiği araştırılmıştır (Yılmaz, 2008).

İdil, Güneydoğu Anadolu bölgesinin Dicle bölümünde yer alan, Şırnak iline bağlı bir ilçe konumundadır. İdil (Şırnak) Kuzeyinin Jeomorfolojik Özellikleri isimli makalede Cizre’de bulunan bazalt agregalarına da yer verilmiştir (Siler ve diğ., 2016).

Kasrik Boğazı ve Cizre Arasında Kalan Alanın Jeomorfolojisi isimli makale incelenirken, Kasrik Boğazı ile Cizre Arasında Kalan alında bulunan bazalt agregalarına da yer verilmiştir (Doğu ve diğ., 2021).

Betonda Bazalt Agregasının Kullanımı ve Özellikleri isimli makale incelenirken, agrega olarak kullanılan doğal bazalt malzemesinin ısı iletkenlik katsayısı ölçülerek bu agrega ile yapılan betonların dayanıklılığı ölçülmüştür (Orhan ve diğ., 2020).

Beton Deniz Yapılarında Bazalt Agregası Kullanımı isimli makalede, beton olarak yapılan deniz yapılarında bazalt kullanımının etkileri ele alınmıştır (Pek ve diğ., 2014).

Kahramanmaraş-Hartlap Dolomiti Katkılı Çimentoların Dayanım ve Genleşme Özelliklerinin Araştırılması isimli yüksek lisans tezinde Poli Vinil Klorür (PVC), öğütölmüş yüksek fırın cürufu ve dolomit içiren betonların ve harçların dayanım ve dayanıklılığı araştırılmıştır (İnceer, 2012).

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Materyal

2.1.1. Cizre bazaltı

Cizre bölgesi Gercüş formasyonunda olup üst seviyelerde kireçtaşı, dolomitik kireçtaşı ve dolomitten oluşmaktadır. Bu grubun üzerine uyumsuz olarak kuvaterner bazalt ve alüvyon yer alır. Cizre'de 20 km'lik alanda yaygılı şekilde yer alan bazalt, Midyat 'ta yer alan ve Alem Dağı'ndan yayılan Kuvaterner yaşlı bazaltlardır. İdil ilçe merkezinin yakın güneyinde yer alan Alem Dağı volkanik çıkış merkezi gibi görünmekte ve buradan kuzeye, güneye, doğuda Cizre ilçesi yakınlarına ve Suriye topraklarına kadar genç bazalt lavları yayılmıştır. Yöreye ait bazaltı açık griden siyaha çalan renge sahiptir. Bazaltların yüksek basınç ve eğilme dayanımının yanı sıra darbe, aşınma, sürtünme gibi yüksek dayanıklılığa sahip olduğu bilinmektedir. Büyük rezervlere sahip olan bu bazaltlar, kaplama taşı, yapıtaşı, kırmataş ve hazır beton katkısı olarak kullanılabilecek niteliktedir (Erkan, 1995).

2.1.2. Deney Malzemelerinin Kimyasal Analiz Değerleri

Bazalt agregası beton agregası olarak kullanılmasında alkali-silika reaksiyonuna reaktif olabilecek agrega türü olduğundan reaktif özelliğini anlamak için kimyasal analizi yapılmıştır. Beton agregası olarak kullanılan Cizre bazalt agregasına ait kimyasal analiz Kayseri KAY-YAP yapı analiz laboratuvarlarında XRF metodu kullanılarak yapılmıştır sonuçları Tablo2.1'de gösterilmiştir.

Tablo 2.1. Deney agregalarının kimyasal bileşenleri

Kimyasal Birleşim	Malzeme			
	Bazalt	Çimento	Uçucu Kül (UK)	Dolomit
SiO ₂	50,63	21,13	26,49	0,14
CaO	-	65,23	33,01	32,25
CaCO ₃	21,55	-	-	-
MgO	3,32	1,13	3,368	20,09
Al ₂ O ₃	10,51	4,98	7,74	0,01
Fe ₂ O ₃	4,49	3,73	5,649	0,12
SO ₃	0,002	3,09	15,93	0,15
TiO ₂	0,70	-	0,632	
Na ₂ O	0,45	0,28	0,15	-
K ₂ O	1,63	0,78	3,87	-
Kızdırma Kaybı		1,29	2,46	46,68

Tablo 2.1'e göre dolomit agregasını kireçtaşından ayıran Magnezyum içeriğine sahip olmasıdır. SiO₂ = %50,63 < %51 ve Na₂O + K₂O = %2,08 < %5 olduğundan Cizre bazaltının bazik bazalt karakteristik olduğu ASR'ye reaktif olmadığı ve beton agregası olarak kullanılabilir niteliğe sahip olduğu tespit edilmiştir.

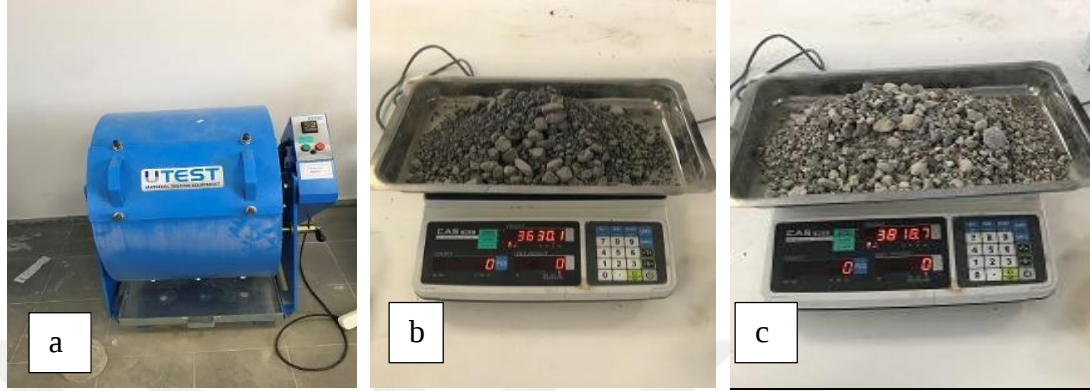
Deneylerde kullanılan Limak Kurtalan çimento santraline ait CEM I 42,5 sınıf çimento ve Silopi termik santralinden temin edilen uçucu küllüne ait kimyasal analiz sonuçları Tablo 2.1'de gösterilmiştir.

2.1.3. Mekanik analiz değerleri

2.1.3.1. Los Angeles Aşınma

TS EN 1097-2- (2010) standartlarına göre yapılan aşınma deneyinde 5000 gr ağırlığında, granülometri bileşimi 8-16 mm grup agreganın %70'i 16-32 mm'lik grup agreganın %30'u alınarak agregalar aşınmaya maruz bırakılmıştır (TS EN 1097-2, 2010).

TS 706'ya göre aşınma dayanıklı agregalarda, bilyalı tamburun 100 ve 500 devir döndürülmesi sonucunda ortaya çıkacak aşınma miktarı sırasıyla %10 ve %50'den fazla olmamalıdır (TS 706, 2020). Tambur içerisinde 500 devir döndürülerek agregaların Los Angeles aşınma kaybı değerleri Çizelge deki gibi belirlenmiştir.



Şekil 2.1. a) Los Angeles Aşınma Deney Aleti b) Aşınmaya Maruz Kalmış Bazalt c) Aşınmaya Maruz Kalmış Dolomit Agregası

Tablo 2.2. Bazalt ve Dolomit agregalarının Los Angeles aşınma sonuçları

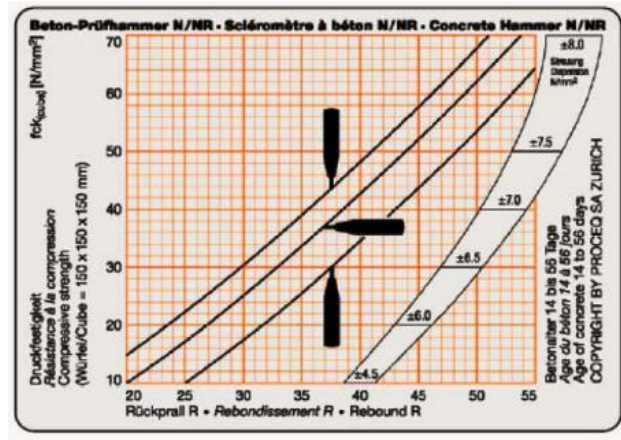
Agrega Türü	Toplam Agregamiktari, gr	1,6 mm elek üzerinde kalan, gr	LA Aşınma kaybı, %	TS 706'ya göre kayıp, %
Bazalt	5000	3630,1	27	<50
Dolomit	5000	3818,7	23	

Tablo 2.2'ye göre her iki agrega türü de beton agregası olarak kullanılmasında TS 706'ya göre uygun olduğu belirlenmiştir.

2.1.3.2. Geri sıçramalı çekiç (Schmidt) Aşınma

Geri sıçramalı çekiç (Schmidt) ile kayacın yüzey sertliği ölçülmüştür. Geri sıçramalı çekicinin çalışma prensibi, TS EN 12504-2- (2004)'de "yay ile itilen ve serbest bırakıldığında beton yüzey ile temas eden çelik uca çarpan çelik çekiç ihtiva eden çelik çekicinin çelik uçtan geri sekme mesafesi, cihaz üzerine cetvelden okunur" şeklinde ifade edilmiştir. Okunan değer, sıçrama miktarından basınç dayanımına geçiş yapılır. Türkak tarafından kalibre edilmiş geri sıçramalı (Schmidt) çekiç ile her bir kayaktan

en az 9 adet çekiç okumasından basınç dayanımına geçiş diyagramına (Şekil 2.3) göre basınç dayanım ortalaması alınarak basınç dayanımları tespit edilmiştir (Tablo 2.3).



Şekil 2.2. Geri Sıçramalı Çekiç Okumasından Basınç Dayanımına Geçiş Grafiği



Şekil 2.3. Schmidt Çekici ile Bazalt Dayanım Değeri Tespiti a) Gözeneksiz (Erkek) b) Boşluklu (Dişi)

Tablo 2.3. Cizre Kuştepe mevki bazaltına ait basınç dayanım değerleri

Kayaç Türü	Basınç dayanım değeri (MPa)
Gözeneksiz (Erkek) Bazalt	50
Boşluklu (Dişi) Bazalt	20

**Şekil 2.4.** Schmidt Çekici ile Dolomit Dayanım Değeri Tespiti**Tablo 2.4.** Şırnak-Cizre arası 15.km’de bulunan Nerdüş deresinden elde edilen dolomite ait basınç dayanım değeri

Kayaç Türü	Basınç dayanım değeri (MPa)
Dolomit	48

Tablo 2.5. Deney malzemeleri öz kütle değerleri, kg/m³

Malzeme	Öz Kütle	Birim Hacim Ağırlığı (Savaş, 2019)
	(kg/m ³)	
Bazalt	2840	1630
Dolomit	2790	1590
Çimento	3150	
Kimyasal (süper akışkanlaştırıcı)	1150	

2.1.3.3. Bazalt ve Dolomit Agregalar İçin Özgül Ağırlıklar

15-25 Boyutlarındaki iri agregalar öncelikle etüv kurusu şeklinde tartılır (W_{kuru}). Deney yapılmadan önce mevcut agregalar etüvde kurutulur. Daha sonra agregalar 15 dakika su içerisinde bekletilir. Sonrasında kuru bir bez üzerinde yüzeyi kurutulur. Doygun kuru yüzey haline getirilen agregalar tekrar tartılır (W_{dky}). Son işlemde ise Arşimet Terazisi ile mevcut agregalar su içerisinde tartılır (W_{su}). Arşimet deneyinin prensibi, sıvı içerisindeki katı bir cismin, taşıdığı sıvının ağırlığına eşit bir kaldırma kuvveti (batmazlık kuvveti) ile cismin yukarıya itildiğini belirtir.

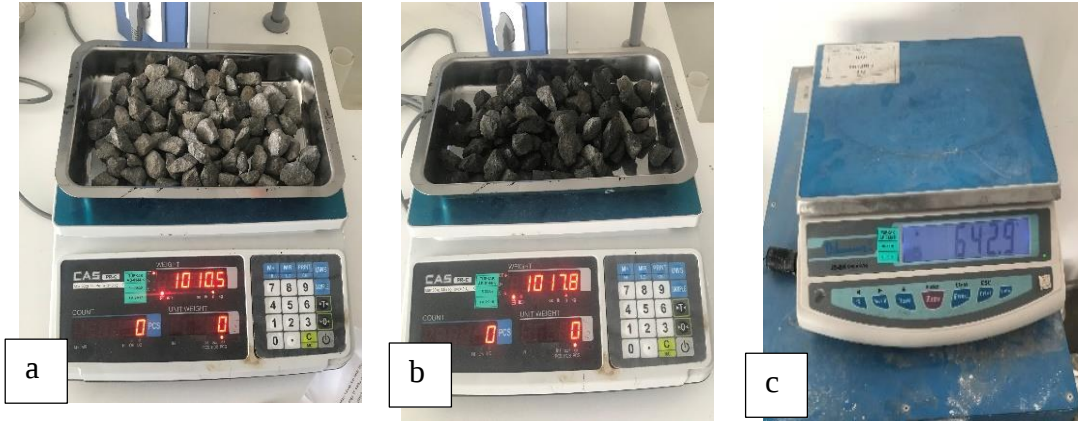
$$W_{dky} - W_{su} = \text{Taşıdığı suyun kütlesi} = \text{Suyun hacmi}$$

Malzemenin boşluksuz hacmi = Malzemenin taşımış olduğu suyun hacmi

Formülüne edersek; $W_{dky} - W_{su} = \text{Mevcut malzemelerin boşluksuz hacmi}$.

Tablo 2.6. İri (15-25) Bazalt Agregası İçin Özgül Ağırlıklar

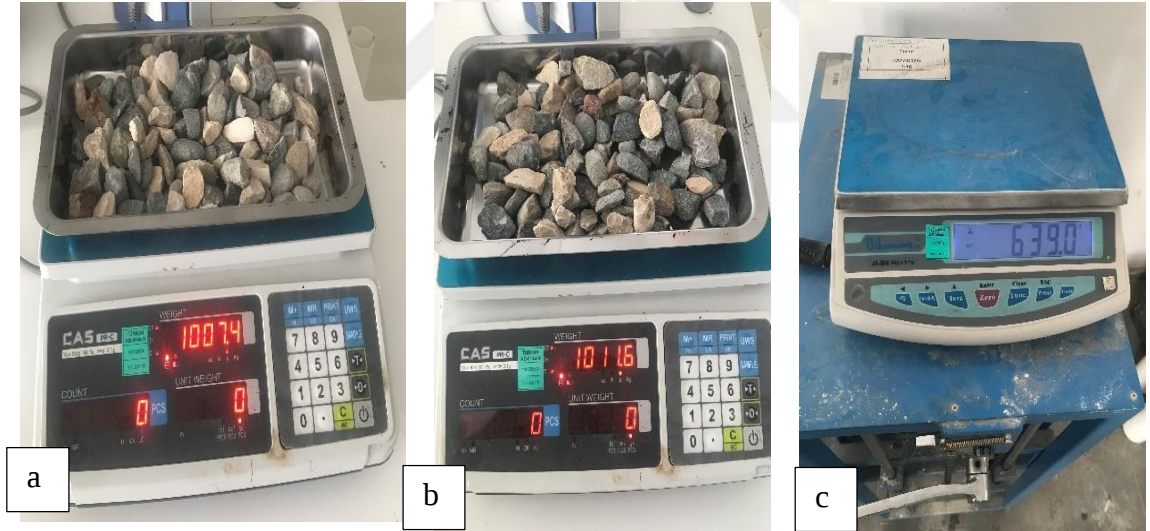
W_k	1010,5	rg	2,75gr/cm ³
W_{dky}	1017,8	rk	2,70gr/cm ³
W_{su}	642,9	rdky	2,71gr/cm ³



Şekil 2.5 a) Bazaltın Kuru Kütlesi b) Bazaltın Doygun Kuru Yüzey Kütlesi c) Bazaltın Su İçindeki Kütlesi

Tablo 2.7. 15-25 İri Dolomit Agregası için Özgül Ağırlıklar

W_k	1007,4	rg	2,73gr/cm ³
W_{dky}	1011,6	rk	2,70gr/cm ³
W_{su}	639	dky	2,71gr/cm ³



Şekil 2.6. a) Dolomitin Kuru Kütlesi b) Dolomitin Doygun Kuru Yüzey Kütlesi c) Dolomitin Su İçindeki Kütlesi

2.1.3.4. Agreg a numunesinin su emme kapasitesi-efektif su emme ve yüzey suyu büyüklükleri

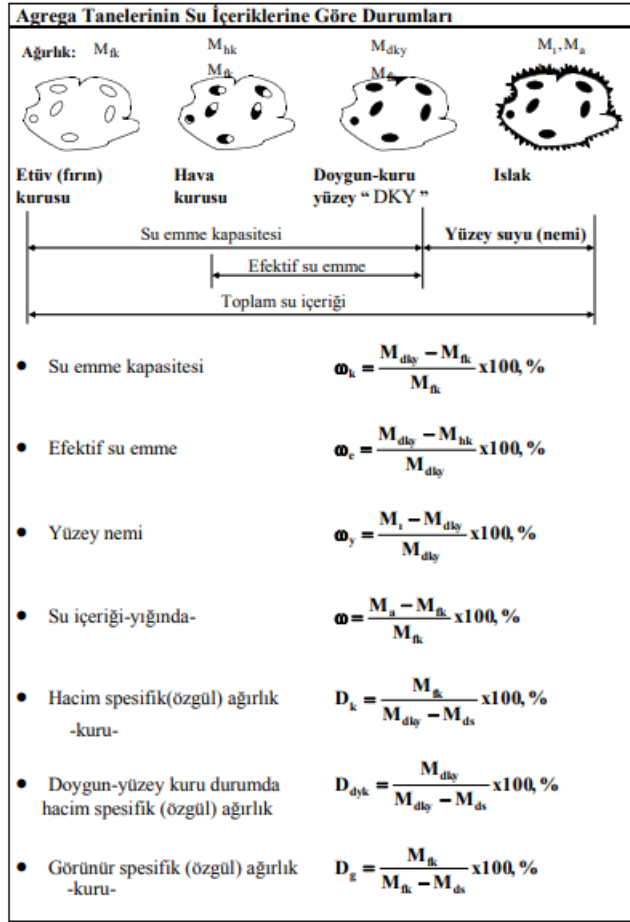
Agreg a numuneleri, bünyelerinde içerdikleri su miktarlarına göre, dört farklı rejimde bulunur. Beton karışım tasarımı açısından mevcut rejimdeki su içeriklerinin bilinmesi önem taşımaktadır.

Tam “kuru” hal: Agregaların boşluklarında su yoktur. Etüvde 110 °C’ta değişmeyen ağırlıkta kalıncaya kadar ısıtılmasıyla sağlanır. Genellikle 8 saat süre ile etüvde bekletilen numune bu hale getirilebilir.

Hava kurusu: Agregaların dış çeperlerinde bulunan boşlukların içerisinde bir miktar su bulunur. Ama bu boşlukların tümü su ile dolu değildir. Agreg a yüzeyi tümüyle kurudur.

Doygun-kuru yüzey durum (DKY): Agregaların dışarıya açık çeperlerinde bulunan ve birbiriyle bağlantılı boşluklar su ile tamamen doludur. Agregaların yüzey kuru durumu ise agregaların taneleri doygun halde sudan çıkartıldıklarında tanelerin yüzeyinde çıplak gözle fark edilebilen su filmi kalmayıncaya kadar kurutulmasıyla gerçekleştirilir.

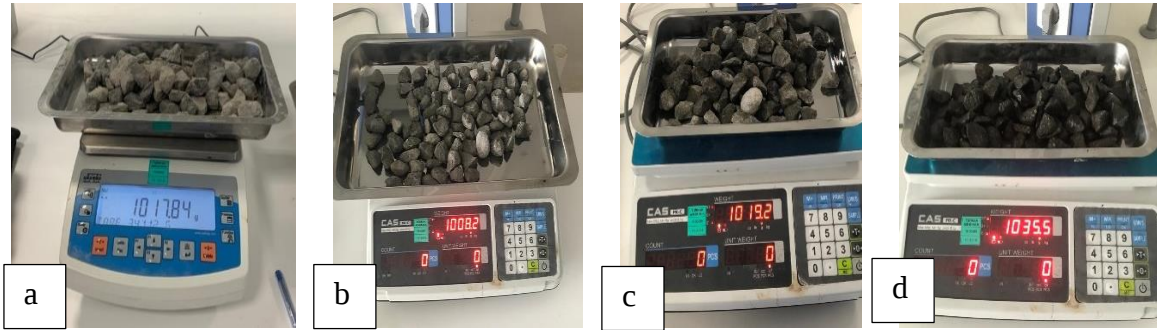
Islak-nemli-durum: Agregaların çeperlerinde bulunan dışarıya açık boşluklar, tümüyle su ile doludur. Ayrıyeten, agregaların yüzey kısmında belli bir miktar su bulunur.



Şekil 2.7. Çeşitli Nemlilik Rejimleri İçin Agregasın Su İçerikleri ve Ölgül Ağırlık Tanımları (Arıoğlu, Arıoğlu, & Yılmaz, 2006)

Tablo 2.8. İri (15-25) Bazalt Agregası

Hava kuru ağırlık M_{hk} (gr)	1017,8	Su emme kapasitesi W_k	1,09
Fırın kuru ağırlık M_{fk} (gr)	1008,2	Efektif su emme W_e	0,13
Doğun kuru yüzey ağırlık M_{dky} (gr)	1019,2	Yüzey nemi W_y	1,60
Islak haldeki numunenin ağırlığı M_i (gr)	1035,5	Toplam su içeriği W	2,69



Şekil 2.8. a) Numunenin Hava Kuru Ağırlığı b) Numunenin Fırın Kuru Ağırlığı
c) Numunenin Doygun Kuru Yüzey Ağırlığı d) Islak Haldeki Numunenin Ağırlığı

Tablo 2.9. İri (15-25) Dolomit Agregası

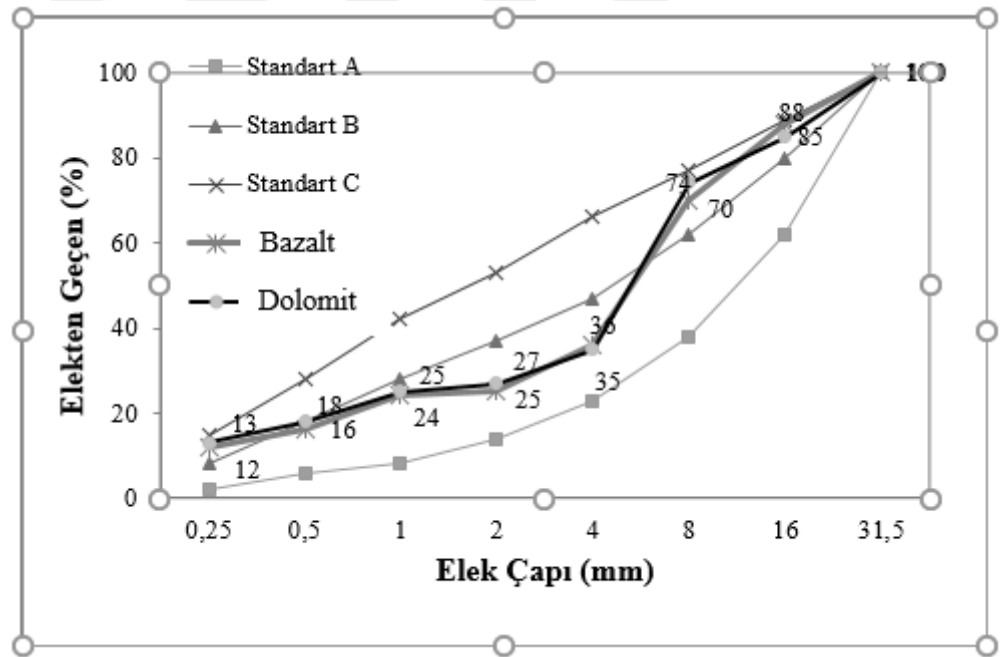
Hava kuru ağırlık M_{hk} (gr)	1011,2	Su emme kapasitesi W_k	0,53
Fırın kuru ağırlık M_{fk} (gr)	1006,3	Efektif su emme W_e	0,04
Doygun kuru yüzey ağırlık M_{dky} (gr)	1011,6	Yüzey nemi W_y	1,26
Islak haldeki numunenin ağırlığı M_i (gr)	1024,3	Toplam su içeriği W	1,79



Şekil 2.9. a) Numunenin Hava Kuru Ağırlığı b) Numunenin Fırın Kuru Ağırlığı c) Numunenin Doygun Kuru Yüzey Ağırlığı d) Islak haldeki Numunenin Ağırlığı

2.1.3.5. Elek Analizi

Beton kullanılan dolomit ve bazalt agregalarına ait elek analizi Şekil 3.10’da gösterilmiştir.



Şekil 2.10. Elek Analizi

2.3. Metot

Agrega türüne göre beton basınç dayanımları karşılaştırılması yapılabilmesi için aynı karışım oranına sahip 9’ar adet 150x150x150 mm ölçülerinde bazalt (BBC) ve dolomit (DBC) olmak üzere iki tür küp beton numuneler üretildi ve 7,28 ve 60 gün

küre maruz bırakıldılar. Numunelerin ağırlıkları tespit edilerek birim hacim ağırlıkları tespit edildi. Beton presi ile de beton basınç değerleri hesaplandı.

Bazalt ve dolomit agregasının mekanik değerlerinin tam olarak karşılaştırılabilmesi için iki grubun için aynı sınıf CEM I 42,5 N çimentosu kullanılmış çimento miktarları ve su-çimento oranları sabit tutulmuş, gradasyonları eşit olacak şekilde tasarımları yapılmıştır. Her iki grup içinde çimentonun ağırlıkça %1,13'ü kadar süper akışkanlaştırıcı kimyasal madde kullanılmıştır. 1m³ beton tasarım değerleri Tablo 2.10'da gösterilmiştir.

Tablo 2.10. 1m³ beton karışım oranları

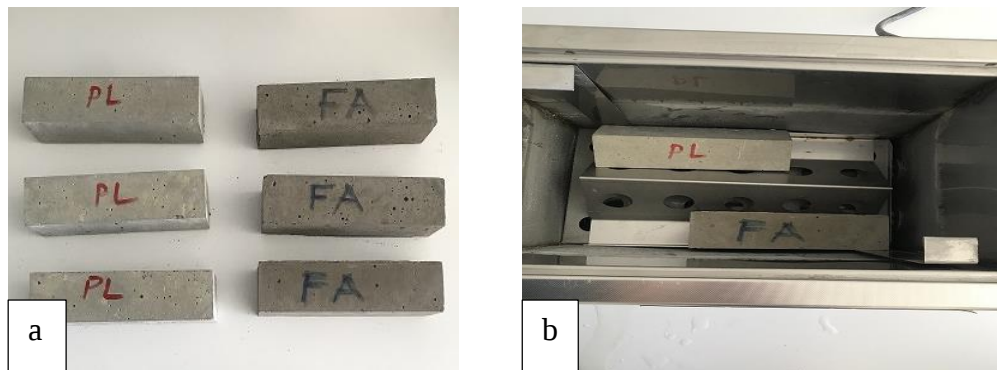
	Bazalt agregalı (BBC)		Dolomit agregalı (DBC)	
	Ağırlık, kg	Hacim, m ³	Ağırlık, kg	Hacim, m ³
Çimento	290	0,092	290	0,092
Su	185	0,185	185	0,185
0-5 mm (kum)	1060	0,380	1080	0,380
5-15mm (kaba agreg)	320	0,115	330	0,116
15-25 mm (kaba agreg)	580	0,208	590	0,208
Süper akışkanlaştırıcı	3,3	0,003	3,3	0,003
Toplam	2438,3	1,000	2478,3	1,000

Deneyisel çalışma için üretilen BBC ve DBC beton numuneler Şekil 2.10. da gösterilmiştir.



Şekil 2.11. a) BBC b) DBC Numuneler

Cizre bazalt agregasının betonda alkali-silika reaksiyonun (ASR) reaktifliğini belirlemek için bazalt agregasının kimyasal analizleri tespit edildi. Ayrıca bazalt agregası ile birlikte uçucu kül kullanımının ASR'ye etkisini araştırmak için CEM-I 42,5 çimento sınıfı, Su/Bağlayıcı = 0,47 olan bazalt agregalı (BBC) ve bazalt agregalı+ çimento yerine %20 uçucu kül ikameli tasarımlar (BBC20FA) ASTM C 1260 standartına uygun olarak 25x25x285 mm olarak 3' er adet harç çubuk üretilmiştir (Şekil 2.11). Yapı malzemeleri test ve kalibrasyon laboratuvarında dökülen harç örnekleri 24 saat sonra kalıplardan alınarak ilk boyları ölçülmüştür. Harç çubuklar ASTM C 1260-07'ye göre kalıp sökümünde itibaren 1 gün süre ile 80 °C NaOH (900 ml.saf suya 40gr sodyum hidroksit) çözeltisinde NaOH banyosuna 3, 7 ve 14 günlük maruz kaldıktan sonra 0,001 hassasiyetteki komposemetre yardımı ile harçların boylarındaki uzama oranları belirlenmiştir.



Şekil 2.12. a)ASR (Alkali-Silika Reaksiyonu) için hazırlanan numuneler b) ASTM C 1260 harç çubukları metodu

Cizre bazalt agregalı numunelerin alkali-silika reaksiyonuna (ASR) reaktifliğini belirlemek için yüzeysel çatlakları hacimsel genleşme oluşturabilecek hidratasyon ürünler, elektron manyetik mikroskop (SEM) ile mikro yapısı gözlemlenmiştir. Enerji dağıtımı- x ışını (EDX) ile beton numunelerde oluşan elementel değişimler belirlenmiştir. X-ışını kırınım yöntemi (XRD) ile, her bir kristalin fazın kendine özgü atomik dizilimlerine bağlı olarak, X-ışınlarını karakteristik bir düzen içerisinde kırması esasına XRD ile kimyasal değişimi incelenmiştir.



3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

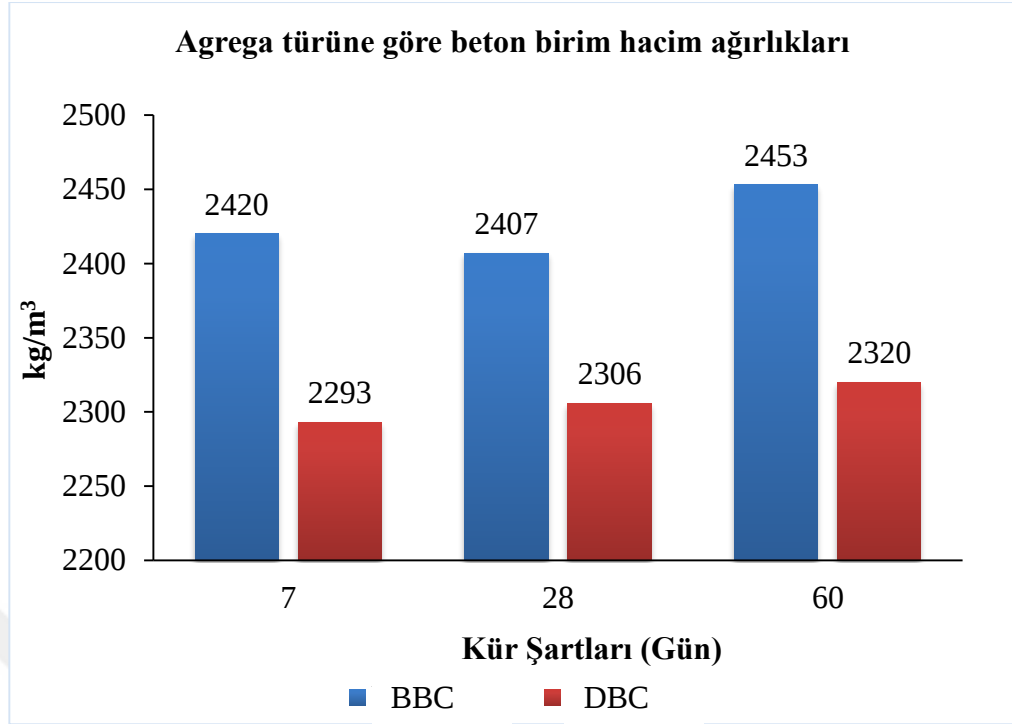
3.1. Agrega türüne göre beton birim ortalama hacim ağırlıkları

Mağmatik kayaç türü bazalt ile bir tür sedimenter kayaç türü olan kireç taşının bir türü olan dolomit kayacın, birim hacim ağırlıklarındaki farklılıktan (bazalt 1630 kg/m³, dolomit 1590 kg/m³) ötürü beton birim hacim ağırlıklarına etkisi farklı olmuştur. Bazalt agregalı BBC numuneleri, dolomit agregalı DBC numunelerine göre birim hacim ağırlığı yüksek çıkmıştır. Birim ağırlıkları kür zamanı artıkça betonların dayanım kazanması ile ilişkili olarak arttığı görülmüştür. Hazırlanan numunelerin BHA Tablo 3.1' de gösterilmiştir

Tablo 3.1. Beton birim ortalama hacim ağırlıkları (kg/m³)

Numuneler	Kür Şartları		
	7 gün	28 gün	60 gün
BBC	2420	2407	2453
DBC	2293	2306	2320

Tablo 3.1.'e göre beton numunelerin 28 gün kür şartı sonrası BBC ve DBC sırası ile 2407, 2306 kg/m³ olarak ölçülmüştür. Her iki beton tasarımı da TS EN 206-1 (2012)'e göre normal beton BHA için sınırlandığı 2000-2600 kg/m³ değerleri içerisinde. BHA değerleri karşılaştırmalı olarak Şekil 3.1'de gösterilmiştir.



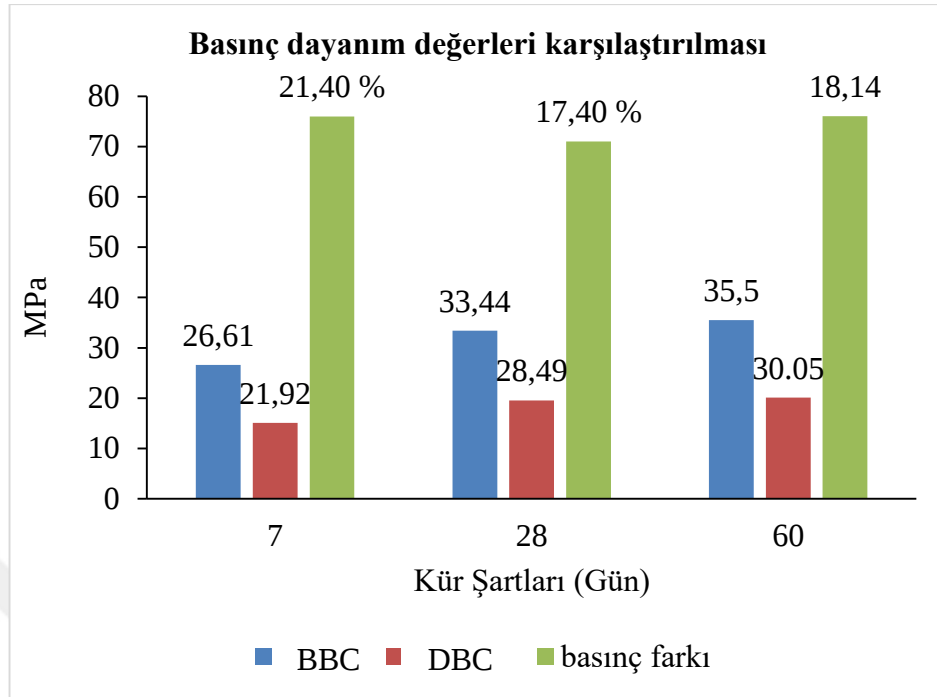
Şekil 3.1. Agregat Türüne Göre Beton Birim Hacim Ağırlıkları

3.2. Beton basınç dayanımları

BBC betonu DBC betonuna kıyasla erken ve ileriki yaşlarda da dayanım değeri en yüksek numune grubudur. Beton tasarım değerleri yakın olmasına karşın bazalt kayacın; dolomite göre beton test çekici (shmidt) yöntemi ile daha yüksek mukavemette olması, sahip olduğu silikat SiO_2 içeriği ile dayanımı artıran hidrasyon ürün C-S-H bağıni kuvvetlendirerek mukavemet artışına neden olduğu düşünülmektedir (Younis ve diğ., 2018). Bazalt ve dolomit agregaları ile üretilen beton numunelerin 7, 28 ve 60 gün sonundaki basınç dayanım değerleri Tablo 3.2’de gösterilmiştir.

Tablo 3.2. Agregat türüne göre beton ortalama basınç dayanımları

Agrega türü	Basınç Dayanım Değerleri (MPa)		
	7 gün	28 gün	60 gün
BBC	26,61	33,44	35,50
DBC	21,92	28,49	30,05



Şekil 3.2. Bazalt Türüne Göre Beton Basınç Değerleri Karşılaştırması

Şekil 3.2'ye göre bazalt agregası dolomit agregasına göre 7 gün dayanım değerini %21,40 oranında artırdığı, 28 gün dayanım değerini % 17,40 oranında artırdığı ve 60 gün dayanım değerini %18,14 artırdığı ölçülmüştür.

3.2.1. Hızlandırılmış Harç Çubukları Deneyi- ASTM C 1260

Alkali agregat reaksiyonunu tespit etmek için ASTM C 1260 (2014)'a hızlandırılmış harç çubukları test yöntemi uygulanan yöntemlerden biridir. Ayrıca elektron manyetik mikroskop (SEM) ile mikro yapısı gözlemlenmesi, enerji dağıtımı- X ışını (EDX) ile beton numunelerde oluşan elementel değişimler ASR'yi anlamak için uygulanabilir yöntemlerdir.

- ASTM C 1260 (2014)'a göre Su/Bağlayıcı = 0.47 olan numuneler 25x25x285 mm kalıplara bırakılmalıdır. Dökülen harç örnekleri 24 saat sonra kalıptan çıkarılarak ilk boyları belirlenmelidir. Harç numuneler 80 C° , NaOH çözeltisinde NaOH banyosuna 3, 7 ve 14 günlük maruz kaldıktan boyları tekrar ölçülmelidir.

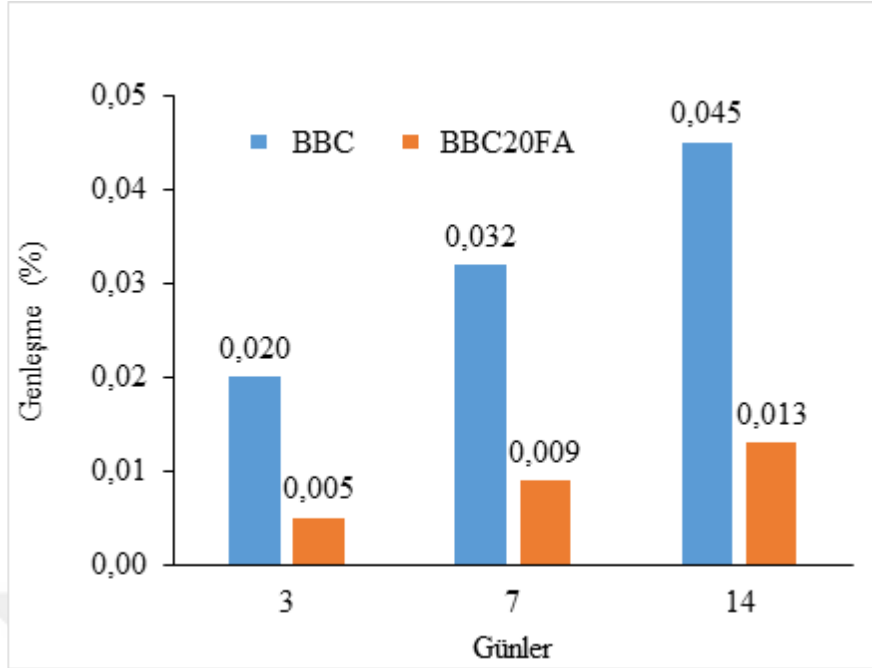
- ASTM C 1260 (2014)'a göre harç çubuklarında;

- Ortalama uzama oranı $< \%0,10$ alkali silika reaktifliği yönünden tehlikesiz agrega,
- $\%0,10 < \text{ortalama uzama} < \%0,20$ potansiyel tehlike arz eden agregalar,
- Ortalama uzama oranı $> \%0,20$ tehlikeli agrega grubu olarak kabul edilmektedir.

3.3. Cizre Bazalt Agregasının Betonda Alkali Silika Reaksiyonu (ASR) Üzerine Etkisi

Agregaların alkali-silika reaktifliği, kullanım yerinde geçerli olan mevzuata uygun olarak tayin edilmeli ve beyan edilmelidir. Deney metodu: ASTM C 1260-07 (2014) agregaların alkali-silika reaktifliğinin harç çubuklarının hızlandırılmış genleşmesi metodu tayini ile gerçekleştirilmiştir. Harç çubuklarında ortalama uzama oranı $< \%0,10$ alkali silika reaktifliği yönünden tehlikesiz agrega, $\%0,10 < \text{ortalama uzama} < \%0,20$ Potansiyel tehlike arz eden agregalar, ortalama uzama oranı $> \%0,20$ Tehlikeli agrega grubu olarak kabul edilmektedir.

Yapı malzemeleri test ve kalibrasyon laboratuvarında yaptırılan alkali silika reaktifliği deney sonuçları Şekil 3.3'te gösterilmiştir.



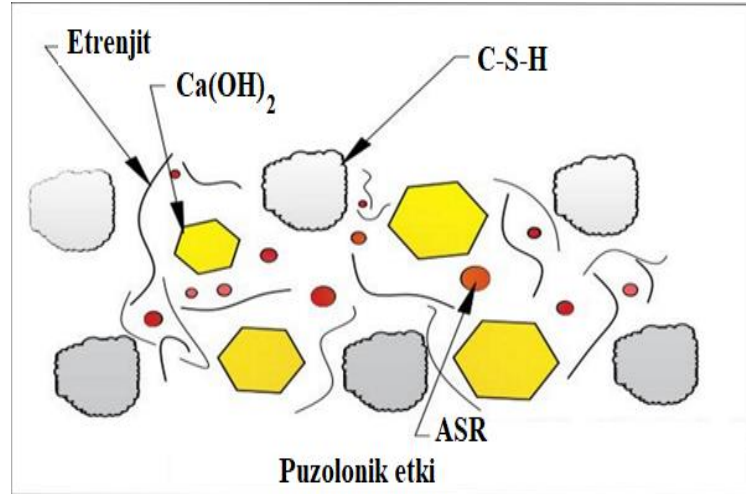
Şekil 3.3. Bazalt Agregalı Betonun ASTM C 1260-07 (2014) Göre Genleşme Miktarı

Şekil 3.3'e göre BBC numunede 3 gün sonunda %0,020'lik uzama BBC20FA numunede %0,005'lik uzama, 7 gün sonunda BBC numunede %0,032'lik uzama %20 BBC20FA numunede %0,009'lik uzama, 14 gün sonunda BBC numunede %0,045'lik uzama BBC20FA numunede %0,013'lik uzama ölçülmüştür. Betonlardaki uzama miktarları ASTM C 1260-07 (2014)'nin izin verdiği sınır değerlerde olduğu uçucu kül ikamesi bazalt agregalı numunede genleşmeye bağlı boy uzamalarını %70'e kadar azalttığı tespit edilmiştir.

3.4. Mikro yapı incelemeleri

3.4.1. SEM-EDX deneyleri

Beton hidratasyon ürünlerini SEM ile incelendiğinde betonda gözlemlenen ürünler ağımsı veya bulutsu olarak gözlemlenen betonda dayanım artıran C-S-H (Kalsiyum-Silikat-Hidrat), hegzagonal şekilde olan dolgu malzemesi olan C-H (Kalsiyum Hidrat), iğnemsı şekilde olan betonda hacimsel genleşme yaratan ürün etrenjit, nokta şeklinde olan yine hacimsel genleşme yaratan ve betonda dayanım ve dayanıklılık kaybına neden olan ASR (alkali silika jeli) dir. SEM gözlemlerinde oluşabilecek ürünler aşağıda Şekil 3.4' te gösterilmiştir.



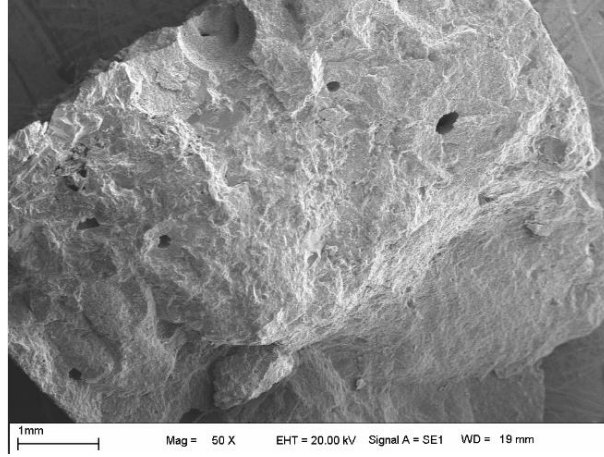
Şekil 3.4. Beton Reaksiyon Mekanizması

Cizre yöresinden temin edilen bazalt agregası ile hazırlanan BBC ile BBC20FA numunelerin, ASR'ye reaktifliğini belirlemek için beton yüzeysel çatlakları, hacimsel genleşme oluşturabilecek hidratasyon ürünler elektron manyetik mikroskop (SEM) ile mikro yapısı gözlemlenmiştir.

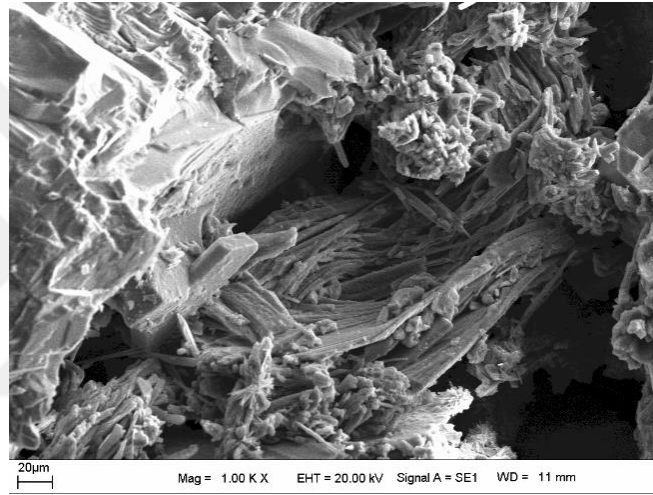
BBC ve BBC20FA harç çubukları ASTM C 1260'ye hızlandırmış yöntemi uygulamasına tabii tutulduktan sonra numuneler SEM gözlemleri ve enerji dağıtım-x ışını (EDX) yöntemi ile kimyasal değişimi incelenmiştir.

3.4.1.1.BBC20FA numunesinin SEM-EDX analizleri

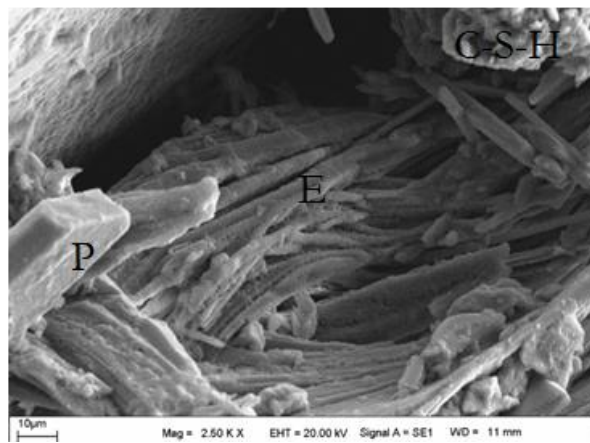
Cizre bazalt agregasından üretilen beton numunelerin SEM gözlemlerinde hacimsel genleşme oluşturan ASR oluşmadığı tespit edilmiştir.



Şekil 3.5. BBC20FA numunesinin SEM Görüntüsü (50x)

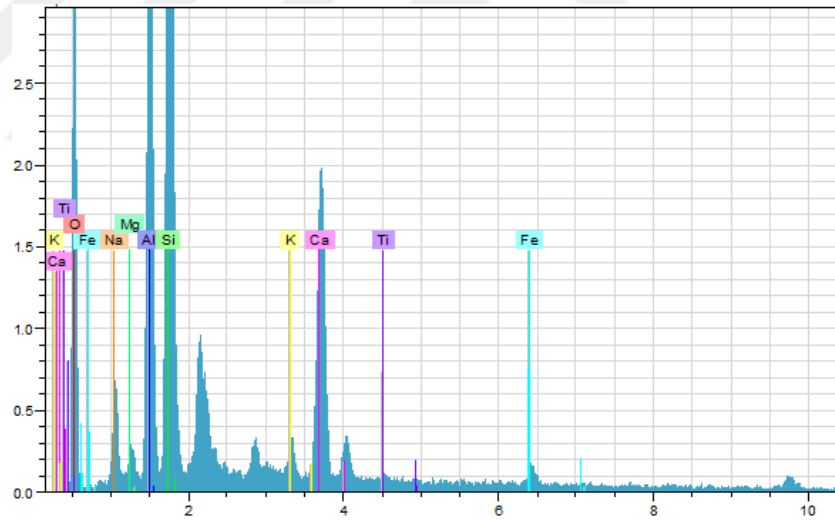


Şekil 3.6. BBC20FA numunesinin SEM Görüntüsü (1000x)



Şekil 3.7. BBC20FA numunesinin SEM Görüntüsü (2500x)

Şekil 3.6 ve Şekil 3.7'ye göre BBC20FA betonun SEM gözlemlerinde P ile portlandit kristaller (CH) ve etrenjit (E) iğneleri ve ağımsı yapıya sahip C-S-H bağı görülmektedir.



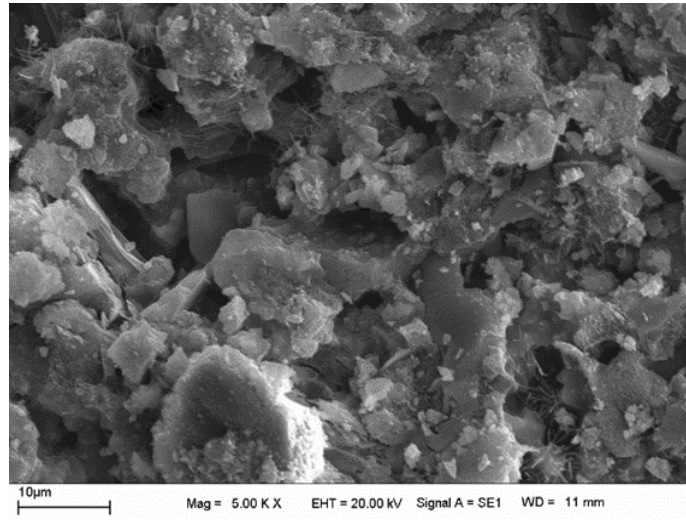
Şekil 3.8 BBC20FA numunesinin genel SEM-EDX Analizi

Tablo 3.3. BBC20FA numunesinin EDX analizi sonucuna göre K-serisi elementlerin ağırlıkça yüzdeleri

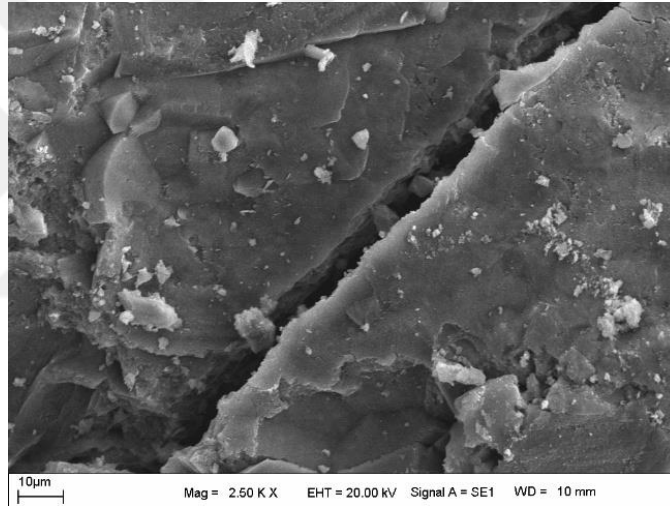
Elementler	Ağırlıkça (%)			
	17 numaralı bölgenin	18 numaralı bölgenin	19 numaralı bölgenin	20 numaralı bölgenin
Si	15,29	16,68	17,91	18,61
Al	8,04	9,76	11,62	7,97
Ca	6,78	7,45	6,64	3,68
Na	1,48	0,95	2,12	3,30
Fe	0,34	1,00	0,63	3,09
K	0,32	0,33	0,04	1,26
Ti	0,08	0,13	0,09	0,68
Mg	0,04	0,09	0,00	0,00
O	66,94	63,60	60,95	61,42
Toplam	100,00	100,00	100,00	100,00

3.4.1.2.BBC numunesinin SEM-EDX analizleri

BBC numunesin SEM analizleri sonuçları aşağıda Şekil 3.9, Şekil 3.10'da verilmiştir.

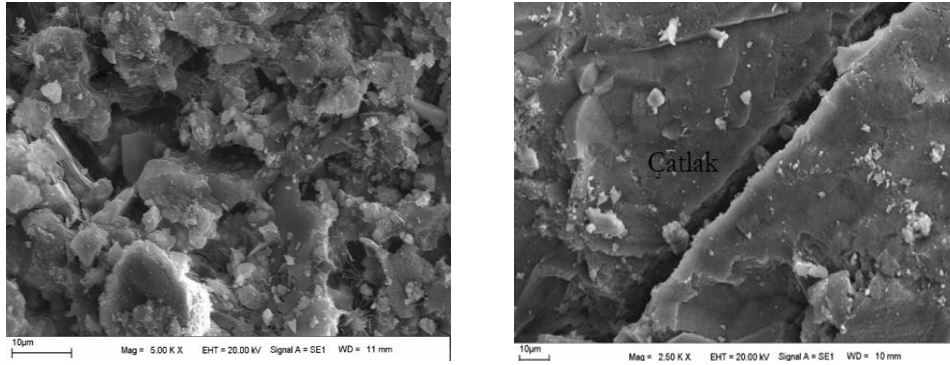


Şekil 3.9. BBC numunesinin SEM Görüntüsü (1000x)



Şekil 3.10. BBC numunesinin SEM Görüntüsü (2500x)

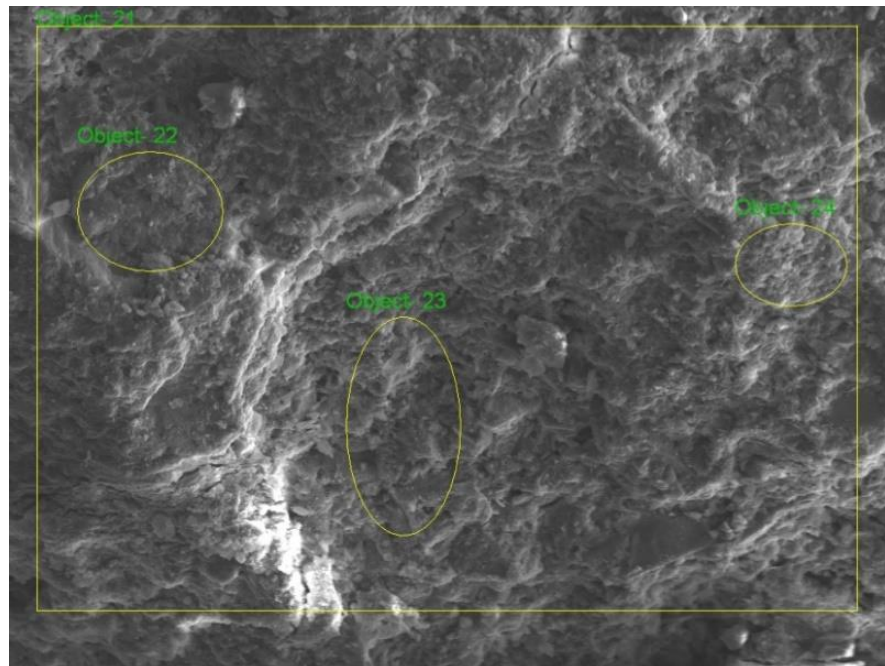
Bazalt agregalı (BBC) betonun SEM gözlemleri

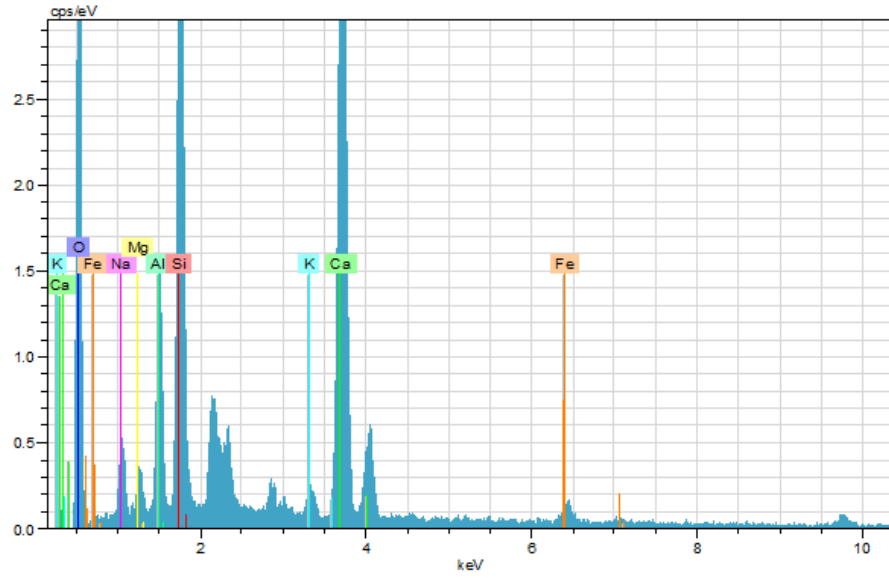


Şekil 3.11. BBC Numunesinin SEM Görüntüsü

SEM gözlemlerine göre bazik karakterdeki bazalt agregasından hazırlanan BBC20FA numunesi ile BBC karşılaştırıldığında genleşme yaratan çatlak genişliğinin azaldığı, dayanımı artıran hidratasyon ürünü C-S-H artırdığı tespit edilmiştir.

Hidratasyon ürünleri içinde olumlu miktarda kalsiyum (Ca^{2+}) olduğunda genişleme ortaya çıkar ve bu genişleme portlandit şeklindedir (Aydın,2012). Kalsiyum yönünden jellerin zengin oluşumu, sonucuda genişlemeye sebep olmaktadır. Ayrıca kalsiyum oluşan jelin vizkositesini artırır büyümesine neden olur. Buna karşılık, diğer çalışmalarda, CaO ilavesinin uçucu kül veya silis dumanı içeren betonlarda genleşmeyi azalttığını göstermiştir (Aydın,2012). Sodyum (Na^+), potasyum (K^+) yoğunluğundaki azalmanın hacimsel genleşmeyi azalttığı tespit edilmiştir.





Şekil 3.12. BBC numunesinin Genel EDX Analizi

Tablo 3.4. BBC numunesinin kimyasal oluşumları EDX sonucuna göre K-serisi elementlerin ağırlıkça yüzdeleri (ağırlıkça %)

Elementler	Ağırlıkça (%)			
	21 numaralı bölgenin	22 numaralı bölgenin	23 numaralı bölgenin	24 numaralı bölgenin
Si	11,01	11,95	13,11	11,52
Al	3,28	2,83	4,25	2,66
Ca	19,51	22,44	18,66	17,87
Na	1,88	1,33	2,13	2,48
Fe	1,84	2,22	1,95	1,7
K	0,38	0,33	0,57	0,29
Mg	0,35	0,19	0,5	0,52
O	46,26	58,71	58,83	62,95
Toplam	100	100	100	100

Cizre bazalt agregasından üretilen beton numunelerin SEM gözlemlerinde ASR belirtisi olan yüzeysel çatlakların ve hidrasyon yan ürünü oluşmadığı tespit edilmiştir.

Sodyum (Na^+) ve potasyum (K^+) yoğunluğunda meydana gelen artışın hacimsel genleşmeyi azalttığı ortaya çıkmıştır. Alüminyum (Al) adsorpsiyonu ile zeolit bariyer oluşumu agregalardan reaktif silika yüzeyi silika çözünme hızının düşürülmesini. ASR jelinin şişmesini azaltmaktadır. gözenek yapısını yoğunlaştırarak betonun geçirimliliğini azaltmaktadır (Honng ve diğ.. 2002; Huenger. 2007; Chappex ve diğ.. 2013). Bazalt agregalı numunenin kimyasal oluşumları EDX tarafından belirlenmiş sonuçları Tablo 3.4’de gösterilmiştir.

3.4.1.3.BBC ve BBC20FA Beton Numunelerinin EDX Sonuçları

Tablo 3.5. BBC ve BBC20FA numunelerinin EDX sonuçları (% ağırlıkça)

Numuneler	Ca	Si	Al	Na	K	Fe	Ti	Mg	O
BBC20FA	6,78	15,30	8,04	1,48	0,32	0,34	0,08	0,04	66,94
BBC	19,51	11,0	3,28	1,88	0,38	1,84	-	0,35	46,26

Bazalt agregalı numunenin kimyasal oluşumları EDX tarafından belirlenmiş sonuçları Tablo 3.5'te gösterilmiştir.

BBC ve BBC20FA numunelerin kimyasal oluşumları EDX değerleri 3 farklı ASR'ye oluşumu gözlemlenmiş ASR¹, ASR² ve ASR³ numunesi (Leeman ve diğ. 2011) ile alkali-silis ilişkisi karşılaştırmalı olarak Tablo 3.6'da verilmiştir.

Tablo 3.6. Beton Numunelerin EDX Analiz Sonuçları (% ağırlıkça)

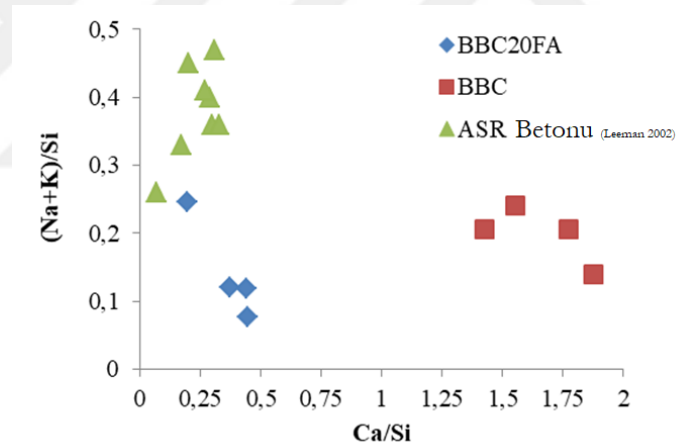
Numuneler	Ca	Si	Al	Na	K	Fe	Ti	Mg	O	$\frac{Na + Si}{Si}$	$\frac{Ca}{Si}$
	Atom %										
BBC	19,5	11,0	3,3	1,9	0,4	1,8	-	0,35	46,3	0,20	1,77
BBC20FA	6,8	15,3	8,0	1,5	0,3	0,3	0,08	0,04	67,0	0,12	0,44
ASR ¹	5,3	20,9	0,4	1,4	3,2	0,1	-	-	68,6	0,22	0,36
ASR ²	4,5	19,4	-	2,8	3,7	0,5	-	-	69,0	0,34	0,23
ASR ³	4,5	19,9	-	0,8	3,6	-	-	-	71,2	0,26	0,25

Tablo 3.6' ya göre uçucu kül ikameli bazalt agregalı numune ile bazalt agregalı numunenin EDX analizleri karşılaştırıldığında uçucu kül ikamesinin, kalsiyum, sodyum ve potasyum miktarlarını düşürdüğü alüminyum miktarında artırdığı tespit edilmiştir. Bu durum için uçucu kül ikamesinin betonda hacimsel genleşmeleri ve buna bağlı çatlakları azalttığını söylemek mümkündür. EDX analiz sonuçları Leeman ve

arkadaşlarının çalışmasında ASR beton numuneleri ile karşılaştırıldığında, test numunelerinin toplam alkali miktarının silikata oranının $\left(\frac{Na+K}{Si}\right)$ düşük olması ve kalsiyum -silikat oranının Ca/Si'de yüksek olması ASR ürünlerinin oluşmadığını gösterir. Ayrıca ortamdaki Ca/Si oranının uçucu kül ikamesi ile 1,77'den 0,44'e dramatik bir şekilde düşmesi, mukavemet artışına katkı sağladığının bir göstergesidir (Leeman ve diğ., 2011).

Tablo 3.6' ya göre BBC20FA ile BBC numunenin EDX analizleri karşılaştırıldığında uçucu kül ikamesinin, kalsiyum, sodyum ve potasyum miktarlarını düşürdüğü alüminyum miktarında artırdığı tespit edilmiştir.

BBC20FA ile BBC numunelerin ASR betonu ile $(Na + K)/Si$ oranı ile Ca/Si oranının karşılaştırılması Şekil 3.13'te verilmiştir.



Şekil 3.13. BBC, BBC20FA (1M NaOH at 80° C) betonlarının ASR betonuna ait Na+K)/Si oranı ve Ca/Si oranı ile karşılaştırılması

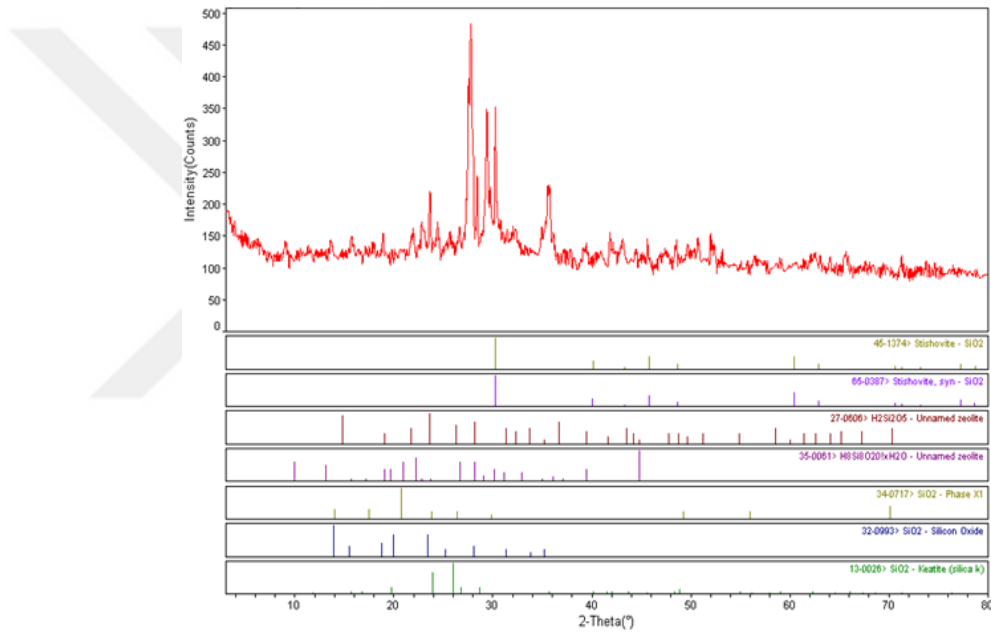
Şekil 3.13'e göre ASR'ye maruz kalmış betonun EDX analizi sonucu ile Cizre bazaltına ait EDX sonuçlarında çakışma olmaması Cizre bazaltında ASR ürünü olmadığını göstermektedir.

3.4.2. XRD deneyleri

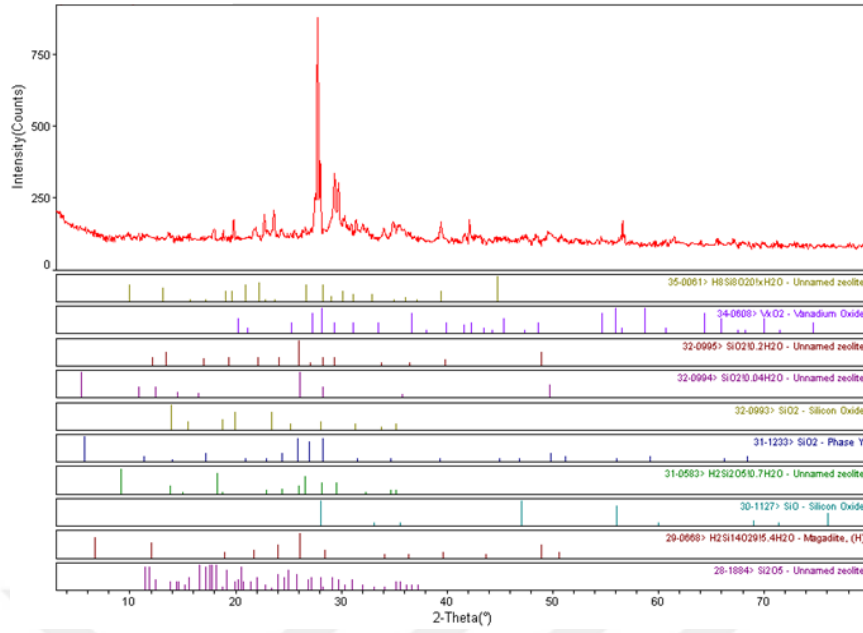
3.4.2.1.X-Ray Diffraction (XRD)

Nano boyutlu ASR partiküllerinin nispeten zayıf kristalliliğine bağlı kırınım modellerinin sınırlı kalitesine rağmen, ASR ürününün kristal yapısını çözmek mümkündür (Aydın. 2012).

X-ışını kırınım yöntemi (XRD) ile her bir kristalin fazın kendine özgü atomik dizilimlerine bağlı olarak, X-ışınlarını karakteristik bir düzen içerisinde kırması esasına XRD ile kimyasal değişimi incelenmiştir.



Şekil 3.14. BBC20FA numunesin XRD-faz Analizi



Şekil 3.15. BBC numunesin XRD-faz Analizi

Şekil 3.14 ve Şekil 3.15’de verilen XRD-faz analizi incelendiğinde 2-Theta (°) kırınım pozisyonları zirveleri (peaks), 2 theta açısına göre C-S-H (Kalsiyum Silikat Hidrat), C-H (Kalsiyum Hidrat) ve C-A-S-H (Etrenjit)’ e bağlı zirve noktaları olduğu, $2\text{Na}^+ \text{H}_2\text{SiO}_2^{-4}$ olarak bilinen ASR ürününe bağlı zirve rastlanmadığı anlaşılmaktadır.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bazalt dünyada ve Türkiye de çok bulunmasından ve kolay ulaşılabilir olması nedeniyle yapı malzemesi olarak birçok alanda bazalttan faydalanılmıştır. Bazaltın sert yapısı, kolay şekil alabilmesi, sıcaklığa ve değişen hava koşullarına dayanıklılığı bazaltın tarih boyunca kullanımını süregelen kılmıştır. Bölgemizde Babil kralının Cizre'yi işgal ettiğinde başkenti Babil olarak tayin etmesi olayından bu yana bazalt taşlarının kullanımı yaygındır. Çeşitli devlet yapılarında, kültürel yapılarda, halkın ikamet ettiği evlerde genellikle bazalt taşı kullanılmıştır. Bu Cizre'deki bazalt kaynaklarının çok olmasından ve dayanıklı olmasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca yapı malzemelerinin beton, zemin iyileştirilmesinde, cam-seramik yapımında, bazalt fiber vs. kullanıldığı. Dünyada en çok kullanılan yapı malzemesi olan betonda, kimyasal yapısına bağlı olarak bazik özellik gösteren bazalt agreganın kullanılması basınç dayanımını ve dayanıklılığını arttırdığı, betonda alternatif kayaç olarak bazaltın değerlendirilmesi hammadde için dere yataklarından temin edilen agregalar yerine en iyi alternatif olarak değerlendirilebileceği, yapılan literatür araştırmaları sonucunda tespit edilmiştir. Yapılan araştırmalar ve analizler sonucunda bazaltın hem geçmişte hem de gelecekte yapı malzemelerinde süregelen olarak kullanılacağı aşikar olup Cizre yöremizde yaygın şekilde bulunan bazaltın fiziksel, kimyasal ve mekanik deneyleri yapılarak uygun yapı malzemesi ya da hammadde olarak kullanılması şehrimizin kalkınmasına katkı sağlayacağına kuşku yoktur.

Beton agregası uygun gradasyon ve mekanik değerlere sahip olmasının yanı sıra agreganın petrografik özellikleri önemlidir. Andezit, dasit, riyolit, bazaltik andezit gibi reaktif silika ($\text{SiO}_2 > \%52$) bulunduran agregalar rutubetin etkisi ile alkali-silika reaksiyonu oluşturmaktadır. Alkali-silika reaksiyonu sonucu oluşan jelimsi yapı önemli ölçüde çatlak oluşturarak betonda dayanım ve dayanıklılığı düşürmektedir.

Cizre ve çevresinden alınan bazalt ve dolomit agregalarının schmidt değerleri bazalt 50 MPa, dolomit ise 48 MPa. Buda bazaltın dolomit agregasına göre dayanıklılığının %4.16 daha fazla olduğu ortaya çıkmıştır.

Los Angeles aşınma deneyleri karşılaştırıldığında 500 devirde bazalt agregasında %27 kayıp, dolomit agregası ise %23 kayıp ölçülmüştür. Bu sonuçlara göre hem bazalt agregası hem de dolomit agregası %50'nin altındaki kayıplardan dolayı betonda kullanılabilir.

Beton basınç dayanım değerleri karşılaştırıldığında: bazalt agregası dolomit agregasına göre 7 gün dayanım değerini %21.40 oranında artırdığı, 28 gün dayanım değerini % 17.40 oranında artırdığı ve 60 gün dayanım değerini %18.14 artırdığı ölçülmüştür.

ASTM C 1260, SEM-EDX ve XRD deneyleri sonucu Cizre bazaltının ASR'ye reaktif olmadığı, %20 uçucu kül ikamesinin BBC20FA numunede genleşmeye bağlı boy uzamasını %70'e kadar azalttığı ve betonda dayanıklılığı artırdığı tespit edilmiştir. Betonda reaktif agrega kullanımı durumunda uçucu kül ikamesi ASR'ye karşı önlem olarak kullanılabileceğini söylemek mümkündür. Cizre bazaltını beton endüstrisinde kullanılabileceği kanısına varılmıştır.

Betonun hizmet ömrünün azalması sadece ekonomik olarak değerlendirmek yanlış olur. Betonlu oluşturan malzemelerin verimsiz kullanılması çevresel- ekolojik problemleri ortaya çıkarmasından ötürü durumu farklı boyutlara taşımaktadır.

Kayaç türü beton agregası belirlemede önemli bir kriterdir. Her cins kayaç beton agregası olarak kullanılamayacağı gibi agreganın petrografik yapısının belirlenmesi betonun ileriki yaşlarda bozulmasının önüne geçerek hizmet ömrünü artıracaktır. Böylelikle hem ekonomik hem de çevresel deformasyonların önüne geçilmiş olacaktır.

KAYNAKÇA

- Acar, A. (2002). Diyarbakır karacadağ bazaltlarının endüstriyel amaçlı kullanım alanları. Yüksek Lisans Tezi. 87. Diyarbakır. Diyarbakır: D.U. Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Açıkyıldız Şengül, B. (2014). Cizre Kırmızı Medrese: Mimari, İktidar ve Tarih. Kebikec. 38. 170. 171.
- agup.org.tr. (2022. 07 06). Agrega Bülteni: <https://www.agub.org.tr/indir/AGUB-agrega-mayis3.pdf> adresinden alındı
- Ainsword, W. (1842). Travels and researches in Asia Minor and Mesopotamia. 2. 344. 345.
- Akatay, M. (2014). Diyarbakır Bazaltlarının Bazı Önemli Malzeme Özelliklerinin Tahribatsız Yöntemlerle Belirlenebilirliğinin Araştırılması. Diyarbakır: Dicle Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. doi:Yüksek Lisans Tezi
- Akıllı, A. (2012). Bazalt Agregasının Mekanik Özelliklerinin Yol Üstyapısında Kullanımı Açısından İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Isparta: Yüksek Lisans Tezi. Süleyman Demirel Üniversitesi. Fen bilimleri Enstitüsü.
- Akman Pek, N. (2014). Beton Deniz yapılarında Bazalt Agrega Kullanımı. Yazı: 422.. İMO Teknik Dergi.. 6863. doi:6849-6866.
- Aksoy, F. (2007). Porselen Üretiminde Bazaltın Kullanılabilirliğinin Araştırılması. F. B. Sakarya Üniversitesi. içinde Sakarya.
- Alkali-Agrega Reaktivitesinin Tespitinde Kullanılan Deney Metotlarının İncelenmesi . (2007). İzmir: Ege Üniversitesi. İnşaat Mühendisliği Bölümü. Doktora Tezi.
- Arıoğlu, E., Arıoğlu, N., & Yılmaz, A. (2006). Beton Agregaları Çözümlü Problemler-Bilgi Föyleri. İstanbul: Evrim Yayınevi. <http://yapimerkezi.com.tr> (2022. 10 23). adresinden alındı
- ASTM C586. 2019 Standard Test Method for Potential Alkali Reactivity of Carbonate Rocks as Concrete Aggregates (Rock-Cylinder Method)
- ASTM 1260-07 (2014). Standard Test Method for Potential Alkali Reactivity of Aggregates (Mortar-Bar Method).
- Aydın, S., Emiroğlu, K., & Özen, O. (2001). Mardin: Aşiret-Cemaat-Devlet. İstanbul: Tarih Vakfı Yayınları.
- Aydın, E. G (2012). Çeşitli Mineral Katkılarının Betonda Alkali Silika Reaksiyonuna Etkisi. İstanbul Teknik Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi.
- Baradan, B., Yazıcı, H., & Ün, H. (2010). Beton ve Betonarme Yapılarda Kalıcılık (Durabilite). İstanbul: Türkiye Hazır Beton Birliği.

- Bayık. H. (2022). Tarihi Yapılarda Kullanılan Malzemelerin Fiziko-Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi: Cizre Kalesi (Birca Belek) Örneği. Diyarbakır: Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi.
- Bérubé. M., Tremblay. C., Fournier. B., Thomas. M., & Stokes. D. (2004). Influence of lithium-based products proposed for counteracting ASR on the chemistry of pore solution and cement hydrates... *Cement and Concrete Research*. 34(9). . 1645-1660.
- Camkerten. M., Çalışır. A., & Aksoy. C. (2020). Püskürtme Betonda bazalt Lif Kullanımının Değerlendirilmesi. *Dergipark Akademik*. 17(1).
- Chappex. T., & Scrivener. K. (2013). Theeffect of aluminum in solution on thedissolution of amorphoussilicaanditsrelationtocementitioussystems. *J. Am. Ceram. Soc.*. 96. 592–59.
- Çakır. Ö. (2007). Investigation of test methods on alkali aggregate reaction. . İzmir: PhD Thesis. Ege University Institute of Science.
- Deer. W., Howie. R., & Zussman. J. (1962). *Rosk Forming Minerals. Non Silicates*. Longman Group Ltd.. Vol. 5. 230-288.
- Demir. İ. (2010). Alkali-Slika reaksiyonu Etkisine Maruz Aynı Oranda Silis Dumanı ve Uçucu Kül İçirine Harçların Mekanik Özellikleri. *Gazi Üniversitesi müh. Mim. Fak. Der.*. 25(4). 750.
- Doğruyol. M. (2017). Diyarbakır: Doktora Tezi. Dicle Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü.
- Doğruyol. M., & Karaşin. A. (2016). Diyarbakır Bazaltı Kullanılan Beton Sem ile Araştırılması. *IMSEC Çukurova University. Congress Center*. 2525. doi:2521-2530
- Doğu. A. (2021). Kasrik boğazı ve Cizre Arasında Kalan Alanın Jeomorfolojisi. *Sosyol. Beşeri ve İdari Bilimler Dergisi*. 4(11). 1051.
- Doğu. A., & Ek Sevgi. E. (2021). Kasrik Boğazı ve Cizre Arasında Kalan Alanın Jeomorfolojisi. *Sosyal. Beşeri ve İdari Bilimler Dergisi*. 4 (11). 1038-1057.
- Erçin Kahveci. A., & Kadayıfçı. A. (2013). Diyarbakır Yöresi bazalt Taşının Yapısal Özelliklerinin İncelenmesi. *SDU International Journal of Technologic Sciences*. 158. doi: 56-69
- Erdoğan. G. (2014). Bazalt Lif Katkılı Betonların Mekanik ve Geçirimlilik Özelliklerinin Araştırılması. İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.. 32.
- Erdoğan. T. Y. (2007). *Beton*. Ankara: ODTÜ Yayıncılık.
- Erdoğan. T., & Erdoğan. S. (2007). *Bağlayıcı Malzemelerin ve Betonun Onbin Yıllık Tarihi*. Ankara: ODTÜ Geliştirme Vakfı Yayıncılık.
- Erguvanlı. K. (1983). *Mühendislere Jeoloji*. İTÜ Kütüphanesi. Sayı 1126.

- Erkan. Y. (1995). Magmatik Petrografi. Hacettepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendislik Bölümü Yayını.
- Faniyo. E., Kolawole. J., & Almakrab. A. (2015). Alkali-silica reaction (ASR) in concrete structures: Mechanisms, effects and evaluation test methods adopted in the United States. Case Studies in Construction Materials. 15. doi:doi.org/10.1016/j.cscm.2021.e00563
- Garcia. E., Alfonso. P., & Tauler. E. (2020). Mineralogical Characterization of Dolomitic Aggregate Concrete. The Camarasa Dam (). Minerals.. 10(2):117.
- Goralczyk. S. (2012). Alkali-Carbonate reaction of aggregates. Gospodarka Surowcami Mineralnymi.. 28. 45-62.
- Honng. S., & Glasser. F. (2002). Alkali sorption by C-S-H and C-A-S-H gels: . part II. role of alumina. Cem. Concr. Res. 32 (7) , 1101–1111.
- <http://www.cizre.gov.tr/ulu-camii>. (2023. Ocak 25).
- <https://ilkha.com/guncel/zamana-direnen-6-bin-yillik-cizre-surlari-yok-olmayla-karsi-karsiya-155720>. (2022. 06 23).
- <https://www.ergagranit.com.tr/bazalt-ocaklari>. (2022. 06 20).
- <https://www.kulturportali.gov.tr/turkiye/sirnak/gezilecek-yer/yafes-koprusu>. (2023. Ocak 26). Kültür Portalı.
- Huenger. K. (2007). The contribution of quartz and the role of aluminum for understanding the AAR with greywacke. Cem. Concr. Res.. 37. 1193–1205.
- İnceer. M. (2012). Kahramanmaraş-Hartlap Dolomiti Katkılı Çimentoların Dayanım ve Genleşme Özelliklerinin Araştırılması. Kahramanmaraş: Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi.
- Kambiz. R. (2013). Alkali-silica reaction in concrete a review. 2013 .21-23 Feb. İstanbul. Turkey. 289-311. İstanbul: Ready Concrete Congress.
- Karaaslan. M. (2001). Doğadan Antik ve Çağdaş Mekanlara". K. Karaaslan Mermer A.Ş Tanıtım Katalogu.
- Karademir. D. (2014). Cizre İlçesi Yerleşmeleri. Harran Üniversitesi. Sosyal Bilimler Enstitüsü. Coğrafya Anabilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi. Şanlıurfa.
- Katayama. T., Bérubé. M., Fournier. B., & Durand. B. (2000). Alkali aggregate reaction in the vicinity of Izmir, Western Turkey. Alkali Aggregate Reaction in Concrete. Proc. 11th. Canada: International Conference. Quebec..
- Kozbe. G., & Gök. S. (2015). Cizre Kalesi Orta Çağ Barbutin ve Kalıba Baskı Bezemeli Sırsız Seramikleri. Koç Üniversitesi.

- Köken. E. (2019). Bazalt Agregası Malzemesinin Farklı Mekanik ve Çevresel Koşullar Etkisinde Özelliklerinin İncelenmesi. Zonguldak: Doktora Tezi. Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Leemann A., Le Saout G., Winnefeld F., Rentsch D. ve Lothenbach B., Alkali-silica reaction: the influence of calcium on silica dissolution and the formation of reaction products. J. Am. Ceram. Soc. 94 (4). 2011.1243–1249.
- Le Maitre. R. (1989). A classification of Igneous . Oxford.: Rocks and Glossary of Terms. 193 pp. Blackwell. .
- Mohammadi. A., Ghiasvand. E. ve Nili. M. (2020). Relation between mechanical properties of concrete and alkali-silica reaction (ASR); a review. Construction and Building Materials. 258. 119567.37.
- Orhan. A., Ak. N., Erensoy. A., & Çek. N. (2020). Betonda Bazalt Agregasının Kullanımı ve Özellikleri. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi(19). 524-532.
- Saban. S. (2013). Tarih ve Medeniyet Bağlamında Cizre. Şırnak Üniversitesi İlahiyat Fakültesi Dergisi. 160.
- Siler. M., & Şengün. M. (2016). İdil (Şırnak) Kuzeyinin Jeomorfolojik Özellikleri. Türk Coğrafya Dergisi. 66. 13.
- Söylemez. M. (2022). Building Materials And Sustainability of The Environment (Yapı Malzemeleri ve Çevrenin Sürdürülebilirliği). Ankara. 87. İksad Publishing House. 87.
- Subaşı Direk. Y., & Öztürk. Ş. (2017). Cizre Sivil Mimarisinde Önemli Bir Eser: Mehmet Ağa . YYÜ Mimarlık ve Tasarım Fakültesi.
- Şengül. S. (2014). Cizre Kırmızı medrese Bağlamında tarih Kimlik Hafıza Oluşumu. Kebikec. 37. 67.
- Tan. N. (2019). Cizre Tarihi Suriçi Bölgesinin Kentsel koruma Açısından İrdelenmesi.. Diyarbakır: Yüksek Lisans Tezi. Dicle Üniversitesi. Fen bilimleri Enstitüsü.
- Temur. S. (2001). Endüstriyel Hammaddeler. Konya: Çizgi Kitabevi.
- TMMOB'nin Yıkılan Kentler Raporu - Cizre. (2015). TMMOB'nin Yıkılan Kentler Raporu - Cizre.
- Toroğlu. E. (2006). Niğde İli Yerleşmeleri ve Lokasyon Planlaması.. Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü. 87.
- TS 706. (1980). Beton Agregaları. Türk Standartları Enstitüsü.
- TS EN 206-1 (2012). Özellik, performans, imalat ve uygunluk standardı, iklimsel ve coğrafik şartlar, güvenlik seviyeleri ve yerleşmiş bölgesel uygulamalarda oluşan farklılıkları dikkate alarak birçok bölümünde milli uygulamaların kullanılması.

- TS EN 1097-2- (2010). Agregaların mekanik ve fiziksel özellikleri için deneyler - Bölüm 2 : Parçalanma direncinin tayini için yöntemler.
- TS EN 12504-2- (2004). Yapılarda Beton Deneyleri - Bölüm 2: Tahribatsız Deneyler - Geri Sıçrama Değerinin Tayini.
- Tuğrul. A.. & Yılmaz. M. (2022. 07 06). Büyükşehirlerde Kaynak Planlaması ve Önemi. yerman.org.tr. adresinden alındı
- Tüzün. M. (2014). Cizre Tarihi -2- Arkeoloji. Bilim ve Sanat. İstanbul: Nübihar Yayınları.
- Uçar. H. (2008). Kırmataşların Beton Agregasında ve Hazır beton Tesislerinde Kullanılma Kriterleri Örnek Uygulama: Sağlıklı Köyü Kalker Ocağı. Adana: Çukurova Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü.
- www.doganaymadencilik.com. (2022. 06 23).
- www.matasmaden.com. (2022. 06 22).
- www.reade.com. (2022. 06 22). www.reade.com. adresinden alındı
- Yaşın. A. (2011). Tarih. Kültür ve Cizre. İstanbul: Kent Işıkları Yayınları.
- Yıldız. H. (2000). Bedirhan bey Vak'ası. Erzurum: Yüksek Lisans Tezi Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Yıldız. İ. (2011). Cizre'deki Tarihi Köprüler Üzerine Bir Değerlendirme. Türk Dünyası Araştırmaları(194). 49.
- Yılmaz. A. (2008). Ferrokrom ve Silikoferrokrom Cürufları İle Silis Dumanının Yol Üstyapısında Kullanımının İncelenmesi. Isparta: Süleyman Demirel Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Younis, Khaleel H., and Shelan M. Mustafa (2018). "Feasibility of using nanoparticles of SiO₂ to improve the performance of recycled aggregate concrete." Advances in Materials Science and Engineering 2018.
- Zarif. H.. Tuğrul. A.. & Dursun. G. (2003). İstanbul'daki Kireçtaşlarının Agregat Kalitesi Yönünden Değerlendirilmesi. İstanbul Üniv. Müh. Fak. Yerbilimleri Dergisi.. 16(2). 61-70.
- Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Ins 230 İnşaat Mühendisliği Laboratuvarı 2. Hafta Agregat Deneyleri. Yapı Malzemeleri Laboratuvarı Deneyleri. Zonguldak.