



Kahramanmaraş Sütçü İmam University

Journal of Engineering Sciences



Geliş Tarihi : 04.06.2024
Kabul Tarihi : 18.09.2024

Received Date : 04.06.2024
Accepted Date : 18.09.2024

KOCAELİ KANDIRA BABAKÖY BAZALTININ ASFALT AGREGASI OLARAK KULLANILABİLİRLİLİĞİ ve ÇORLU KARATEPE BAZALTI İLE KARŞILAŞTIRILMASI

THE USABILITY OF KOCAELİ KANDIRA BABAKÖY BASALT AS ASPHALT AGGREGATE AND COMPARISON WITH ÇORLU KARATEPE BASALT

Cansu Beren KUZLU^{1*} (ORCID: 0009-0006-8802-0234)
Ahmet KARAKAŞ² (ORCID: 0000-0002-4672-2063)

¹ Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 41380 Kocaeli, İzmit
² Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 41380 Kocaeli, İzmit

*Sorumlu Yazar / Corresponding Author: Cansu Beren KUZLU, kuzluberen94@gmail.com

ÖZET

Bu çalışmada Kocaeli ili Kandıra ilçesinin kuzeydoğusunda yüzeyleyen Babaköy bazaltının jeolojik, fiziksel ve mekanik özellikleri asfalt agregası olarak kullanılabilirliği açısından araştırılmış ve Çorlu- Karatepe bazaltı ile karşılaştırılmıştır. Babaköy bazaltı Kuzey Marmara Otoyolu projesinde asfalt agregası olarak kullanılmıştır. Agregalar asfaltların ana bileşenlerini oluşturduğu için asfaltın yapısına katılan agreganın önemi büyüktür ve asfalt karışımlarının dayanımına etki etmektedir. Arazi çalışmaları esnasında inceleme alanının üç farklı noktasındaki bazalt mostralarından ve Kuzey Marmara Otoyolu'nun Sakarya'da bulunan şantiye sahasından kırma taş numuneleri alınmıştır. Alınan numuneler üzerinde fiziko-mekanik özellikleri belirlemek için kaya ve agrega deneyleri yapılmıştır. Bu deneyler birim hacim ağırlık, özgül ağırlık, su emme oranı, Los Angeles aşınma, Mikro-Deval, dona dayanıklılık (MgSO₄), metilen mavisi, nokta yük dayanımı, tek eksenli basınç dayanımı, kil toprakları ve soyulma mukavemetidir. Deneylerden elde edilen sonuçların ortalaması alınmıştır ve Karayolu Teknik Şartnamesi (2013)'nin Kısım 407'de belirtilen kaba ve ince agregaların fiziksel ve mekanik özelliklerine göre asfalt agregası olarak kullanılabilirliği uygun olarak belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Asfalt, Agregası, Bazalt, Babaköy, Kandıra

ABSTRACT

In this study, the geological, physical and mechanical properties of Babaköy basalt outcropped in the northeast of Kandıra district of Kocaeli province were investigated in terms of its usability as asphalt aggregate and compared with Çorlu- Karatepe basalt. Babaköy basalt was used as asphalt aggregate in the Kuzey Marmara Highway project. Since aggregates constitute the main components of asphalt, the aggregate added to the structure of asphalt is of great importance and affects the strength of asphalt mixtures. During the field studies, crushed stone samples were taken from basalt outcrops at three different points of the study area and from the construction site of the Kuzey Marmara Highway in Sakarya. Rock and aggregate tests were performed on the samples to determine the physico-mechanical properties. These tests were unit weight, specific gravity, water absorption rate, Los Angeles abrasion, Micro-Deval, frost resistance (MgSO₄), methylene blue, point load strength, uniaxial compressive strength, clay lumps and peel strength. The results obtained from the tests were averaged and determined to be suitable for use as asphalt aggregate according to the physical and mechanical properties of coarse and fine aggregates specified in Section 407 of the Highway Technical Specification (2013).

Keywords: Asphalt, Aggregate, Basalt, Babaköy, Kandıra

GİRİŞ

Doğal yapı taşları insanların var olduğu günden bu zamana kadar birçok alanda kullanılmaktadır. Doğal yapı taşları doğada bulunan magmatik, metamorfik ve sedimanter kayalardan çıkarılan atmosfer etkilerine dayanıklı yapı işlerinde kullanıma uygun taşlardır. Genellikle yol, köprü gibi yapı işlerinde kullanılacak doğal yapı taşları homojen, sert, yoğun, damarsız, çatlaksız, hava etkilerine dayanıklı olmalıdır (Taşlıgil & Şahin, 2016). Türkiye'nin birçok yerinde yaygın olarak kullanılan ve üretilen ağırlıklı olarak İç Anadolu Bölgesi'nde bulunan tanınmış doğal yapı taşlarından birisi de volkanik kökenli Bazalt taşıdır. Bazalt taşı her biriminde aynı özellikleri barındıran homojen bir taş olması sebebiyle düzgün yüzeyler halinde bulunmaktadır (Karışmaz & Morova, 2022). Doğal koşullarından etkilenmeyen, sert, su emme oranı düşük, ince taneli, yoğun yapılı, dışarıdan gelecek etkilere karşı dayanıklı ve aşınması oldukça güç olan bazalt taşı, doğada siyah, gri ve füme renklerinde görülmektedir. Sert yapıya sahip bazalt taşı yol yapımlarında, köprü yapımında, kaplamalarda, demiryollarında kullanılmaktadır. Tek başına veya organik ve inorganik temelli bağlayıcılar ile birleşerek harç, beton, asfalt vb. yapılarda kullanılan doğal taşların çeşitli atmosfer basıncı etkileri sonucunda belirli boyutlarda ufalanmış kaya parçalarına agrega denir. Yol yapımında kullanılan sıcak asfalt karışımlarının içerisinde bulunan agreganın önemi çok büyük olup, agregalar asfalt karışımlarının hacimce %85'lik kısmını oluştururken, ağırlıkça %95'lik kısmını oluşturmaktadır. Agregalar asfaltın dayanımına ve sağlamlığına etki etmektedir (Karışmaz & Morova, 2022).

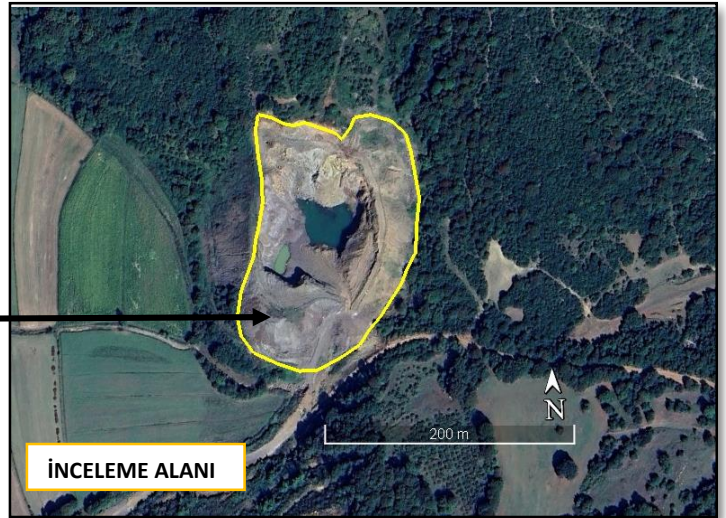
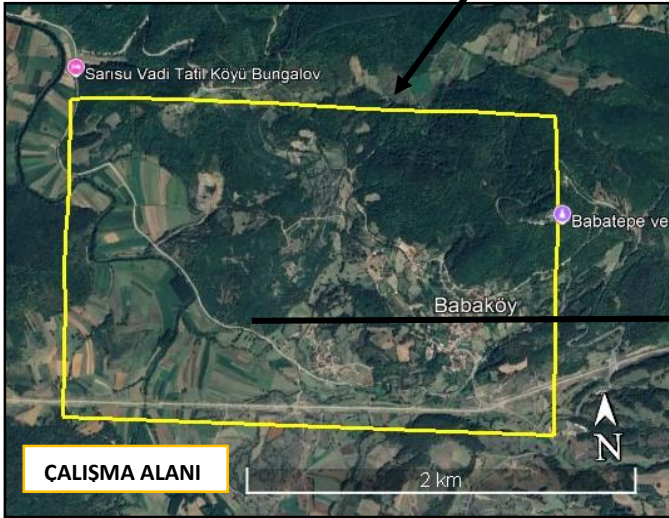
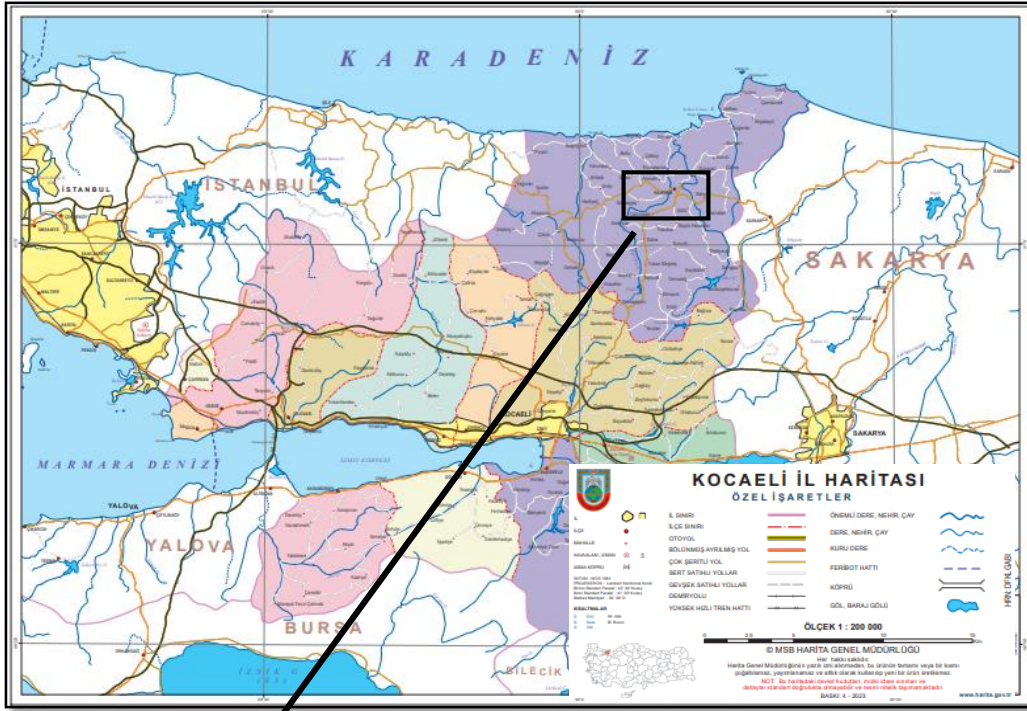
Aslan (2019) Diyarbakır yöresinde bitümlü sıcak karışımlarda kullanılan bazalt, kalker, dere malzemelerinin karakteristik özelliklerinin karşılaştırılması ile ilgili yaptığı çalışmada her agrega türü farklı ocaklardan temin edilmiş ve kendi aralarında mukayese yapılmıştır. Ocaklardan alınan numunelerin standartlara uygunlukları laboratuvar deneyleri ile araştırılmıştır. Yapılan deney sonuçları ile karışım içerisinde kullanılacak agregalar seçilmiş ve üç tip malzeme arasında standartları sağlayan agrega numuneleri ile bitümlü sıcak karışım hazırlanmıştır. Hazırlanan karışımlar içerisinde dayanım ve dayanıklılığı en iyi şekilde etkileyen, şartname limitlerini sağlayan agrega numunesinin bazalt agregası olduğu tespit edilmiştir. Eker (2019) bazalt ve gabroların bitümlü sıcak karışımlarda agrega olarak kullanılabilirliğinin değerlendirilmesi çalışmasında Ordu ve Giresun illerinde yer alan ve bölgenin karakteristik özelliklerine sahip bu kayalardan numuneler alınarak laboratuvar ortamında ilgili deneylere tabi tutulmuştur. Elde edilen veriler doğrultusunda sıcak karışım imalatlarında karşılaşılabilecek sorunlar ile bunların çözüm önerileri değerlendirilip birçok sonuca varılmıştır. Namlı ve Görgülü (2021) değişik tipteki agrega ve bağlayıcının sıcak karışım asfaltın mekanik özelliklerine etkisini deneysel olarak ele almışlardır. Çalışmada kalker, bazalt ve dere malzemesi olarak 3 tip agrega, bağlayıcı olarak ise Batman Rafinerisi'nden temin edilen 2 tip bitümlü bağlayıcı (B 50/70 ve B 160/220) kullanılmıştır. Agrega ve bağlayıcı karıştırılarak asfalt karışımları hazırlanmıştır. Hazırlanan karışımların mekanik özellikleri belirlenmiştir. Çalışma sonucunda elde edilen bulgulardan, bitüm ihtiyacının az olması, ekonomi ve stabilite bakımından diğer karışımlardan avantajlı olması sebebiyle agrega grubu kalker ve bitümlü bağlayıcısı B 160/220 olan karışımın daha iyi sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir. Yıldız vd., (2022) bazaltların endüstriyel kullanım alanları ile ilgili yaptıkları çalışmada, bazaltlar, sert, dayanıklı, bünyesinde serbest silis içermemesi ve kir götüren özelliklerine dayalı olarak doğal taş amaçlı, 2(b) maden grubu kapsamında hakiki mermer ile diğer doğal taşların kullanıldığı alanlarda değerlendirilmiştir. Bazaltın doğal taş olarak kullanılabilmesindeki en önemli özelliğinin akma yapısına dayalı olarak blok verebilmesi ve çok kırıklı, fay zonlarında bulunan bazaltların daha çok agrega/mıcır için uygun olduğu söylenmiştir. Bununla birlikte bazaltların (kaya yünü gibi) bir endüstriyel hammadde veya (mermer, agrega gibi) yapı malzemesi olarak da kullanım alanlarının geniş olduğu ve bazaltın kaya yünü üretiminde kullanılan kayalar içinde en önemlisi olduğu saptanmıştır.

Bu çalışmanın amacı Kocaeli Kandıra ilçesinde yüzeylenen Babaköy bazaltının jeolojik, fiziksel ve mekanik özellikleri yönünden asfalt agregası olarak kullanılabilirliği açısından araştırılmasıdır. Çalışmalar büro, arazi ve laboratuvar safhaları olmak üzere üç aşamada gerçekleştirilmiştir. Büro safhasında daha önce yapılan çalışmalar, haritalar ve raporlar değerlendirilmiştir. Arazi çalışmaları jeolojik formasyon ve birimlerin tanınması, inceleme alanında yer alan bazalt taşının ayrıntılı jeolojik incelenmesi ve numune alınması aşamalarından oluşmuştur. Laboratuvar çalışmalarında ise inceleme alanından alınan kaya ve kırmataş numuneleri üzerinde laboratuvar fiziko-mekanik özellikleri belirlemek için TS EN standartlarına uygun şekilde kaya ve agrega deneyleri yapılmıştır. Deney sonuçları KTŞ (2013) Kısım 407 şartname limitlerine ve bazalt taşının özelliklerine göre değerlendirilmiş olup asfalt agregası olarak kullanılabilirliği ortaya konmuştur.

İNCELEME ALANI

Marmara Bölgesinin kuzeydoğusunda bulunan Kocaeli ilinin Kandıra ilçe merkezine 5,30 km mesafede olan inceleme alanı 1/25000 ölçekli F24d2 ve F24d3 jeoloji paftaları arasında yer almaktadır. Doğuda Kınıcılı batıda

Doğancılı köyleri arasında 13,602,673 m²'lik alana sahip Babaköy Bazaltı inceleme alanını oluşturmaktadır (Şekil 1). İnceleme alanı Kocaeli penepleni morfolojisine uygun bir topografyada yer almaktadır.



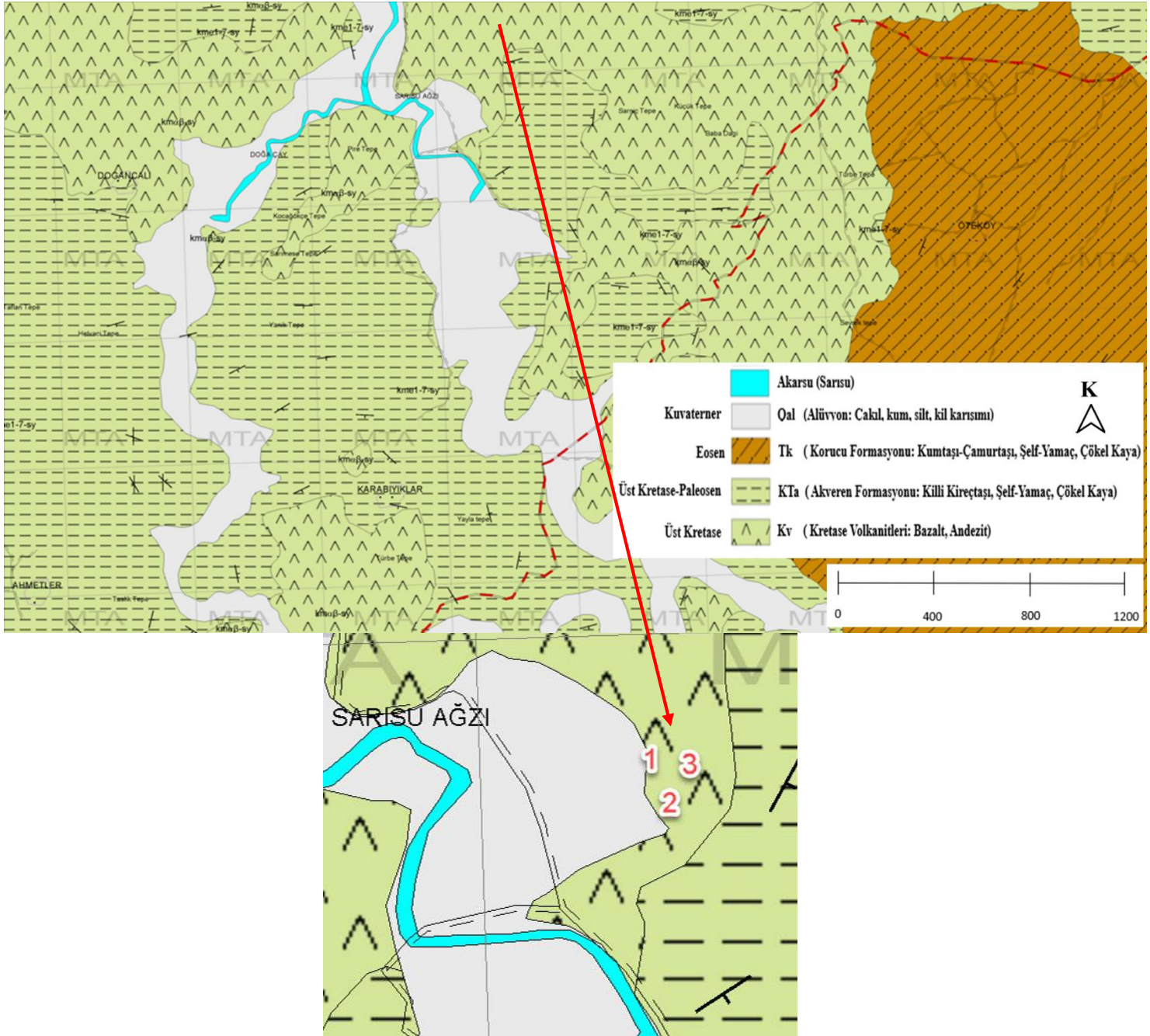
Şekil 1. İnceleme Alanı Yer Bulduru Haritası (Kocaeli fiziki il haritası www.harita.gov.tr/urun/kocaeli-fiziki-il-haritasi/368 kaynağından alınmıştır.)

BÖLGESEL VE İNCELEME ALANI JEOLJİSİ

Kocaeli bölgesinde, jeolojik açıdan iki önemli tektonik ve yapısal birlik bir arada bulunmaktadır. Bunlardan biri İzmit körfezinin kuzeyinde yer alan Kocaeli Yarımadası, diğeri ise İzmit Körfezi'nin güneyinde yer alan ve Sakarya zonunun bir bölümü olan Armutlu Yarımadası'dır (Gedik vd., 2005).

İnceleme alanı İstanbul Boğazından başlayıp Zonguldak'a kadar devam eden Paleozoyik istifin bulunduğu Kocaeli yarımadasının kuzeydoğusunda yer almaktadır. Paleozoyik istif Ordovisyen'den başlayıp Karbonifere kadar devam eden kumtaşı, kireçtaşı, şeyl, kuvarsit, siltaşı ve kiltası gibi sedimanter birimlerden oluşan bir istif olarak tanımlanabilir. Bu istifin üzerine Triyas yaşlı karbonatlı çökeller gelmiştir. Üst Kretase de volkanizma etkisiyle sedimanter çökellere volkanik birimlerde eşlik etmiştir.

İnceleme alanının temelini Kocaeli Yarımadasından Sinop'a kadar kıyılarına yakın yüzeylenen alt kısımlarında kumlu karbonatlar üste doğru kireçtaşları, çamurtaşları, marnlı türbiditlerden oluşan Geç Kratase-Paleosen (KTa) yaşlı Akveren Formasyonu oluşturmaktadır (Ketin & Gümüş, 1963). Çalışma sahası içerisinde araştırma konusu olan Babaköy Bazaltlı Akveren Formasyonunu keserek veya üzerine akarak Kandıra ve civarında yüzeylenen Kretase Volkanitleri (Kv) içerisinde yer alır (Şekil 2). Birim yeşilimsi siyah renkli masif bir kayadır (Şekil 3). Yer yer yastık yapıları oluşturan bazalt biriminin aralarında kireçtaşları görülmektedir (Timur & Aksay, 2002). Bölgede Akveren Formasyonu üzerinde uyumlu bir şekilde kumtaşı-çamurtaşı ardalanması şeklinde yer alan Korucu Formasyonu (Tk) geniş alanlarda görülmektedir. Bölgenin ve inceleme alanın en genç birimi Kuvaterner yaşlı alüvyon (Qal) dere yataklarında sınırlı kalınlıklarda çakıl, kum, silt ve kil karışımları olarak yer almaktadır.



Şekil 2. İnceleme Alanı Jeoloji Haritası ve Numune Alınan Noktalar (MTA Genel Müdürlüğü 1/25000 Ölçekli Jeoloji Haritası- F24-d3'ten alınmıştır.)



Şekil 3. Babaköy Bazaltının Arazide Mostra Görünümü

MİNERALOJİ-PETROGRAFI

Arazi çalışmaları sırasında 1 numaralı lokasyondan (Şekil 2) alınan Babaköy bazaltına ait kayaç örnekleri üzerinde mineralojik ve petrografik çalışmalar yapılmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda Babaköy bazaltı makroskobik incelemelerde yeşilimsi siyah renkli, masif dokulu ve ince kristal taneli volkanik bir kaya olarak tanımlanmıştır.

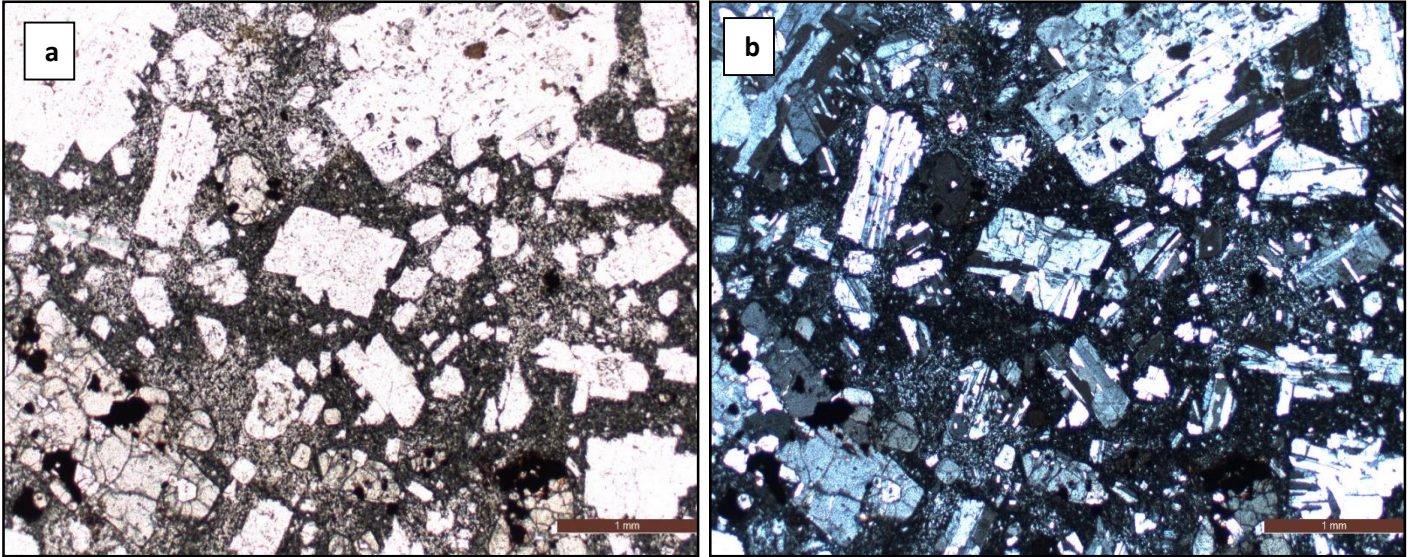
Bununla birlikte mikroskobik incelemeler sonucu plajiyoklaz (labrador), piroksen, olivin grubu mineraller, biyotit ve opak minerallerin bileşimine sahip olduğu tespit edilmiştir. Birimde porfirik doku gözlenmiştir. Örnekte bulunan plajiyoklaz mineralleri iri ve küçük taneli olarak görülmüştür. İri taneli olan plajiyoklazların bazılarında polisentetik ikizlenmeye bazılarında ise zonlu dokuya rastlanmıştır. Tablo 1’de inceleme alanında Babaköy bazaltından alınmış 1 nolu numuneye ait olan mikroskobik ve makroskobik tanımlaması ve bileşenleri verilmektedir 1 nolu numuneye ait örnek üzerinden hazırlanan ince kesitin mikroskobik görüntüleri Şekil 4’te yer almaktadır.

Tablo 1: Babaköy Bazaltının Mikroskobik ve Makroskobik Tanımlanması

	Köken	Renk	Doku	Tane Büyüklüğü	Çatlak	Gözenek	Doku	Bileşenler
Örnek Numunenin Tanımlanması	Magmatik	Yeşilimsi Siyah	Masif	İnce Taneli	--	--	Porfirik Doku	<ul style="list-style-type: none">PlajiyoklazPiroksen Grubu MinerallerOlivin Grubu MinerallerBiyotitOpak Mineraller

MALZEME ve YÖNTEM

Bu çalışmada deneylerde kullanılan numuneler Kandıra Babaköy bazalt ocağından ve Kuzey Marmara Otoyolu’nun (KMO) Sakarya’ da yer alan şantiye sahasından alınmıştır. Bazaltlar yeşilimsi siyah renkte olup yer yer kahverengi görünümlüdürler. Kandıra Babaköy’den alınan bazalt numuneleri 40-50 cm büyüklüğünde kaya kütleleri halinde olup, şantiye sahasından alınan numuneler ise 0-5 mm, 5-12 mm, 12-19 mm aralığında hazır kırılmış kırmataş agrega şeklindedir. İnceleme alanında bazalt kayaların mostra görünümü Şekil 2’de, jeoloji haritası ve numune alınan yerler ise Şekil 3’te verilmiştir.



Şekil 4. a. 1 No.lu Numunenin Tek Nikol Görünümü **b.** 1 No.lu Numunenin Çift Nikol Görünümü

Çalışmanın yöntem kısmı ise arazi çalışmaları, laboratuvar çalışmaları ve arazi ve laboratuvar çalışmalar sonucu elde edilen verilerin değerlendirilmesini kapsamaktadır. Arazi çalışmaları kapsamında inceleme alanını kapsayan Babaköy bazalt ocağında bulunan bazaltların jeolojik sınırları belirlenmiştir. Çalışmada jeoloji haritası olarak baz alınan Çelebi ve Köprübaşı (2007) haritası arazide kontrol edilerek numune alınan noktalar bu harita üzerine işaretlenmiştir. Laboratuvar çalışmaları yapmak için ilgili ocağın taze yüzeyli bazalt mostralarının üç farklı noktasından ve Kuzey Marmara Otoyolu'nun (KMO) Sakarya'da bulunan şantiye sahasından kırılmış hazır hale getirilmiş (0-5 mm, 5-12 mm, 12-19 mm) numuneler kullanılmıştır. Mostradan alınan örneklerin mineralojik ve petrografik analizlerinin yapılması için Ankara MTA Genel Müdürlüğü'ne numune gönderilmiştir. Petrografik incelemeler için ince kesit hazırlanmış polarizan mikroskop incelemeleri yapılmış, mineralojik bileşimi ve kayaç grubu açısından incelenmiştir. Daha sonra bu numuneler asfalt agregası olarak kullanılabilirliğinin değerlendirilmesi ve fiziko-mekanik özellikleri belirlemek için laboratuvara götürülmüştür. Karayolları teknik şartnamesi Kısım 407'de istenilen deneyler için TS standartlarına göre malzemeler hazırlanmış ve deneye tabi tutulmuştur. Bu deneyler parçalanma direnci (Los Angeles), aşınma direnci (Micro-Deval), hava tesirlerine karşı dayanıklılık, MgSO₄ ile kayıp, yassılık indeksi, su emme soyulma mukavemeti, kil toprakları ve ufalanabilir daneler, organik madde, metilen mavisidir. Birim hacim kütleinin belirlenmesi, piknometre yöntemi ile özgül ağırlık tayini, nokta yükü dayanım indeksi, tek eksenli basınç dayanımı deneyleri ise numunelerin fiziko-mekanik özelliklerini belirlemek için yapılmıştır.

Standartta belirtilen formüller ile hesaplamalar yapılarak deney sonuçları elde edilmiştir. Her bir deneyden 3 adet yapılmış deneylerin aritmetik ortalamaları alınarak ortalama değer bulunmuştur. Çalışmanın son kısmında Babaköy ocağı bazalt mostradan alınan numuneler ve Sakarya şantiye sahasından alınan numuneler için iri ve ince agregaların fiziksel özelliklerinin deney sonuçlarının karayolları teknik şartnamesinde asfalt agregası için belirtilen limitleri ile uygunlukları değerlendirilmiştir. Sonrasında, Çorlu- Karatepe Bazaltı ve Kandıra Babaköy Bazaltı laboratuvar sonuçlarının karşılaştırılması yapılmıştır. Yapılan deneylerin metotları aşağıda kısaca anlatılmıştır.

Parçalanma Direnci (Los Angeles): Bu deney TS EN 1097-2 standardına göre yapılmaktadır. Deneyin amacı agregaların mekanik dayanımını ve dayanıklılığını belirlemektir. Standart kapsamına göre deneyde 10 mm 11,2 mm ve 14 mm arasında kalan tane dağılımına sahip malzeme karışımı kullanılır. Tambur içerisinde bulunan çelik bilyalar (11 adet) yardımı ile 500 devir döndürülmesi sonucu aşınarak ne kadar malzeme kaybı olduğu ölçülmekte olup bu kayıp bize parçalanma direnci değerini vermektedir. Parçalanma direnci değerini 1,6 mm elekte kalan malzemenin miktarı belirlemektedir. Deney sonucunda elde edilen parçalanma direnci değeri, agreganın aşınmaya ve parçalanmaya karşı ne kadar dayanıklı olduğunu gösterir. Yol yapımında ve beton üretiminde kullanılan agregaların yüksek kalitede olması için parçalanma direncinin düşük olması gerekmektedir.

Aşınma Direnci (Micro-Deval): Deney TS EN 1097-1 standardına göre yapılmıştır. Agregaların aşındırıcı etkilere karşı direncini ölçmek amacıyla yapılan bir deneydir. Los Angeles deneyinde olduğu gibi deneyde çelik bilyalar kullanılır ancak boyutları küçüktür. İki adet tambur içerisine 500 g deney numunesi, 5000 g çelik bilye ve 2.5 l su

ilave edilmesiyle deney gerçekleştirilir. Tamburlar 100 devir/dk hızla 12000 devir döndürülür ve deney sonunda gerekli ölçümler yapılarak ne kadar malzeme kaybı olduğu hesaplanır. Bu kayıp, agreganın Micro-Deval katsayısını gösterir. Az kayıp, agreganın aşınmaya karşı daha dayanıklı olduğunu ifade eder. Yol kaplamaları gibi aşınmaya maruz kalan yapı elemanları için, % kayıp değerinin düşük olması tercih edilmektedir.

Hava Tesirlerine Karşı Dayanıklılık ($MgSO_4$): Deney TS EN 1367-2 standardına göre yapılmıştır. Agregaların donma-çözülme döngüleri veya kimyasallara maruz kalma durumu gibi iklimsel etkilere karşı ne kadar dayanıklı olduğunu ölçmek için yapılan bir deneydir. 10 mm ile 14 mm arasında kalan agregalar standart doğrultusunda belirtilen magnezyum sülfat ($MgSO_4$) çözeltisiyle belirli bir süre maruz bırakılması sonucunda ne kadar malzeme kaybettiği ölçülmektedir. Yüksek dayanıklılık, düşük kayıp oranı ile gösterilir.

Yassılık İndeksi Tayini: Bu deney TS EN 933-3 standardına göre yapılmıştır. Agregaların yassı veya ince yapıda olup olmadığını belirlemek için kullanılan bir ölçüttür. Standart gereği 4 mm ile 80 mm arasındaki tane büyüklüğüne sahip agregalar deneye tabi tutulmalıdır. Özellikle yol yapımı gibi alanlarda agregaların geometrik özelliklerini değerlendirmek amacıyla kullanılır. Yassı agregalar, asfalt karışımlarında boşluklar oluşturabilir, bu da karışımın dayanıklılığını ve performansını olumsuz yönde etkilemektedir.

Su Emme Oranı Tayini: Deney TS EN 1097-6 standardına göre yapılmıştır. Deney standart gereği tel sepet yöntemi ile yapılmış olup, 31,5 mm ile 63 mm arasında tane büyüklüğüne sahip agregalar kullanılmıştır. Deneyin amacı, bir malzemenin, genellikle agrega veya betonun, suyu emme kapasitesini ifade etmektedir. Bu oran, malzemenin boşluklu yapısını ve suya karşı davranışını değerlendirmek amacıyla kullanılır. Su emme oranı, malzemenin dayanıklılığı ve geçirgenlik gibi özellikleri üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Yüksek su emme oranı, malzemenin suya karşı daha geçirgen ve dolayısıyla daha az dayanıklı olduğunu göstermektedir.

Soyulma Mukavemeti: TS EN 12697-11 standardı gereği yapılan bu deney, agregaların bitüm ile kaplandıktan sonra su veya diğer etkenler karşısında bitüm kaplamasını ne kadar koruyabildiğini ölçmek için yapılmaktadır. Deney 10 mm elekten geçip 6,3 mm elek üzerinde kalan 200 g agrega parçacıkları üzerinde yapılır. Agregalar parçaları bitüm bağlayıcılar (50-70) ile kaplanır. Eğer bitüm, agregalardan kolayca soyulursa, suyun penetrasyonu artar ve yol kaplamasında bozulmalar meydana gelir. Bu nedenle, soyulma mukavemeti yüksek olan agregalar tercih edilir. Özellikle asfalt kaplamalarının suya karşı dayanıklılığını ve uzun ömürlülüğünü değerlendirmek için bu yöntem kullanılır.

Kil topakları ve Ufalanabilir Daneler Tayini: Kil topakları ve ufalanabilir taneler agrega taneleri üzerine sıkıca yapışmış şekilde veya agrega tanesi gibi agregaların içerisinde yer almaktadır. Deney ASTM C 142 standardına uygun şekilde yapılmıştır. Agregalar içinde bulunan ve genellikle suyla temas ettiğinde şişen, hacmi artan ve karışımın yapısal bütünlüğünü zayıflatan kil parçalarıdır. Kil, suyu emme eğiliminde olduğu için beton ve asfalt gibi yapı malzemelerinde çatlamalara, zayıf bağlanmalara ve dayanıklılık sorunlarına yol açmaktadır.

Organik Madde Tayini: Deney TS EN 1744-1 standardına uygun olarak yapılmıştır. Deney yapımında standartta belirtilen 4 mm göz açıklığı elek kullanılarak elekten geçen taneler ile deney başlatılmıştır. Deney yapımında %3'lük NaOH çözeltisi kullanılmıştır. Deney sonucu çözeltinin rengine göre belirlenmektedir. Çözelti rengi renksiz veya açık sarı ise, organik madde bulunmadığını (negatif), koyu sarı, kahverengi veya kırmızımsı bir renk oluşmuş ise yüksek oranda organik madde bulunduğunu (pozitif) belirtmektedir. Agregalarda bulunan organik maddeler, yapı malzemelerinin bağlayıcı maddelerle (örneğin; bitüm) olan etkileşimini olumsuz yönde etkilemekte olup, malzemenin dayanıklılığını (mukavemetini) azaltmaktadır.

Metilen Mavisi Deneyi: Deney TS EN 933-9 standardına göre yapılmıştır. Deneyin amacı agregalarda bulunan zararlı maddelerin varlığını belirlemektir. Deney 2 mm göz açıklığı elekten geçen malzeme üzerinde yapılmaktadır. Deney için 200 g numune kullanılmaktadır. Bu deney malzemenin kalitesini ve uygunluğunu değerlendirmek açısından önemlidir. Metilen mavisi değerinin yüksek olması zayıf bağlanmalara ve dayanıklılık sorunlarına yol açmaktadır.

Birim Hacim Kütle Belirlenmesi: Deney TS EN ISO 17892-2 standardı gereklere göre silindir numuneler üzerinde yapılmıştır. Bu özellik, özellikle agregalar, beton ve asfalt gibi yapı malzemelerinde önemli bir parametredir. Birim hacim kütle ağırlığın hacme oranıdır ve malzemenin yoğunluğu hakkında bilgi verir. Buda malzemenin taşıma kapasitesi, dayanıklılığı ve diğer mekanik özellikleri üzerinde etkilidir.

Özgül (Gerçek) Yoğunluk (Piknometre Yöntemi): Bu deney TS EN 1936 standardına göre yapılmıştır. Deneyin amacı ince agregaların özgül yoğunluğunu tayin etmektir. Özgül yoğunluk, malzemenin yoğunluğunu suyun yoğunluğuna oranlayarak hesaplanır ve bu özellik, malzemenin performansı ve kalitesi hakkında önemli bilgiler

vermektedir. Deneyde piknometre yöntemi kullanılmış ve yaklaşık 50 g öğütülmüş numune üzerinde yapılmıştır. İstenilen dayanım, dayanıklılık ve işlenebilirlik gereksinimlerini karşılayan beton veya asfalt karışımlarının tasarlanması için özgül yoğunluğun doğru bir şekilde belirlenmesi büyük önem taşımaktadır.

Nokta Yükü Dayanım İndeksi: Nokta yükleme deneyi kayaçların kırılma yükünün belirlenmesinde ve bu dayanım üzerinden malzemenin mukavemeti hakkında bilgi edinilmesi için yapılmaktadır. Bu deney TS 699 standardı gereği düzensiz şekilli 10 adet numune üzerinde yapılmıştır. Standartta göre düzensiz şekilli numuneler (50 ± 35) mm boyutunda, kalınlık (D) ve genişlik (W) oranı 0,3 ile 1,0 arasında olmalıdır. Çapı ve boyu kumpas ile ölçülen numune nokta yükleme deney cihazının konik uçlarının arasına yerleştirilir. Çap doğrultusunda yükleme yapılarak kırılma yükü bulunur. Kırılma yükü ne kadar artarsa mukavemet de o kadar artış göstermektedir.

Tablo 2. Kaba Agregaların Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin Şartname Limitleri (KTŞ, 2013) ve Deney Sonuçları

Deney Adı	Şartname Limitleri		Deney Sonuçları		Deney Standardı
	Binder	Aşınma	Mostradan Alınan Numuneler İçin	Sakarya Şantiye Sahasından Alınan Numuneler İçin (Babaköy Ocağı)	
Parçalanma Direnci (Los Angeles), % Kayıp	≤ 30 (LA ₃₀)	≤ 27 (LA ₂₇)	14,1	19,5	TS EN 1097-2
Aşınma Direnci (Micro-Deval), % kayıp	≤ 25 (M _{DE25})	≤ 20 (M _{DE20})	16,9	16,6	TS EN 1097-1
Hava Tesirlerine Karşı Dayanıklılık, MgSO ₄ ile Kayıp, %	≤ 18 (MS ₁₈)	≤ 16 (MS ₁₆)	15,08	14,23	TS EN 1367-2
Yassılık İndeksi	≤ 25 (FI ₂₅)	≤ 20 (FI ₂₀)	--	5-12 mm için; 6,5 12-19 mm için; 11,5	TS EN 933-3
Su Emme, %	$\leq 2,5$ (WA ₂₄₂₅)	$\leq 2,0$ (WA ₂₄₂₀)	0,4	5-12 mm için; 0,7 12-19 mm için; 0,6	TS EN 1097-6
Soyulma Mukavemeti, % Bitümlü Kaplı Yüzey (24 Saat 60 °C suda bekletmeden sonra)	≥ 60	≥ 60	85	85-90	TS EN 12697-11 (Kısım 403 Ek-A)
Kil topakları ve Ufalanabilir Daneler, %	≤ 3	≤ 3	0	0	ASTM C 142

Tek Eksenli Basınç Dayanımı: Deney TS EN 1926 standardına göre yapılmıştır. Bir malzemenin, özellikle kayaç ve beton gibi yapı malzemelerinin, aksel olarak uygulanan tek yönde basınca karşı dayanıklılığını ölçen bir deneydir. Bu test, malzemenin dayanıklılığını ve mukavemetini belirlemek için kullanılmaktadır. Malzeme dayanımını dış kuvvetlere karşı gösterilen direnç olarak tanımlamak mümkündür. Uygulanan dış kuvvet malzemenin

dayanımını geçtiğinde malzeme dayanımını kaybeder ve yenilir. Yenilmeye uğradığı kuvvet malzemenin dayanım değerini vermektedir.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Bu çalışmada Kandıra Babaköy’de yüzeylenen Babaköy bazaltının jeolojik ve fiziko-mekanik özellikleri ortaya konulmuştur. Babaköy bazaltının jeolojik özellikleri arazi çalışmaları ile belirlenmiş, asfalt agregası olarak kullanılabilirliği amacıyla standartlara uygun şekilde laboratuvar çalışmaları yapılmıştır. Laboratuvar çalışmalarından elde edilen sonuçlara göre Karayolları Teknik Şartnamesi (2013)’nin Kısım 407’de Tablo 407-3’te belirtilen kaba agregaların fiziksel ve mekanik özellikleri ile Tablo 407-4’te belirtilen ince agreganın özelliklerine göre uygunluğu değerlendirilmiştir.

Tablo 2 ve Tablo 3’te mostradan alınmış kaya numuneleri ve bu numunelerin kırılması ile elde edilmiş hazır kırmataş numuneleri üzerinde yapılan deneylerin sonuçları yer almaktadır. Deney sonuçları incelendiğinde şartname limitlerini karşıladığı gözlemlenmektedir. Ancak mostradan alınan bazalt numuneleri üzerinde yapılan Metilen Mavisı deneyinin değeri yüksek çıkmıştır. Bunun nedeni ince malzemede bulunan kil oranıdır. Kil oranı arttıkça metilen mavisı değeri artmaktadır. Bu durumda deney sonuçları şartname limitlerinin dışında kaldığı için asfalt yapımında kullanılacak 0-5 mm’lik malzeme Dünyalar Ocağından temin edilmiş ve Kuzey Marmara Otoyolunda bu malzeme kullanılmıştır.

Tablo 4’te bazaltların fiziko-mekanik özellikleri incelenmiştir. Bazalt numunelerinin özgül ağırlıkları 2,60-3,22 g/cm³ olup dayanımları yüksektir. Yapılan deneyler sonucunda sonuçların bazaltların fiziko-mekanik özelliklerini taşıdığı gözlemlenmiştir.

Tablo 3. İnce Agregaların Özelliklerinin Şartname Limitleri (KTS, 2013) ve Deney Sonuçları

Deney Adı	Şartname Limitleri		Deney Sonuçları		Deney Standardı	
	Binder	Aşınma	Mostradan Alınan Numuneler İçin	Sakarya Şantiye Sahasından Alınan Numuneler İçin (Dünyalar Ocağı) (0-5 mm)		
Organik Madde, (%3 NaOH ile)	Negatif	Negatif	Negatif	Negatif	TS EN 1744-1	
Metilen Mavisı, g/kg	İnce agreganın 0/2 mm’lik kısmına	≤ 1,5 (MB _{1,5})	≤ 1,5 (MB _{1,5})	--	0,50	TS EN 933-9
		≤ 3,0 (MB _{3,0})	≤ 3,0 (MB _{3,0})			
	Öğütülmüş magmatik agreganın 0/2 mm kısmına	≤ 3,0 (MB _{3,0})	≤ 3,0 (MB _{3,0})	4,35	--	

Elde edilen veriler değerlendirilirken, İstanbul Bölgesindeki asfalt üretiminde yaygınca kullanılan bazalt, kireçtaşı ve kumtaşı agregaları referans olarak kullanılmıştır. Referans olarak kullanılan Çorlu- Karatepe Bazaltı ile çalışma konusu olan Kandıra Babaköy bazaltının laboratuvar sonuçlarını karşılaştırılmış, deneylerden elde edilen sonuçlar Tablo 5’te verilmiştir. Kandıra Babaköy bazaltı ile Çorlu- Karatepe bazaltını deney sonuçları karşılaştırıldığında ortalama değerlerin birbirlerine yakın olduğu ve şartname limitlerini karşıladığı gözlemlenmiştir. Ancak Çorlu- Karatepe bazaltında dona dayanıklılık (MgSO₄) değerinin düşük, tek eksenli basınç dayanımı değerinin yüksek olduğu

görülmektedir. Bunun nedeni agreganın cinsi ve petrografik yapısıdır. Agregaların dayanımına doku, kristalleşme derecesi, çimentolama, süreksizlik, porozite, anizotropi ve ayrışma dereceleri etki etmektedir. Agregada içindeki boşluk oranı arttıkça dayanıklılık azalmaktadır. Kayaçların içerisindeki mineraller yüzdeleri, kayaçların fiziksel ve kimyasal özelliklerine etki etmektedir. Kuvars yüzdesinin fazla olduğu durumlarda dayanımın yüksek olmasından kaynaklı değerler yüksek olur. Öte yandan kuvars yüzdelerinin düşük olmasına rağmen değerlerin yüksek çıkmasının nedeni, kayaçlardaki mineraller arası kenetlenmenin güçlü olması ve dolayısıyla da dayanımlarının yüksek olmasıdır (Yılmaz, 2012). Metilen mavisi değerini ele alacak olursak Kandıra Babaköy bazaltının mostralardan alınan numuneler üzerinde yapılan metilen mavisi deney sonuçları Çorlu- Karatepe bazaltına göre daha yüksektir. Bununla birlikte mostradan alınan malzemenin sonuçları şartname limitini karşılamamaktadır. Metilen mavisi değerinin yüksek olmasının nedeni agregada içerisinde bulunan kil oranına bağlıdır. Yol üst yapısındaki temel ve kaplama tabakalarında kullanılacak olan malzeme içerisinde bulunan kil oranının yüksek olması şişme ve sıkışma gibi durumlarda stabilite bozulmalarına sebep olmaktadır (Yiğit, 2021). Bu yüzden metilen mavisi değeri önemlidir. Metilen mavisi değeri arttıkça su emme oranı ve geçirimsizlik artar, dayanıklılık azalır. Bu durum agregada kalitesinin düşüklüğünü ifade etmektedir.

Tablo 4. Babaköy Bazaltı Mostrasından ve Sakarya Şantiye Sahasından Alınan Numuneler İçin Fiziko-Mekanik Özellik Değerleri

Deney Adı	Ortalama Deney Sonuçları		Deney Standardı
	Mostradan Alınan Numuneler İçin	Sakarya Şantiye Sahasından Alınan Numuneler İçin	
Birim hacim kütle belirlenmesi	2,69	--	TS EN ISO 17892-2
Piknometre yöntemi ile özgül ağırlık tayini	2,72	2,71	TS EN ISO 17892-1
Nokta yükü dayanım indeksi (kg/cm ²)	22,70	--	TS 699
Tek eksenli basınç dayanımı (MPa)	126,31	--	TS EN 1926

SONUÇLAR

Son yıllarda ülkemizde özellikle yapılaşmanın çok olduğu büyük şehirlerde doğal taşların kullanımı artmıştır. Yüksek dayanıma sahip olmasından dolayı doğa olaylarından ve iklim şartlarından az etkileneceği düşünülen en fazla tercih edilen doğal taş bazalttır. Bazaltlar lavların yüzeyde veya derinde oluşmasına bağlı olarak erken veya geç soğuma sonucu gözenekli veya gözeneksiz olarak oluşurlar. Bazaltların kullanım alanı her geçen gün artmakta olup agregada olarak yaygın kullanım alanı olan kireçtaşlarına kıyasla daha serttir ve aşınmaya karşı daha dayanıklı bir malzemedir. (Yıldız & Gültekin, 2022).

Kocaeli ili Kandıra ilçesinde yüzeyleyen Kuzey Marmara Otoyolu'nda asfalt agregası olarak kullanılmış Babaköy bazaltı KTŞ (2013) kaba ve ince agregaların özelliklerine göre incelenmiştir. İnceleme sonuçlarına göre asfalt agregası olarak kullanılabilirliği için uygun görülmüştür. Ancak ince agregaların tabii tutulduğu metilen mavisi değeri %4,35 g/kg olup, TS EN 933-9+A1'de verilen limit değerini aştığından asfalt agregası olarak kullanıma uygun olmadığı tespit edilmiştir. Bu yüzden Kuzey Marmara Otoyolu yapımında Sakarya Ferizli'de işletilen özel bir taş ocağından alınan 0-5 mm ince agregada kullanılmıştır. Bu agreganın ortalama metilen mavisi değeri 0,50 g/kg olup KTŞ (2013) şartname limitlerini karşılamaktadır. Diğer bir yandan Kandıra Babaköy bazaltının fiziko- mekanik özelliklerini incelemek adına birim hacim ağırlık, özgül ağırlık, tek eksenli basınç dayanım ve nokta yükü dayanım indeksi deneyleri yapılmıştır. Deney sonuçları incelendiğinde ortalama olarak 2,72 özgül ağırlığa, 2,69 birim hacim

ağırlığa, 126,31 MPa tek eksenli basma dayanımına ve 22,70 kg/cm² nokta yükü dayanımına sahip olduğu saptanmıştır.

Tablo 5. Çorlu- Karatepe Bazaltı (Yılmaz, 2012) ve Kandıra Babaköy Bazaltı Fiziko-Mekanik Özellikleri Laboratuvar Deney Sonuçlarının Karşılaştırılması

Agrega Deneyleeri	Çorlu- Karatepe Bazaltı (Yılmaz, 2012)	Kandıra Babaköy Bazaltı	
		Mostradan Alınan Numuneler	Sakarya Şantiye Sahasından Alınan Numuneler
Yassılık Endeksi (%)	13	--	5-12 mm için; 6,5
			12-19 mm için; 11,5
Metilen mavisi değeri (g/kg)	0,50	4,35	0,50
Görünür tane yoğunluğu (mg/m ³)	0-5 mm için; 2,78	2,75	5-12 mm için; 2,72
	5-20 mm için; 2,89		12-19 mm için; 2,71
Doymun yüzey kuru tane yoğunluğu (mg/m ³)	0-5 mm için; 2,84	2,73	5-12 mm için; 2,68
	5-20 mm için; 2,90		12-19 mm için; 2,69
Su emme değeri (%)	0-5 mm için; 2,14	0,4	5-12 mm için; 0,7
	5-20 mm için; 0,78		12-19 mm için; 0,6
Los Angeles katsayısı (%)	13	14,1	19,5
MgSO ₄ değeri (%)	5	15,08	14,23
Tek eksenli basınç dayanımı (MPa)	192	126,31	--

Kuzey Marmara Otoyol projesinde asfalt agregası olarak kullanımı düşünülen Çorlu- Karatepe bazaltı ile çalışma konusu olan Kandıra Babaköy bazaltının laboratuvar sonuçları karşılaştırıldığında fiziksel özelliklerine ait değerlerin ortalamasının birbirlerine yakın olduğu ancak Çorlu-Karatepe bazaltının dayanım sonuçlarının daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Bu sonuçlara göre proje alanına yakın olan Kandıra Babaköy bazaltından üretilen agregalar kullanılmıştır. Bunun temel nedeni ekonomi ve zaman parametreleri olup olumsuz metilen mavisi özelliğinin iyileştirilmesi için harmanlama yöntemi kullanılmıştır. Bu proje maliyetinin agregası bütçesi açısından daha düşük olması ve zaman açısından da daha kısa zamanda tamamlanması için alınmış bir mühendislik yaklaşımıdır. Yapılan deney sonuçları incelendiğinde Babaköy bazaltlarının ortalama değerlerinin şartname limitlerini karşıladığı, bununla birlikte mühendislik özelliklerinin doğal yapı taşı olarak mühendislik yapılarında kullanımı açısından uygun olduğunu göstermektedir. Kuzey Marmara otoyolu projesinde asfalt agregası olarak kullanılan bazalt malzemesi proje maliyetine ve tamamlanma süresine pozitif etki yapmıştır.

TEŞEKKÜR

Yazarlar bu çalışmada laboratuvar deneylerinin yapılması için imkân sağlayan ABM Mühendislik firmasına ve laboratuvar çalışmalarında yardımlarını esirgemeyen çalışanlarına teşekkür eder.

KAYNAKLAR

- Aslan, D. (2019). Diyarbakır yöresinde bitümlü sıcak karışımlarda kullanılan bazalt, kalker, dere malzemelerinin karakteristik özelliklerinin karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Şanlıurfa 95s.
- Celebi, D., & Köprübaşı, N. (2007). Kefken-Kerpe dolayında (Kocaeli) yüzeyleyen volkanik kayaların jeokimyasal karakteristikleri. Türkiye Jeoloji Bülteni, 50(1) (Nisan), 289280. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/289280>
- Eker, A. N. (2019). Bazalt ve gabroların bitümlü sıcak karışımlarda agrega olarak kullanılabilirliğinin değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi. Batman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Batman 120s.
- Gedik, İ., Pehlivan, Ş., & Timur, E. (2005). Kocaeli Yarımadası Jeolojisi. MTA Raporları 10774, Ankara.
- Güngör, A.G., Adiloğlu, U.K., Turhan, M.C. (2013). Yol Altyapısı, Sanat Yapıları, Köprü ve Tünel, Üstyapı ve Çeşitli İşler. Karayolları Teknik Şartnamesi (KTS). Karayolları Genel Müdürlüğü, Ankara 431s.
- Karışmaz, B.K., & Morova, N. (2022). Diatomitin bitümlü sıcak karışımlarda filler olarak kullanılabilirliğinin araştırılması. *Uluslararası Teknolojik Bilimler Dergisi*, c. 14, sy. 3, ss. 103–115, <https://doi: 10.55974/utbd.1158664>
- Ketin, İ., & Gümüş, Ö. (1963). Sinop-Ayancık arasında III. bölgeye dahil sahaların jeolojisi. TPAO rapor 288, Ankara.
- Milli Savunma Bakanlığı, (2023). Kocaeli 1/200 000 ölçekli fiziki il haritası. MSB Harita Genel Müdürlüğü, Ankara.
- MTA, (2020). Ereğli F24-d3 Paftası 1/25000 ölçekli Jeoloji haritası. MTA Genel Müdürlüğü, Ankara. <https://www.harita.gov.tr/urun/kocaeli-fiziki-il-haritasi/368>
- Taşlıgil, N., & Şahin, G. (2016). Yapı malzemesi olarak kullanılan Türkiye doğal taşlarının iktisadi coğrafya odağında analizi. *Marmara Coğrafya Dergisi*, sy. 33, ss. 607–640, <http://www.marmaracografya.com/>
- Timur, E., & Aksay, A. (2002). 1/100 000 ölçekli Türkiye Jeoloji haritaları. Ereğli F 24 ve F 25 paftaları. MTA Jeoloji Etütleri Dairesi, Ankara.
- TS EN 1097-1 (2011). Agregaların Mekanik ve Fiziksel Özellikleri İçin Deneyler- Bölüm 1: Aşınmaya Karşı Direncin Tayini (Mikro-Deval). Türk Standartları Enstitüsü, Ankara 15s.
- TS EN 1097-2 (2020). Agregaların Mekanik ve Fiziksel Özellikleri İçin Deneyler Bölüm 2: Parçalanma Direncinin Tayini İçin Metotlar. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara 46s.
- TS EN 1097-6 (2022). Agregaların Mekanik ve Fiziksel Özellikleri İçin Deneyler- Bölüm 6: Tane Yoğunluğunun ve Su Emme Oranının Tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara 64s.
- TS EN 12697-11 (2020). Bitümlü Karışımlar- Test Yöntemleri- Bölüm 11: Agrega ve Bitüm Arasındaki Benzeşmenin Belirlenmesi. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara 29s.
- TS EN 1367-2 (2011). Agregaların Termal ve Bozunma Özellikleri İçin Deneyler- Bölüm 2: Magnezyum Sülfat Deneyi. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara 11s.
- TS EN 1744-1 (2011). Agregaların Kimyasal Özellikleri İçin Deneyler- Bölüm 1: Kimyasal Analiz- Organik Madde Tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara 46s.
- TS EN 933-1 (2012). Agregaların Geometrik Özellikleri İçin Deneyler – Bölüm 1: Tane Büyüklüğü Dağılımı Tayini – Eleme Yöntemi. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara 18s.
- TS EN 933-4 (2009). Agregaların Geometrik Özellikleri İçin Deneyler- Bölüm 3: Tane Şekli Tayini- Şekil Endeksi. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara 12s.
- TS EN 933-9 (2022). Agregaların Geometrik Özellikleri İçin Deneyler- Bölüm 9: İnce Tanelerin Tayini- Metilen Mavisi Deneyi. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara 22s.
- Yıldız, T.D., Gültekin, A.H., & Özdamar, Ş. (2022). Gerede- Kavacık bölgesi bazaltlarının endüstriyel kullanım yelpazesinin özelliklerinin belirlenmesi. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 10 (1), 7 - 27. <https://doi.org/10.21923/jesd.943867>

Yılmaz, M. (2012). Granitik kayaçların sıcak asfalt karışımlarında agrega olarak kullanılabilirliği. Doktora Tezi. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul 149s.

Yiğit, N. (2021). Polipropilen lif boyutlarının asfalt aşınma tabakası taşıma kapasitesine etkilerinin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Sakarya 94s.