



Karadeniz Ereğli (Zonguldak) Andezitlerinin Petrografik-Jeokimyasal Özellikleri ve Endüstriyel Kullanılabilirliği

Gürkan Bacak^{1*}, Serkan Ahmet Yılmaz¹

¹Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 67100, Zonguldak

Özet

Bu çalışmada Zonguldak batısı, Kozlu-Karadeniz Ereğlisi ve Ormanlı arasında kalan bölgede yayılım sunan Üst Kretase yaşlı volkanitlerin jeolojik özellikleri (litoloji, petrografi, jeokimya) ve endüstriyel kullanılabilirliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Petrografik ve jeokimyasal açıdan andezit, bazaltik andezit ve traki-andezit olarak tanımlanan volkanitler, yitim zonu kalk-alkali karaktere sahiptirler. Laboratuvar çalışmaları kapsamında ilk aşamada 5 adet taze volkanit örneğinde standartlara uygun (TS, BS, ASTM, AASHO) olarak agrega deneyleri (elek analizi, özgül ağırlık, su emme oranı, organik madde miktarı, yassılık endeksi, Los Angeles aşınma direnci, soyulma, dona karşı dayanım, tek eksenli basınç) ve ikinci aşamada volkanit arega katkılı beton örneklerinde beton deneyleri (beton agregası granülometri, beton karışım, Slump-çökme, birim ağırlık, betonun dayanımı) yapılmıştır. Gerçekleştirilen agrega ve beton deneylerinden elde edilen sonuçların standartlardaki koşulları sağladığı görülmüş, böylece volkanit agregaların yol üst yapı malzemesi olarak ve volkanit agregadan (N-4 agrega örneğinden) elde edilen C 25/30 sınıfındaki betonun betonarme yapılarda, köprülerde, temel duvarlarında kullanılabilir özellikte olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Andezit, Agregas, Kdz. Ereğli

The Petrographical-Geochemical Properties and Industrial Availability of the Karadeniz Ereğli Andesites (Zonguldak)

Abstract

Aim of this study is to determine the geological properties (lithology, petrography, geochemistry) and industrial usability of the Upper Cretaceous volcanics, separated on the area, among Kozlu-Krd. Ereğli and Ormanlı, westside of Zonguldak. Volcanics, described as andesite, basaltic andesite and trachy-andesite by petrographically and geochemically, have subduction zone calc-alkaline character. Firstly, in laboratory studies the aggregate tests (grading, specific gravity, water absorption, organic impurity, flakiness index, Los Angeles test for resistance to wear, peeling test, freezing resistance and UCS) were realized on the 5 selected fresh patterns, match with the standards (TS, ASTM, AASHO). Secondly, concrete tests (grading of the concrete aggregates, concrete preparation, slump test, specific density of concrete and UCS of the concrete) were made on the concrete patterns with volcanic aggregate additive. Statistical relationships were determined between values of the aggregate and concrete tests results. Both petrographical, chemical, physical and mechanical tests values of the aggregates and concretes are also match with the standards, given above. As a conclusion, realized that volcanic aggregates for superstructure materials and C 25/30 concrete which made with volcanic aggregate (by using the specimen of N-4 aggregate) for reinforcement buildings, bridges, foundation walls can be used.

Keywords: Andesite, Aggregate, Kdz. Ereğli

*Sorumlu yazarın e-mail adresi: bacakgur@karaelmas.edu.tr

1. Giriş

İnceleme alanı Zonguldak ili batısında yaklaşık 500 km²lik alan içerisinde yer almaktadır. Kozlu-Karadeniz Ereğli arasındaki bölgede yayılım sunan, Üst Kretase yaşlı Yemişliçay Formasyonuna ait volkanitlerin saha bazında jeolojik özelliklerinin belirlenmesi (dağılım, tür, karakter, kalınlık, konum, petrografik ve jeokimyasal özellikleri), laboratuvar bazında mineralojik-petrografik, kimyasal, fiziksel ve mekanik agrega ve beton deneyleri gerçekleştirilerek, volkanitlerin endüstriyel kullanım alanlarının ortaya konulması amaçlanmıştır.

Ortaç ve bazik volkanit agregalar volkanik aktivitelere bağlı olarak çeşitli lavların, patlamanın oluşturduğu basıncın etkisiyle çatlaklar boyunca sızması sonucunda oluşan, andezitik ve bazaltik bileşime sahip, yarı camsi; afanitik dokulu volkanik kayalardır. Özellikle inşaat sektöründe kullanılan volkanitlerin hafif ve dayanıklı olması, ses ve ısı izolasyonu, titreşime karşı dayanım ve yüksek stabiliteye sahip olmaları kullanımını ekonomik kılmaktadır. Volkanitlerin petrografik özelliklerinin, yayılımlarının, ekonomik kullanım alanlarının belirlenmesi, beton agregası olarak kullanılabilirliğinin araştırılması amacıyla sahada jeolojik, paralelinde petrografik, jeokimyasal, fiziksel ve mekanik incelemeler yapılarak, bu kayaların kullanılabilirliği ve bölge ekonomisine kazandırılması çalışma konusunun önemini oluşturmaktadır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1 Jeolojik Özellikler

Coğrafik olarak Batı Karadeniz bölgesi içinde yer alan inceleme alanı ve çevresi jeolojik anlamda Türkiye'nin ana tektonik birliklerinden biri olan, Karadeniz kuşağını kapsayacak biçimde Pontidler (Ketin 1966) veya İstanbul Zonu (Okay 1989) gibi isimlerle tanımlanan bölgede yer almaktadır. Bölgedeki jeolojik birimlerin Karadeniz'in batısındaki Moesya Platformundan koparak Kretase'de günümüzdeki konumuna yerleştiği ileri sürülmüştür. İstanbul Zonu Moesya Platformu ve öncesindeki Odessa şelfinin güneyinde yer alan ve Geç (Üst) Kretase öncesinde açılan Batı Karadeniz havzası ile beraber Paleozoyik ve Mesozoyik yaşlı stratigrafik özelliklere sahiptir. Karadeniz, birbirinden Karadeniz ortası sırtı ile ayrılmış iki

okyanusal havzadan oluşur. Bunlardan Batı Karadeniz Havzası, Kretase'de İstanbul Zonu'nun günümüz Odessa Şelfi'nden kopmasıyla bir yay ardı rift havzası olarak açılmıştır. Batıda Moesya Platformuyla bitişik olan İstanbul Zonu Geç (Üst) Kretase-Paleosen döneminde iki transform fay (sağ atımlı) ile Batı Karadeniz, sol atımlı Batı Kırım fayları boyunca Odessa Şelfi'ne göre güneye doğru hareket etmiştir (Okay vd. 1994, Okay 2006).

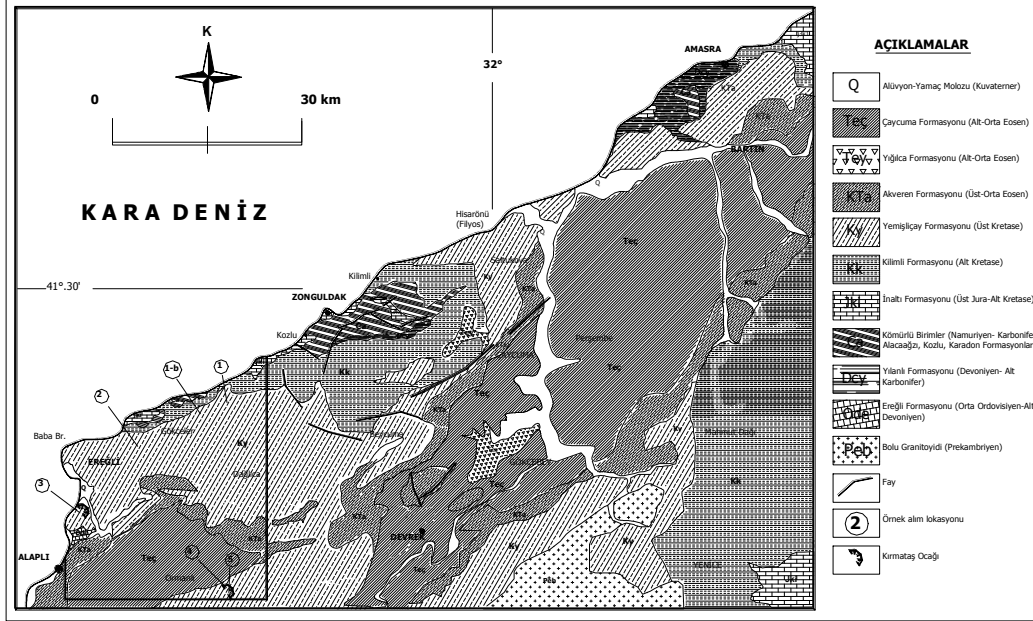
Kozlu (Zonguldak) ile Karadeniz Ereğlisi arasındaki bölgede yayılım sunan Üst Kretase yaşlı formasyonlardaki volkanik kökenli kayalar bu çalışmanın asıl konusunu oluşturmaktadır. Bölgede özellikle Üst Kretase yaşlı Yemişliçay Formasyonu adı ile bilinen birim tuf, tüfit, aglomera, konglomera, kumtaşı, şeyl ve volkanitlerden oluşur. Hakim renkleri bordo yeşil ve sarımsıdır. Formasyon inceleme alanı içerisinde D-B uzanımlı yaklaşık 150 km²lik alanı kapsamaktadır. Ortalama kalınlığı 1000 m civarındadır. Alt dokunağı Kilimli Formasyonu, üst dokunağı ise Akveren Formasyonu ile geçişli karakter sunar. Birim içinde derlenen Globotruncaba Cf-Arca (Cushman) Globotruncana Lapparent (Brotzen) fosil bulgularına göre yaş; Üst Kretase olarak belirlenmiştir (Aydın vd. 1987). Volkanitleri yaygın olarak bulunduran formasyonlar, Üst Kretase yaşlı yay volkanizmasının ürünleri olarak ortaya çıkmış volkano-sedimanter oluşumlar olup, sıg ve derin deniz çökeltilerini kapsarlar. İnceleme alanı içerisinde başlıca dört ana kesimde çalışma amacına yönelik saha jeoloji çalışması ve örneklemeler gerçekleştirilmiştir (Şekil 1). Bunlar, Zonguldak-Kozlu'dan Karadeniz Ereğlisi'ne doğru sırasıyla; Zoguldak-Karadeniz Ereğli yolu 28 km, Bileşke Mevkii (N-1 ve N1-b), Karadeniz Ereğli girişi, eski Ereğli-Devrek yol ayrımı Mevkii (N-2), Alaplı girişi Tersane gerisi taşocağı (N-3) ve Karadeniz Ereğli-Devrek yolu üzerinde (5. km) Ormanlı Mevkii Kırmataş işletme sahasıdır (N-4, N-5). Volkanitler yeşil, grimsi yeşil, yer yer kırmızımsı tonlarda, masif ve sütünsal soğuma çatlaklı, genellikle altere olmamış porfirik andezit, bazaltik andezit ve traki andezit özelliğindedirler. Sahadaki yarmalarda ortalama 30-35 m'lik kalınlık, 250-300 m'lik yatayda yayılım sundukları gözlenmiştir.

Bileşke Mevkii; Zonguldak Karadeniz Ereğli yolu, 28. km'de yer almaktadır. Az çatlaklı, masif, 1.5-2 m'lik örtü tabakası altında, ortalama 10-15 m kalınlıkta, açık gri-yeşilimsi tonlarda, mikrolitik porfirik dokulu andezit (N-1) özelliğindedirler.

Karadeniz Ereğli girişi 37. km; N-2 örneğinin alındığı kesimdir. Kesimde volkanitler Karadeniz Ereğli istikametinde, yolun sağında eski taş ocağının 100 m kuzeybatısında yüzeyleme vermektedir. Yüzeyde yol yarmasında ortalama 10-12 m yükseklik ve yatayda kuş bakışı 200-250 m'lik alanda yayılım sundukları gözlemiştir. Daha Kuzeye'e doğru yoğun yüzeyel bitkisel malzeme ile kaplı yüzeyel toprak örtü altında kaldıklarından yüzeyel olarak jeolojik gözlemlerden devamı konusunda açık ve net bir veri elde edilememiştir. Volkanitler gri yeşil tonda sık eklemli ve çatlak sistemli, bozmuş, sağlam, sert ve dayanıklı, sütun yapı, çoğunlukla porfirik dokulu, yersel hızlı soğuma ürünü olan gaz boşluklu, andezit ve andezitik bazalt özelliklerine sahiptirler.

yarma ve aynalarda ortalama 30-35 m kalınlık 250-300 m yatayda yayılım izlenmiştir. Litolojik özellik ve benzer karakter saha genelinde yanal olarak süreklilik göstermektedir.

Ormanlı sahası; N-4 ve N-5 örneklerinin alındığı kesimi temsil eder. Karadeniz Ereğli-Devrek yolu boyunca Ormanlı'dan 5 km sonra ana yolun solunda, Yazıcılar köyü sınırları içerisinde yer almaktadır. Volkanitler sahada ortalama 25-30 m düşey kalınlık, 400 m'lik yanal yayılım gösterirler. Altta 15-20 m'lik kalınlıktaki seviye bozmuş, yoğun ve masif açık gri ve yeşil tonlarda, az çatlaklı, sert özellikte ve oldukça iyi kalitede, porfirik dokulu bazaltik andezit karakterindedirler. Üstte bulunan 10-15 m'lik seviye, alttakine göre daha kırılmalı ve gevrek, bol çatlaklı olup, yersel olarak ayrışma ve bozma göstermektedir.



Şekil 1. İnceleme alanı ve çevresinin jeoloji haritası (Alan ve Aksay (2002)'den revize edilmiştir).

Alaplı taş ocağı mevki; N-3 örneğinin alındığı kesimdir. Karadeniz Ereğli-Alaplı yolu üzerinde sahilden 200 m içeride yer almaktadır. Volkanitler gri, yeşil-koyu yeşil, bozmuş yüzeylerde yer yer kırmızımsı tonlarda, düzensiz kırıklı ve çatlaklı, genelde masif görünümlü ve sağlam özelliktedirler.

Yüzeyleme alanında altta 10-15 m'lik seviyede masif görünümlü ve düzenli yapıda gözlenirken, üste doğru geri kalan 15-20 m'lik seviyede düzensiz kırıklı ve çatlaklıdır. Makroskopik olarak; andezit, porfirik bazaltik andezit özelliklerinde olup işletmede

2.2 Petrografi

Petrografik incelemeler için özellikle ayrışma ve bozma göstermeyen, 6 adet volkanit agrega örneğinden hazırlanan ince kesitlerde mikroskopik incelemeler Hertel ve Reuss-Kassel marka polarizan araştırma mikroskopunda, tek ve çift nikolde (doğal ve polarize ışık altında), 10X10, 10X40 objektif büyütmelerinde gerçekleştirilmiştir. Mikrolitik porfirik, mikrolitik ve lokal fluidal dokularının izlendiği andezitik volkanitlerin mineralojik bileşiminde; feldispat (andezin, labrador), amfibol

(hornblend, tremolit), piroksen (ojit) ve opak mineraller (manyetit, hematit, limonit) belirlenmiştir. Kayaç örnekleri petrografik olarak andezit, porfirik andezit, bazaltik andezit ve trakiandezit olarak adlanmıştır (Çizelge 1).

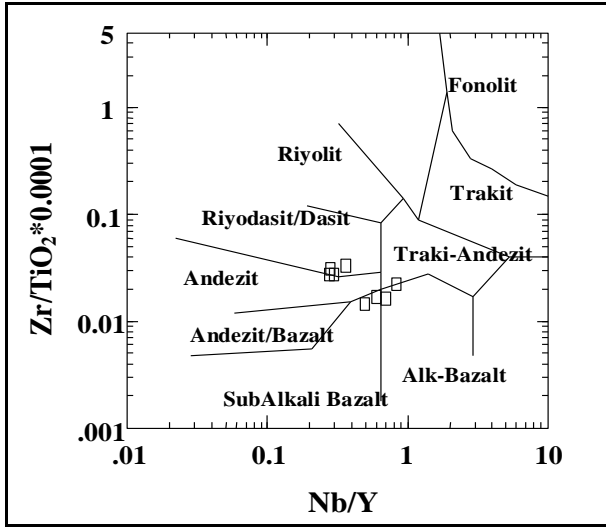
2.3 Jeokimya

Makroskobik ve mikroskobik olarak ayrışma ve bozuşma göstermeyen 7 adet taze volkanit örneğinde ICP MS ve OES yöntemiyle tüm kaya major (ana) oksit, iz ve nadir toprak element

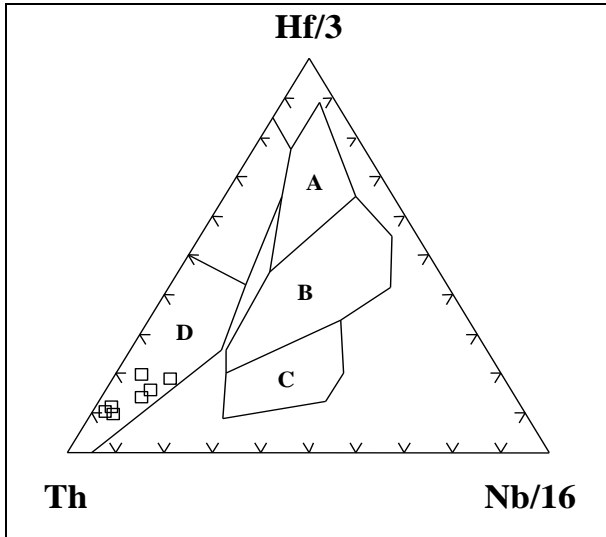
kimyasal analizleri ALS Chemix Laboratuvarında (Kanada) gerçekleştirilmiştir. Elde edilen çeşitli hassas kimyasal sonuçlar magmatik kayaçlarla ilgili çeşitli sınıflama ve diyagramlara düşürülerek, jeokimyasal yorumlamalar yapılmıştır. Buna göre volkanitlerin andezitik bileşimde, kalk-alkali karakterli, ada yayı magmatikleri olarak bilinen, kıtasal kabuk kontaminasyonuna uğramış, tüketilmekte olan plaka sınırları ile ilişkili andezit bileşimli kayaçlar oldukları belirlenmiştir (Şekil 2, 3).

Çizelge 1. Volkanit agrega örneklerinin petrografik özellikleri (Bacak 2008).

No	Kayaç	Yer ve Koordinat	Mineralojik Bileşim	Tane boyu (mm)	Çimento türü	Doku
1	Porfiritik bazaltik andezit	Zong-Kdz. Ereğli yolu 34. km K41°19'48'' D31°36'55''	Andezin (mikrolitik) %40 Labrador (porfiritik) %15 Tremolit %20 Ojit (piroksen) %20 Manyetit (opak) %5	0.12-0.25 0.80-1.20 0.20-0.40 0.15-0.20 0.10-0.20	Silisli	Mikrolitik Porfirik
1b	Bazaltik andezit	Zong-Kdz. Ereğli yolu 35. km K41°19'47'' D31°36'55''	Andezin (mikrolitik) %55 Labrador (porfiritik) %15 Hornblend (Amfibol) %20 Ojit (piroksen) %5 Manyetit (opak) %5	0.10-0.15 0.80-1.20 0.50-1.00 0.13-0.25 0.10-0.30	Silisli	Mikrolitik Porfirik
2	Andezit	Zong-Kdz. Ereğli yolu 37. km K41°17' 22'' D30° 30'57''	Andezin (mikrolitik) %60 Andezin+labrador (porfirik) %15 Aktinolit (amfibol) %18 Ojit (piroksen) %2 Manyetit (opak) %5	0.24-0.40 1.00-2.00 0.10-0.30 0.20-0.30 0.05-0.10	Silisli	Mikrolitik Porfirik
3	Traki andezit	Kdz. Ereğli-Alaplı sahil yolu Yassıyörük Mevkii K41°14' 24'' D31°24' 24''	Labrador-Bitovnit (porfirik) %25 Andezin (mikrolitik) %20 Ojit-Hipersten (piroksen) %10 Hornblend (amfibol) %15 Sanidin (feldispat) %15 Manyetit (opak) %15	1.00-2.00 0.25-0.30 0.30-0.80 0.30-0.80 0.50-1.00 0.05-0.20	Silisli	Trakitik ve mikrolitik porfirik
4	Bazaltik Andezit	Ormanlı-Yazıcılar Köyü Mevkii K41°14'31'' D31°36'19''	Andezin-labrador (porfirik) %25 Labrador (mikrolitik) %20 Ojit-Hipersten (piroksen) %15 Hornblend (amfibol) %15 Manyetit (opak) %25	1.00-2.10 0.10-0.20 0.10-0.50 0.30-0.50 0.10-0.30	Silisli	Mikrolitik Porfirik ve Lokal fluidal
5	Bazaltik Andezit	Ormanlı-Yazıcılar Köyü Mevkii K41°14'31'' D31°36'20''	Labrador (porfirik) %15 Labrador-Andezin (mikrolitik) %50 Aktinolit (Amfibol) %10 Hornblend (Amfibol) %6 Ojitt (piroksen) %15 Manyetit (opak) %4	0.80-2.00 0.10-0.20 0.08-0.30 0.40-0.80 0.20-0.70 0.05-0.20	Silisli	Mikrolitik Porfirik Lokal aglomera Porfirik



Şekil 2. Winchester ve Floyd (1977) diyagramında volkanitlerin kimyasal analiz sonuçlarının dağılımı



Şekil 3. Wood (1980)'e ait tektonik ortam sınıflandırmasında volkanitlerin kimyasal analiz sonuçlarının dağılımı (A: N-tip, B: E-tip okyanus bazaltı, C: Alkali levha içi bazaltı, D: Tüketilen levha sınırı bazaltı).

2.4 Agregada Malzemesi Deneysel Çalışmaları

İnceleme alanından alınan volkanit agregada örnekleri TS 707 (1980)' e göre 1.5 # (38.10 mm)'lik elekten geçebilecek boyuta çeneli kırıcıyla kırılarak ayrılmışlardır. Volkanit örneklerinde birim ağırlık deneyi TS 3529 (1980) standardı izlenerek yapılmıştır.

Gevşek birim hacim ağırlık 1.25-1.434 g/cm³ ve sıkı birim hacim ağırlık 1.325-1.644 g/cm³ olarak belirlenmiştir. Elek analiz (gradasyon) deneyi TS 3530 (1999)'a göre yapılmıştır. Deneyde 1.5 # (38.10 mm) ve 4 numaralı elek 0.187 # (4.76 mm) arasında kalan malzemenin gradasyonu elde edilmiştir. Buna göre doğal agregada malzemesinin %100'ü 38.1 mm, %62.1'i 25.4 mm, %39'u 19.1 mm, %21'i 12.70 mm, %12'si 9.5 mm altında dane boyu dağılımı sunmuştur.

Yassılık indeksi tayininde BS 812 (1990) standardı izlenmiştir. Çeneli kırıcıda kırılan agregada malzemesinde yassılık indeksi şablonu yardımıyla belirlenen sonuçlar %14.47 (N-2) ve %16.70 (N-1) arasında değişmektedir. BS 882 (1992)'ye göre, yassılık indeksi kırmataşlarda max %40 olması istenir. Ortalama %16 değeri ile volkanitlerden elde edilen sonuçlar standartlara uymaktadır.

Özgül ağırlık deneylerinin yapılmasında TS 699 (1987) ve hesaplamalarda TS 2513 (1977) standardı izlenmiştir. Volkanit agregada örneklerinde kuru hacim özgül ağırlık 2.15-2.60 g/cm³, zahiri özgül ağırlık ise 2.42-2.77 g/cm³ aralığındadır. Bu değerler TS 3526 (1980) ve ASTM C-127 (2001) standartlarında istenen değer aralıklarında yer almaktadırlar.

Organik madde miktarının tayininde Karayolları Teknik Şartnamesi (KTŞ 2006) izlenmiştir. Agregada organik malzemenin fazla miktarda bulunması, betonun mukavemetinin ortalama %50 azalmasına ve çimentonun pirizlenmesine neden olmaktadır. NaOH eriyiği ile yapılan organik madde miktarı deneylerinde, agregada üzerindeki eriyiğin rengi çok hafif sarımsı ve beyaz tonlarda olup bu durumda, ilgili şartnameye göre agregada organik malzemenin hiç bulunmadığını göstermektedir.

Los Angeles aşınma deneyinde TS 3694 (1981) standardı ve Karayolları Teknik Şartnamesi (KTŞ 2006) izlenmiştir. Boyut dağılımında A kategorisinde yer alan malzeme 12 bilya ile 500 devirde (33 dev/dk, 15 dk sürede) gerçekleştirilmiştir. Aşınma deneyindeki kaybın 500 dev/dk için %30' dan az olması istenir. Deneyden elde edilen sonuçlarda, aşınma kaybı %20.86 ile %24.58 arasında olup, volkanit agregaları aşınmaya karşı oldukça dayanıklıdır.

Soyulma Deneyi Karayolları Teknik Şartnamesine göre (KTSŞ 2006) gerçekleştirilmiştir. N-1, N-2 ve N-3 örneklerinde soyulma deneyi sonuçları, asfalt yapışma oranı dikkate alındığında %30-35, N-4 ve N-5 örneklerinde ise, %40-45 arasındadır. Bu oranların ilgili şartnameye göre %50 ve üstü olması istenir. Bunun sağlanması için çeşitli katkı maddelerinin kullanımı önerilebilir. Soyulma deneyi sonuçlarının istenen değerden bir miktar düşük olması, agrega malzemesi volkanitlerde izlenen yoğun gaz boşluklarının bulunması ve iri kristalli feldspatların bir kısmının aşınması ve kopmasının etkisi olarak yorumlanmıştır.

Dona karşı dayanıklılık deneyinde TS 706 EN 12620 (2003) ve ASTM C-33 (2003) standartları izlenmiştir.

Na₂SO₄ ile işleme tabii tutulan 16-32 mm tane boyulu malzemede don kaybı %0.87 (N-4) ve %11.18 (N-1) arasındadır. TS 706 EN 12620 (2003)'e göre don kaybının %18 ve altında olması istenir. Elde edilen değerler standartlardaki koşulları sağlamaktadır ve örnekler dona karşı dayanıklıdır.

Tek eksenli basınç dayanımı deneyinde, ISRM (1979) standartına bağlı kalınmıştır. Silindirik şekilli boy-çap oranı 2-2.5 oranındaki örneklerde, 1 MPa/s yükleme hızında gerçekleştirilen deneyde dayanım değerleri, 76 ±4.15 MPa (N-1) ile 104.53 ±23.54 MPa (N-3) olarak belirlenmiştir. Elde edilen değerlere göre, örnekler dayanım sınıfı yüksek kaya sınıfında yer almaktadırlar (Çizelge 2).

Çizelge 2. Agrega malzemesi deney sonuçları (Yılmaz 2009).

Agrega Deney Sonuçları					
Örnek No	N-1	N-2	N-3	N-4	N-5
Don Kaybı Na ₂ SO ₄ %	11.18	4.75	7.52	0.87	1.05
Hacim Özgül Ağırlığı (kuru)	2.44	2.15	2.23	2.59	2.61
Aşınma Kaybı (Los Angeles) %	20.86	21.30	24.58	23.72	21.7
Zahiri Özgül Ağırlık	2.66	2.48	2.42	2.80	2.78
Absorbsiyon (su emme) %	3.45	6.08	3.50	2.88	2.32
Sıkışık Birim Ağırlık gr/cm ³	1.56	1.33	1.57	1.57	1.64
Gevşek Birim Ağırlık gr/cm ³	1.35	1.22	1.36	1.43	1.40
Organik Madde Tayini	Yok	Yok	Yok	Yok	Yok
Yassılık İndeksi %	16.70	14.47	15.56	16.20	15.65
Soyulma Deneyi %	30-35	30-35	30-35	40-45	40-45
Tek Eksenli Basınç Dayanımı (σ _c)					
Örnek No	N-1	N-2	N-3	N-4	N-5
σ _c (Mpa)	76±4.15	82.93±10.73	104.53±23.54	92.53±12.82	
Agrega Petrografik Özellikleri					
Örnek No	N-1	N-2	N-3	N-4	N-5
Aşındırıcı Mineral Oranı %	95	95	77	85	96
Çimento Türü	Silisli	Silisli	Silisli	Silisli	Silisli
Ortalama Tane Boyu mm	0.5	0.46	0.68	0.51	0.49
Schmidt Çekici Değerleri					
Örnek No	N-1	N-2	N-3	N-4	N-5
Schmidt Değeri (ortalama)	47.47	57.28	61.16	61.03	61.03
Kaya Malzemesi Sertlik Sınıfı	Çok Sert Kaya		Oldukça Sert Kaya		

2.5 Beton Deneyleri

Volkanit agregası örneklerinden, petrografik, kimyasal ve agregası fiziksel ve mekanik özellikler açısından en iyi değerlere sahip olan N-4 örneğinde beton deneyleri yapılmıştır. Bu kapsamda sırasıyla beton agregası granülometri deneyi, laboratuvarında (pilot ölçekte) beton karışımlarının hazırlanması, slump (çökme) deneyi, beton örneklerinin küp havuzlarında 7 ve 28 gün bekletilerek ve prizlenen küp beton örneklerinin dayanım (σ_c) deneyleri gerçekleştirilmiştir. Beton yapımında kullanılacak olan volkanit agregası katkı örnekleri üzerinde gerçekleştirilen elek analizi (granülometri) deney çalışmalarında, TS 706 EN 12620 (2003) ve KTŞ (2006)'ya göre, gradasyon eğrisi ve optimum değer belirlenmiştir. Deney sonucunda malzemenin % 40'ı kırma kum (~0.25-8 mm), % 25'i orta çakıl (~4-16 mm) ve %35'i kaba çakıl (>8-31.5 mm) boyutlarında sınıflandırılmıştır. Slump (çökme) deneyin yapıldığı TS EN 12350-2 (2002) standardı izlenmiştir. Deneyin yapım amacı, beton hazırlanması ve döküm aşamasında, kıvamının

belirlenmesidir. Ölçülen slump değerleri, ortalama 13 cm civarında olup, genelde Karayolları Teknik Şartnamesinde (KTŞ) istenen değerler arasındadırlar. Birim ağırlık deneyi, TS EN 12390-2 (2002) standartına göre yapılmıştır. Deneyde çeşitli karışım örneklerinden hesaplanan birim ağırlık değerleri 1.97 ile 2.38 g/cm³ arasında değişmektedir.

N-4 volkanit agregası ve LAFARGE CEM 42.5 N kodlu portland yüksek fırın curufllu çimento katkısıyla elde edilen (pilot ve sanayi ölçeğinde) küp beton örneklerinin 14 ve 28 günlük beton dayanım deneyi TS EN 12390-3 (2003)'e göre yapılmıştır. Deneyde CEM 42.5N kodlu çimento ve N-4 volkanit agregasından hazırlanmış, 7 ve 28 günlük küp havuzunda bekletilmiş ve farklı karışım oranlarından elde edilen, 15x15x15 cm boyutlu küp beton örnekleri kullanılmıştır. N-4 volkanit agregası ve CEM 42.5N çimento karışımı ile elde edilen, 28 günlük küp beton örneklerinde ortalama 34.46±1.42 Mpa (σ_c) dayanım değeri bulunmuştur (Çizelge 3). Bu ortalama değer TS 206 EN-12620 (2003) standartına göre C25/30 beton sınıfında yer almaktadır.

Çizelge 3. N-4 volkanit agregası ile CEM 32.5N ve CEM 42.5N çimento ile elde edilen beton karışımları ve beton deneyi genel sonuçları (Yilmazer 2009).

Beton Deneyi Sonuçları (N-4 agregası ve CEM 32.5N kodlu çimento katkılı)						
Deney	Karışımlar					
	1	2	3	4	5	
Birim Ağırlık gr/cm ³	2.35	2.34	2.344	2.32	1.96	
Slump Çökmesi cm	13	13	13	13	14	
7 Gün. Kar. Dayanımı (1) σ_c MPa	12.50	11.10	9.50	8	-	
7 Gün. Kar. Dayanımı (2) σ_c MPa	12.30	11	9.60	7.90	-	
Ortalama Dayanım σ_c MPa	12.40	11.05	9.55	7.95	-	
28 Gün. Kar. Dayanımı (1) σ_c MPa	23.40	20.70	17	15.70	10.60	
28 Gün. Kar. Dayanımı (2) σ_c MPa	23.60	20.60	17.40	15.60	10.80	
Ortalama Dayanım σ_c MPa	23.50	20.65	17.20	15.65	10.70	
Beton Deneyi Sonuçları (N-4 agregası ve CEM 42.5N kodlu çimento katkılı)						
Deney	Karışımlar					
	1	2	3	4	5	6
Birim Ağırlık gr/cm ³	2.38	2.34	2.34	2.33	2.00	1.97
Slump Çökmesi cm	13	13	13	13	14	14
7 Gün. Kar. Dayanımı (1) σ_c MPa	23.50	22.00	24.50	25.90	21.90	19.60
7 Gün. Kar. Dayanımı (2) σ_c MPa	24.40	23.34	26.96	23.30	21.16	19.34
Ortalama Dayanım σ_c MPa	23.95	22.17	25.73	24.60	21.53	19.47
28 Gün. Kar. Dayanımı (1) σ_c MPa	36.20	35.90	35.60	35.30	33.00	32.60
28 Gün. Kar. Dayanımı (2) σ_c MPa	36.66	34.36	33.86	34.10	33.94	32.00
Ortalama Dayanım σ_c MPa	36.43	35.13	34.73	34.70	33.47	32.30

2.6 Deney Verilerinin Değerlendirilmesi

2.6.1 Agregada Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Deney verilerinin değerlendirilmesinde, ilk aşamada agregada malzemesi (volkanit) deney sonuçları, ikinci aşamada da N-4 volkanit agregası ile CEM 32.5N ve CEM 42.5N kodlu çimento karışımlarından elde edilen 7 ve 28 günlük kürede bekletilen kübik beton örneklerinin dayanım sonuçları ile karışım oranları arasındaki ilişkiler incelenmiştir (Şekil 4). Buna göre; Schmidt çekici değerleri ile tek eksenli basınç dayanımı (σ_c) arasındaki ilişki, su emme oranı ile gevşek birim hacim ağırlık deney sonuçları arasındaki ilişki, çimentolanma derecesi ile Los Angeles aşınma oranı arasındaki ilişki ve aşındırıcı mineral oranı ile Los Angeles aşınma oranı arasındaki ilişki belirlenmiştir.

Sahadan alınan Schmidt çekici ölçümleri ile tek eksenli basınç dayanımı (σ_c) değerleri arasında (N-5 örneği hariç) artan doğrusal bir ilişki bulunmuş olup, bu ilişki Şekil 4a'da gösterilmiştir. Ayrıca ilişki katsayısının $R^2 = 0.75$ gibi yüksek bir değerde olması, bu iki büyüklük arasında olumlu bir ilişkiyi göstermektedir (Eşitlik 1).

$$\sigma_c = 1.0658 * \text{Schmidt} - 1.1864 \quad R^2 = 0.75 \quad (1)$$

Gevşek birim hacim ağırlık (GBA) ve su emme oranı (SEO) arasındaki ilişkiler sırasıyla Şekil 4b'de gösterilmiştir. Su emme oranı değerleri ile gevşek birim hacim ağırlık değerleri arasında azalan doğrusal ilişkiler bulunmuştur. Bu değerler arasındaki ilişki katsayısı $R^2 = 0.90$ olarak belirlenmiştir (Eşitlik 2).

$$\text{SEO} = -16.560 * \text{GBA} + 25.989 \quad R^2 = 0.90 \quad (2)$$

Kayacın doğal çimentolanma derecesi; agregada malzemesi olarak değerlendirilmesi düşünülen kayalarda önem kazanmakta olup, kayacı oluşturan minerallerin tane bileşen oranının, çimento veya hamur bileşene göre oranıyla belirlenmektedir. Kayalardaki mineral ve kristallerin birbirleriyle kenetlenerek şekilde iç içe veya üst üste diziliminin (grift) izlenmesi çimentolanma derecesini olumlu yönde etkilemektedir. Çimentolanma derecesinin, kayaların dayanımları ve aşınma oranları üzerinde önemli bir etkisi olduğu belirtilmektedir (Yaralı vd. 2008). Benzer sonuç bu çalışmada da bulunmuştur. Benzer şekilde çimentolanma derecesi (ÇD) ile Los Angeles aşınma oranı değerleri (LSA) arasındaki ilişki Şekil 4c'de verilmiştir. Bu deneyden elde edilen

değerler arasında azalan doğrusal bir ilişki bulunmuştur. Bu deney verileri arasındaki ilişki katsayısı $R^2 = 0.96$ 'dır. Petrografik özellikleri açıdan kayacın çimentolanma derecesi arttığında, Los Angeles deneyinden elde edilen aşınma değerlerinin azaldığı belirlenmiştir (Eşitlik 3).

$$\text{LSA} = -0.2438 * \text{ÇD} + 35.595 \quad R^2 = 0.96 \quad (3)$$

Volkanit kökenli doğal agregada örneklerinde aşındırıcı minerallerin (feldispat, piroksen, amfibol) toplam oranları (AMO) ile Los Angeles aşınma oranı değerleri (LSA) arasındaki ilişki Şekil 4d'de verilmiştir. Bu iki deneyden elde edilen değerler arasında, ilişki katsayısı $R^2 = 0.93$ olan, azalan doğrusal bir ilişki bulunmuştur. Aşındırıcı mineral oranı (Mohs sertliği 6 ve üstü olan, silikat grubunda yeralan minerallerin oranı) arttığında, agregada malzemesinde aşınma oranı azalmaktadır (Şekil 4d, Eşitlik 4).

$$\text{LSA} = -0.1872 * \text{AMO} + 39.208 \quad R^2 = 0.93 \quad (4)$$

2.6.2 Beton Örnekleri Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Bu çalışma kapsamında, N-4 volkanit agregada katkısı ile LAFARGE CEM 32.5N ve CEM 42.5N kodlu portland çimento karışımlarından elde edilen beton dayanım deney sonuçlarıyla farklı karışım oranları arasındaki ilişkiler araştırılmıştır. Bu ilişkiler; Su/(Agregada+Çimento) oranı ile 7 ve 28 günlük beton örneklerinin beton dayanım deneyi sonuçları arasındaki ve Agregada/Çimento oranı ile 7 ve 28 günlük beton örnekleri beton dayanım deneyi sonuçları arasındaki ilişkidir (Şekil 5).

N-4 agregası ve CEM 32.5N kodlu çimento karışımındaki su/(agregada+çimento) oranı (S/(A+Ç)) ile 7 günlük ve 28 günlük beton örneklerine ait dayanım (σ_c) deneyi sonuçları arasındaki ilişki Şekil 5a'da gösterilmiştir. Deney sonuçları arasında, artan doğrusal bir ilişki belirlenmiştir. İlişki katsayısı 7 günlük kür örneklerinde $R^2 = 0.70$ (4 farklı karışım örneğinden), 28 günlük kür örneklerinde ise $R^2 = 0.99$ (5 farklı karışım örneğinden) olarak bulunmuştur. Karışımında su/(agregada+çimento) oranının artmasıyla, beton dayanım değerlerinde artışın olduğu, olumlu bir ilişki görülmektedir (Eşitlik 5 ve 6). Özellikle, 28 günlük kür örneklerinin dayanım değerleri, 7 günlük örneklerinkine göre daha yüksektir.

$$\sigma_c = 363.01 * S/(A+C) - 14.173 \quad R^2 = 0.99 \quad (5)$$

$$\sigma_c = 259.72 * S/(A+C) - 13.033 \quad R^2 = 0.70 \quad (6)$$

N-4 agregası ve CEM 32.5N karışımındaki agregası/çimento (A/Ç) oranı ile 7 günlük ve 28 günlük beton örneklerine ait dayanım (σ_c) deney sonuçları arasındaki ilişki Şekil 5b'de görülmektedir. Deneylerden elde edilen sonuçlar arasında azalan doğrusal bir ilişki bulunmuştur. Değerler arasındaki ilişki katsayısı 7 günlük örnekler de $R^2 = 0.99$ (4 farklı karışım örneğinde), 28 günlük örneklerde ise $R^2 = 0.97$ (5 farklı karışım örneğinde) yüksek değerlerdedir. Beton karışımında, agregası/çimento oranının artmasıyla, dayanım değerlerinde azalma görülmektedir (Eşitlik 7 ve 8). Bu sonuç, beton karışımında agregası miktarının fazla olması durumunda, dayanımın düşük olacağını göstermektedir.

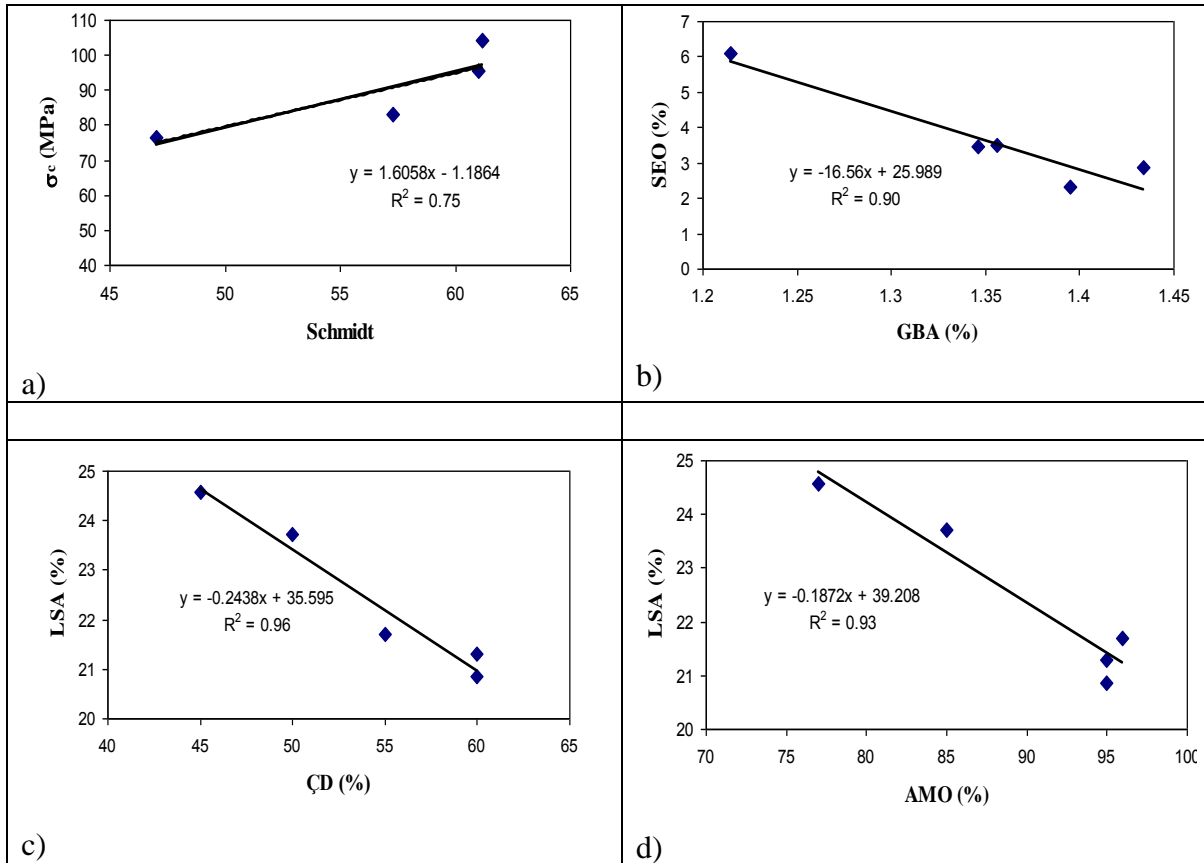
$$\sigma_c = -3.500 * (A/Ç) + 25.883 \quad R^2 = 0.99 \quad (7)$$

$$\sigma_c = -4.9965 * (A/Ç) + 41.743 \quad R^2 = 0.97 \quad (8)$$

Karışımındaki çimento oranı arttırıldığında, beton örneklerinin dayanım değerleri artmaktadır. Fakat çimento oranı sabit tutulup, agregası oranı arttırıldığında, 7 ve 28 günlük küredeki beton örneklerinin dayanımlarında azalma olmaktadır. N-4 agregası ve CEM 42.5N kodlu çimento karışımındaki su/(agregası+çimento) oranı ($S/(A+C)$) ile 7 günlük ve 28 günlük beton örneklerine ait dayanım (σ_c) deney sonuçları arasındaki ilişki Şekil 5c'de gösterilmiştir. Deney sonuçları arasında artan doğrusal bir ilişki bulunmuştur. Bu değerler arasındaki ilişki katsayısı 7 günlük küre örneklerinde $R^2 = 0.47$ (6 farklı karışım örneğinden), 28 günlük küre örneklerinde ise $R^2 = 0.98$ (6 farklı karışım örneğinden) olarak bulunmuştur. Karışımında su/(agregası+çimento) oranının artmasıyla, dayanım değerlerinde artışın olduğu, olumlu bir ilişki görülmektedir (Eşitlik 9 ve 10).

$$\sigma_c = 99.906 * S/(A+C) + 25.335 \quad R^2 = 0.98 \quad (9)$$

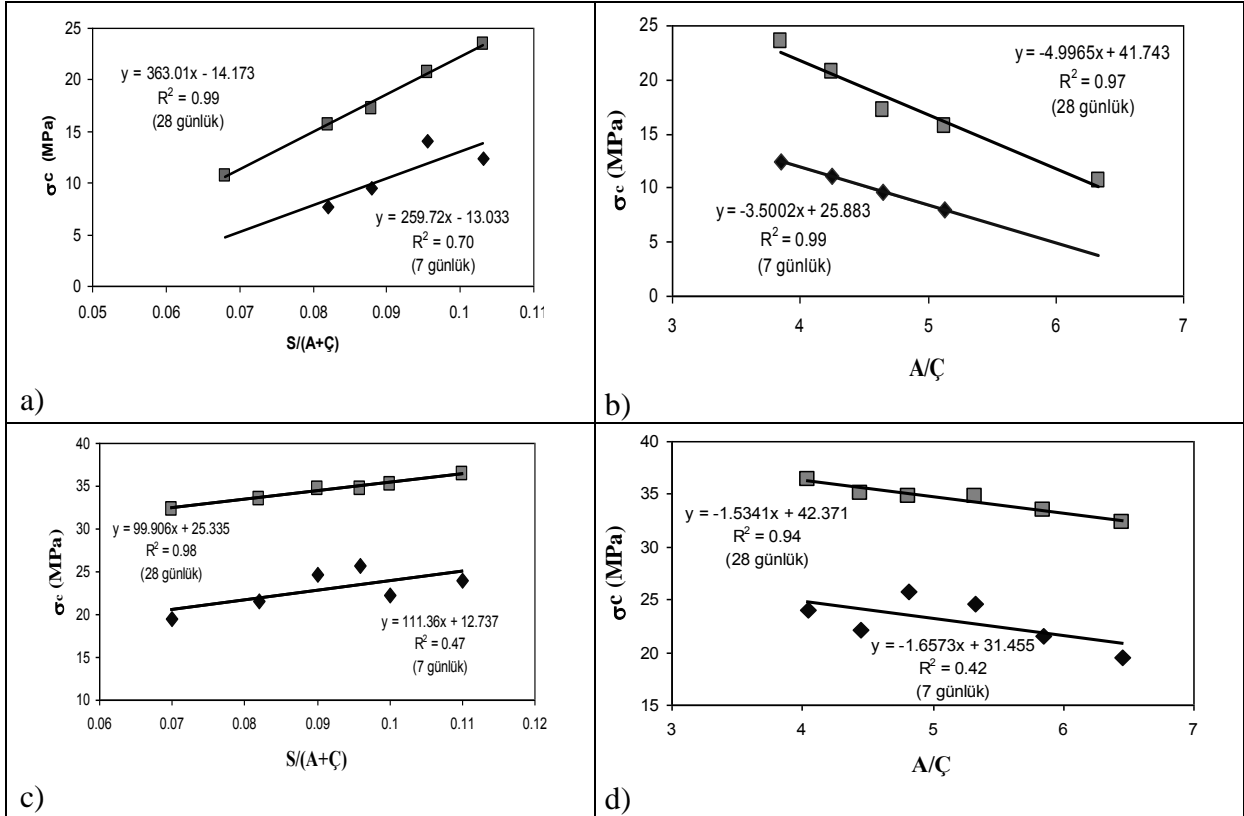
$$\sigma_c = 111.36 * S/(A+C) + 12.737 \quad R^2 = 0.47 \quad (10)$$



Şekil 4. Agregası malzemesi (volkanit) çeşitli deney sonuçları arasındaki ilişkiler.

N-4 agregası ve CEM 42.5N karışımındaki agrega/çimento oranı (A/Ç) oranı ile 7 ve 28 günlük beton örneklerine ait dayanım (σ_c) deney sonuçları arasındaki ilişki Şekil 5'de görülmektedir. Deneylerden elde edilen sonuçlar arasında azalan doğrusal bir ilişki bulunmuştur. Değerler arasında, 7 günlük örnekler de $R^2 = 0.42$ (6 farklı karışım örneğinde) oldukça düşük bir ilişki katsayısı

değerlerinin ortalaması 17.54 ± 4.89 MPa (σ_c) bulunmuştur. Bu değer aynı agrega katkısı ve CEM 42.5N kodlu portland çimentosu ile hazırlanan beton örneklerinde ortalama 34.46 ± 1.42 MPa (σ_c) olarak belirlenmiştir. Özellikle 28 günlük kür örneklerinin dayanım değerleri 7 günlük örneklerinkine göre daha yüksektir.



Şekil 5. Beton örneklerine ait çeşitli deney sonuçları arasındaki ilişkiler.

bulunmuş olup, 28 günlük örneklerde ise $R^2 = 0.94$ (6 farklı karışım örneğinde) gibi yüksek değerdedir. Beton karışımında, agrega/çimento oranının artmasıyla, dayanım değerlerinde azalma görülmektedir (Eşitlik 11 ve 12). Bu durum, beton karışımında agrega miktarının normalin üzerinde artması durumunda, dayanımın düşük olacağını göstermektedir.

$$\sigma_c = -1.5341 * (A/\text{Ç}) + 42.371 \quad R^2 = 0.94 \quad (11)$$

$$\sigma_c = -1.6573 * (A/\text{Ç}) + 31.455 \quad R^2 = 0.42 \quad (12)$$

CEM 32.5N portland çimentosu ve N-4 agrega katkısı ile hazırlanan beton karışımlarından, 28 günlük kürde bekletilen örneklerin dayanım

3. Sonuçlar

İnceleme sahası Kozlu-Kdz. Ereğli (Zonguldak) arasındaki bölgede 4 farklı kesimde izlenen, volkanitler petrografik olarak andezit, bazaltik andezit, trakiandezit olarak adlandırılmıştır. Örneklerde, alkali ve silika reaksiyonlarına neden olan reaktif özellikte volkan camı, polimorfik silis mineralleri (tridimit, opal, kalsedon, kristobalit, smektit) bulunmamaktadır. Kimyasal analizlerin jeokimyasal yorumlamalarında, özellikle, inceleme alanındaki volkanitlerin, ada yayı volkanitleri olarak bilinen, kimyasal olarak kıtasal kabuk kontaminasyonuna (bulaşmaya) uğramış,

tüketilmekte olan plaka sınırlarındaki mağma ve ilişkili ürünleri oldukları belirlenmiştir.

Agregaların yassılık ve uzunluk endeksleri BS 812 (1990)'a göre belirlenmiştir. Elde edilen değerler %14.47 (N-2) - %16.70 (N-1) aralığındadır. Yassılık ve uzunluk indeksi BS 882 (1990)'a göre kırılmamış çakıl boyutunda en fazla %50, kırma çakıl ve kırmataşlarda en fazla %40 olmalıdır. İnceleme alanından alınan örneklerin yassılık ve uzunluk indeksi sonuçları ortalama %16 oranında olup, oldukça iyi bir değere sahiptirler.

Normal ve iri agregalarda sıkışık birim ağırlık 1.2-1.8 g/cm³ arasında olmalıdır. Gevşek birim ağırlık ise ince agregalarda minimum 1.35 g/cm³, iri agrega için ise minimum 1.25 g/cm³ olmalıdır (TS 3529, 1980). Volkanit agrega örneklerinde elde edilen sıkışık birim ağırlık değerleri 1.325-1.644 g/cm³, gevşek birim ağırlık değerleri ise; 1.215-1.395 gr/cm³ olarak belirlenmiş olup, standart kabul edilir değerler arasında yer almaktadırlar.

Su emme oranı ince ve iri agregalar için en fazla %2-3 oranında olması istenir (TS 3526, 1980). Betonun gözeneklerini dolduran suyun, mekanik ve termik özellikleri olumsuz yönde etkilediğinden, betonun az oranda su emmesi istenir. Su emme, betonda kullanılan agregaların su emme kapasitesine ve agrega/çimento oranına bağlı olarak değişim gösterir (Uygunoğlu 2005). Sahadan alınan volkanit agregalarının yoğunluklu olarak su emme oranları % 2.3-3.5 aralığında olup, N-2 örneğinde % 6.082 gibi yüksek değer elde edilmiştir. Bu örnekte soğuma ile ilgili yoğun gaz boşlukları ve pseudomorfik feldspat ve piroksen kristal boşluklarının olması su emme oranını arttırmıştır. Bu değerler göre volkanit agregaların N-2 örneği hariç, su emme değerleri TS 3526 (1980) standartına uygundur.

Beton yapımında kullanılacak agregaların bileşiminde organik maddelerin bulunması, çimentonun yapısını etkileyerek, bağlayıcılık özelliğinin zayıflamasına neden olduğundan, istenen bir durum değildir. TS 3673 (1982) ve AASHTO T-194 (1997) standartlarına göre değerlendirildiğinde organik madde içeriği analizlerinde, organik madde içeriğinin bulunmadığı ve volkanit agrega örneklerinin yüksek kaliteli beton için kullanıma elverişli sınıfta yer aldığı belirlenmiştir.

Agregalarda 500 devirlik aşınma sonucunda kaybın %50'den az; ideal olarak en fazla % 30 olması, 100 devir sonunda ise en fazla %10 olması istenir (TS 706 EN 12620, 2003). Bu değerlendirmelere göre örneklerde aşınma kaybı (Los Angeles) deneyi değerleri % 20.86-24.58 arasında olup, aşınmaya karşı oldukça dayanımlıdırlar.

Don kaybı ince agregalarda maksimum %10, iri agregalarda ise % 12 olmalıdır (ASTM C-33). Ayrıca TS 706 EN 12620 (2003)'e göre ince agregalarda don kaybı ağırlıkça % 15, iri agregalar için %18'den az olması istenmektedir. Volkanit agregalarda don kaybı değerleri % 0.87 (N-4) ile %11.18 (N-1) arasında olup, standartlara uygun değerlerdedir.

Tek eksenli basınç dayanımı (σ_c) değerleri 76±4.15 ile 104.53±23.54 MPa arasında bulunmuştur. Tek eksenli basınç dayanımı değerleri ISRM (1979) standardına göre yüksek dayanımlı kayaç sınıfında yer almaktadır.

İnceleme alanında, volkanit içeren formasyonlarda, taze kayaç yüzeylerinden alınan ölçümlerde, geri tepme sayısına göre volkanitlerin ortalama Schmidt çekici sertlik indeksi değerleri 51.00-61.16 arasında belirlenmiştir. Bu değerler "De Beer (1967)" sınıflamasına göre; çok sert kaya (N-1 ve N-2) ve oldukça sert kaya (N-3, N-4, N-5) grubunda yer almaktadır.

N-4 agregası ve CEM 42.5N kodlu portland çimentosu katkısıyla elde edilen beton örneklerinin TS-EN 206-1 (2002)'e göre C 25/30 beton sınıflarında yer aldığı belirlenmiştir. Bu sınıftaki betonlar, betonarme yapılarda, köprülerde, betonarme temel duvarları, sömeller (donatsız beton), kesonlar, alt yapı duvarları, döşeme kirişi, yapı kolonları, beton kalıpları, kütle betonunda, köprü ve baraj inşaatlarında, kanal ve drenajlarda, liman, rıhtım ve toplu konut inşaatlarında yaygın olarak kullanılabilir.

Agrega malzemesi deney verilerinin değerlendirilmelerinde, Schmidt çekici ile tek eksenli basınç dayanımı (σ_c) değerleri arasında ilişki katsayısı $R^2= 0.75$ olan, artan doğrusal bir ilişki bulunmuştur. Gevşek birim hacim ağırlık (GBA) değerleri ile su emme oranı (SEO) değerleri arasında sırasıyla ilişki katsayısı $R^2 = 0.90$ olan, azalan doğrusal ilişkiler bulunmuştur. Gevşek birim hacim ağırlık arttıkça, agreganın su emme oranı azalmaktadır.

Çimentolanma derecesi (ÇD) ile Los Angeles aşınma oranı (LSA) değerleri arasında ilişki katsayısı $R^2 = 0.96$ olan azalan doğrusal bir ilişki belirlenmiştir. Bu durum petrografik olarak agrega malzemesi olan kayacın çimentolanma derecesinin yüksek olması sonucunda kayacın tane (kristal) bileşeninin kayaç dokusunda baskın olduğunu gösterir. Mineral ve kristallerin birbirleriyle kenetlenerek (intersertal-grift mikrolitik doku türü) şekillerde iç içe veya üst üste diziliminin izlenmesi, çimentolanma derecesini olumlu yönde etkilemektedir. Böylece kayaçta doğal çimentolanma derecesinin yüksek olması, kayaca dayanım kazandırmakta, kayaçta aşınma oranının düşük olmasına neden olmaktadır.

Kayaçların aşındırıcı mineral oranları (AMO) ile Los Angeles aşınma oranı değerleri arasında ilişki katsayısı $R^2 = 0.93$ olan azalan doğrusal bir ilişki bulunmuştur. Bu durum volkanit agregadaki yüksek sertliğe sahip (>6 Mohs) aşındırıcı mineral bileşiminin, aşınmaya karşı direnci arttırdığını göstermektedir.

Özellikle 28 günlük beton kür örneklerinin dayanımları, 7 günlük örneklerin dayanım değerlerine göre yüksek çıkmıştır. Bu durum, beton örnekleri dayanımlarının yüksek olması için 28 günlük kürde bekletilmesi gerektiğini göstermektedir.

İnceleme konusu kapsamında, gerçekleştirilen saha jeoloji incelemeleri, petrografik ve jeokimyasal çalışmalar, agrega ve beton deneyleri verilerinden, volkanitlerden doğal agrega hammaddesi olarak yararlanılabileceği belirlenmiştir. Ayrıca, N-4 volkanit agrega katkısıyla elde edilen C 25/30 sınıfındaki betonun çeşitli mühendislik alanlarında kullanılabilir özellikte olduğu ortaya konulmuştur.

Bölge genelinde, inceleme sahası dışında yayılım sunan, benzer özelliklerde diğer volkanit grubundaki kayaçların, endüstriyel kullanım özelliklerinin daha detay çalışmalarla desteklenerek (sondaj, detay yarma ve galeri, detay saha jeoloji incelemeleri ve kapsamlı jeolojik harita alımı) araştırılmasının, hem multidisipliner çalışmaların yaygınlığı açısından hem de bilime ve işletilebilir sahaların belirlenmesi ve üretime açılmasıyla bölge ve ülke ekonomisine katkısı açısından yararlı olacağı düşünülmektedir.

4. Teşekkür

Bu çalışma, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi Komisyonu tarafından 2007/2-45-05-07 nolu proje kapsamında desteklenmiştir. Ayrıca, agrega ve beton deneylerinin gerçekleştirilmesinde, TCK Kastamonu 15. Bölge Müdürlüğü destek vermiştir. Yazarlar, her iki birime ve çalışanlarına teşekkür ederler.

5. Kaynaklar

AASHTO T-194, 1997. *Standart Method of Test for Determination of Organic matter in Soil by Wet Combustion*, AASHTO Provisional Standarts, American Association of State Highway and Transportation Officials Publ. pp 20.

Alan, İ., Aksay, A. 2002. 1:100000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları, Zonguldak E-27 ve F-27 Paftaları. Jeolojik İnceleme Raporu, MTA Genel Müdürlüğü Jeolojik Etütler Dairesi, No:28, Ankara, 21s.

ASTM C 127, 2001. Standart Test Method for Specific Gravity and Absorption of Coarse Aggregate. American Society for Testing and Materials Standarts, pp10, Vol. 6.

ASTM C 33, 2003. *Specification for Concrete Aggregates*. ASTM (American Society for Testing and Materials) Standarts, pp 11, Vol 04. 02.

Aydın, M., Serdar, HS., Şahintürk, Ö., Yazman, M., Çokuğraş, R., Demir, O., Özçelik, Y. 1987. Çamdağ (Sakarya)- Sünnicedağ (Bolu) Yöresinin Jeolojisi. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bült.*, 30:1-14.

Bacak, G. 2008. Zonguldak Batısında Yeralan (Kozlu-Krd. Ereğli) Volkanitlerinin Jeolojik Özellikleri ve Endüstriyel Kullanılabilirliğinin Araştırılması. ZKÜ Araş. Fonu Projesi, 2. Ara Gelişme Rap. (yayımlanmamış), Bilimsel Araştırma Projesi Başk., No: 2007/2-45-05-07, Zonguldak, 30s.

BS 812 105S2, 1990. Testing Aggregate Methods For Determination of Particle Size And Shape, Elongation Index of Coarse Aggregates, British Standarts And BSI Publications, pp12.

BS 882, 1992. Specification for Aggregates from Natural Sources for Concrete, British Standarts and BSI Publ., pp 14.

- De Beer, JH. 1967.** Subjective Classification of the Hardness of Rocks and the Associated Shear Strength Proc. Reg., Cong. of Afri, Soil Mech. Found, Ting, Coptawn, pp.396-398.
- ISRM, 1979.** Suggested Methods for Determining the Uniaxial Compressive Strength and Deformability of Rock Materials. *Int. Journal of Rock Mech. Min. Sci. and Geomech. Abst.*, pp 16-135, 140.
- Ketin, İ. 1966.** Anadolunun Tektonik Birlikleri (Tectonic Units of Anatolian Asia Minor). *M.T.A. Derg.*, 66: 20-34.
- KTŞ, 2006.** *Karayolları Teknik Şartnamesi*, Karayolları Genel Müdürlüğü Teknik Araştırma Dairesi Başkanlığı Yayını: 267, TCK Genel Müdürlüğü Matbaası, Ankara, 753 s.
- Okay, Aİ. 1989.** Tectonic Units and Sutures in the Pontides, Northern Turkey. *Tectonic Evolution of the Tethyan Region*: ed. A.M.C. Şengör, Nato Advanced Science Institute (ASI) Series (Publ.), pp. 109-116.
- Okay, Aİ. 2006.** Cretaceous and Triassic Subduction-Accretion, Hp/Ilt Metamorphism and Continental Growth in the Central Pontides, Turkey. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 118: 1247-1269.
- Okay, Aİ., Görür, N. 1994.** Kinematic History Of The Opening Of The Black Sea And Its Effect On The Surrounding Regions. *Geology*, 22: 267-270
- TS 2513, 1977.** Doğal Yapı Taşları, TSE Standartları, 8 Şubat 1977, Ankara.
- TS 3526, 1980.** Beton Agregalarında Özgül Ağırlık ve Su Emme Oranı Tayini, TSE Standartları, 13 Ocak 1980, Ankara, 13 s.
- TS 3529, 1980.** Beton Agregalarının Birim Ağırlıklarının Tayini, TSE Standartları, 19 Aralık 1980, Ankara, 5 s.
- TS 3530, 1999.** Agregaların Geometrik Özellikleri İçin Deneyler, Bölüm 1: Tane Büyüklüğü Dağılımı Tayini- Eleme Metodu, TSE Standartları, 11 Nisan 1999, Ankara, 11s.
- TS 3673, 1982.** Beton Agregalarında Organik Kökenli Madde Tayini Deney Metodu, 4 Ocak 1982. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 4 s.
- TS 3694, 1981.** Beton Agregalarında Aşınmaya Dayanıklılık (Aşınma Oranı) Tayini Metodu, Ocak 1981. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 18 s.
- TS 699, 1987.** Tabii Yapı Taşları-Muayene ve Deney Metotları, TSE Standartları, 4 Ocak 1987, Ankara, 84 s.
- TS 706 EN 12620, 2003.** Beton Agregaları, 02 Nisan 2003, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 46 s.
- TS 707, 1980.** Beton Agregalarından Numune Alma ve Deney Numunesi Hazırlama Yöntemi, TSE Standartları, 19 Aralık 1980, Ankara, 9 s.
- TS EN 12350-2, 2002.** Taze Beton Deneyleri, Bölüm 2: Slump (çökme) Deneyi, 17 Nisan 2002, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 8 s.
- TS EN 12390-2, 2002.** Beton, Sertleşmiş Beton Deneyleri, Bölüm 2: Dayanım Deneylerinde Kullanılacak Deney Numunelerinin Hazırlanması ve Kürlenmesi, 08 Nisan 2002, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 4 s.
- TS EN 12390-3, 2003.** Beton, Sertleşmiş beton deneyleri, Bölüm 3: Deney Numunelerinde basınç Dayanım Deneyi, 18 Nisan 2003, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 12 s.
- TS EN 206-1, 2002.** Beton, Bölüm 1: Özellik, Performans, İmalat ve Uygunluk, TSE Standartları, 19 Nisan 2002, Türk Standartları Enstitüsü Ankara, 68s.
- Uygunoğlu, T. 2005.** Afyon ve Çevresindeki hafif Agregalarda Üretilen Blok Elemanlarının Fiziksel ve Mekanik özelliklerinin Araştırılması, *Yüksek Lisans Tezi*, Afyon Kocatepe Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü Afyonkarahisar, 140 s.
- Winchester, JA., Floyd, PA. 1977.** Geochemical And Their Differentiation Products Using Immobility Elements. *Chem. Geol.*, 20: 325-343.
- Wood, DA. 1980.** The Application Of Th-Hf-Ta Diagram To Problems Of Tectomagmatic Classification And to Establish The Nature Of Crustal Contamination Of Basaltic Lavas Of British Tertiary Volcanic Province. *Earth Planet Sci. Lett.*, 50: 11-30.
- Yaralı, O., Yaşar, E., Bacak, G., Ranjith, PJ. 2008.** A study of rock abrasivity and tool wear in Coal Measures Rocks. *Int. J. Coal Geol.*, 74: 53-66.
- Yilmazer, S. 2009.** Zonguldak Batısında Yeralan (Kozlu-Krd. Ereğli) Volkanitlerinin Jeolojik Özellikleri ve Endüstriyel Kullanılabilirliğinin Araştırılması. *Y. Lisans Tezi*, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 99s.

