



DOĞU ANADOLU BÖLGESİNDE BULUNAN BAZI MERMER ATIKLARININ YOL TEMEL VE ALT TEMEL TABAKALARINDA KULLANILABİLİRLİĞİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

*Engin ÖZDEMİR¹, Didem EREN SARICI², Talha SARICI³

¹ İnönü Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü, Malatya, Türkiye, ozdemir.engin@inonu.edu.tr

² İnönü Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü, Malatya, Türkiye, didem.sarici@inonu.edu.tr

³ İnönü Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, Malatya, Türkiye, talha.sarici@inonu.edu.tr

Geliş Tarihi:09.02.2017

Kabul Tarihi:11.12.2017

ÖZ

Bu çalışmada üretim sırasında ortaya çıkan mermer atıklarının yol inşaatının temel ve alt temel tabakası olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır. Mermer üretim atığı olarak Malatya Bej, Adıyaman Emprador ve Erzurum Traverten numuneleri kullanılmıştır. Bu amaçla tane boyut dağılımı, su emme, özgül ağırlık, Los Angeles aşınma, proktor, donma dayanıklılık, kaliforniya taşıma oranı (CBR), likit limit ve plastik limit deneyleri yapılmıştır. Araştırmaların sonucunda, Karayolu Teknik Şartnamesi dikkate alınarak, Malatya Bej, Adıyaman Emprador ve Erzurum Traverten atıklarının temel ve alt temel tabakalarında kullanılabilir olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler:Mermer parça atıkları, Atık değerlendirilmesi, Yol temel ve alt temel tabakası

EVALUATION OF THE USABILITY OF SOME MARBLE WASTES EXIST IN THE EASTERN ANATOLIA REGION IN BASE AND SUBBASE COURSE

ABSTRACT

In this study, utilization of marble waste arising in marble production was investigated as a base and subbase course in road construction. The samples of Malatya Beige, Adıyaman Dolomite and Erzurum Travertine were used. For this purpose, the values of grain size distribution, water absorption, specific gravity, Los Angeles abrasion, proctor, magnesium soundness loss, California Bearing Ratio (CBR), liquid limit and plastic limit tests were carried out. As a result of the investigations; it has been seen that Malatya Beige, Adıyaman Dolomite and Erzurum Travertine wastes can be used in the base and subbase course, taking into consideration the Technical Specifications of the Highway.

Keywords:Piece of marble waste, Waste assessment, Road base and subbase course

1. GİRİŞ

Mermerler kalker (CaCO_3) ve dolomitik kalkerlerin (CaMgCO_3) yüksek sıcaklık ve basınç altında metamorfizmaya uğrayarak, tekrar kristalleşmesi sonucunda oluşmaktadır. Doğal taş madenciliği diğer madencilik çalışmalarına göre daha az çevreye zarar veriyor olsa da gerek arazi gerekse sanayi işletmeciliğinde mermerin özelliğine ve tipine bağlı olarak farklı boyut ve miktarlarda atık malzeme çevreye bırakılmaktadır[1]. Blok olarak mermerin ocaktan çıkartılması ve mermer fabrikalarında işlenmesi esnasında farklı boyutlarda parça ve toz atıklar oluşmaktadır. Mermerin ocaktan çıkarılmasıyla oluşan atıklar genel olarak patlayıcı maddelerle delme, kamalama gibi ilkel üretim yöntemlerinin uygulandığı mermer ocaklarında oluşmaktadır. Ayrıca ocaklarda yapıdaki süreksizlikler nedeniyle blok vermeyen iri boyutlu mermer kütlelerinin piyasa değeri olmadığı için genellikle değerlendirilmeden bırakılması ile oluşan atıklarda bulunmaktadır [2]. Mermerin fabrikalarda işlenmesi esnasında oluşan atıklar ise iri boyutlu parça mermer atıklar ve koloidal yapıda (büyük miktarı $150 \mu\text{m}$ 'nin altında olan ve maksimum parça boyutu 2 mm 'ye ulaşabilen) kesim toz atığıdır[3].

Mermer atıklarının değerlendirilmesi ile ilgili olarak yapılmış çeşitli çalışmalar mevcuttur. Okagbueve Onyeaobi (1999), yol inşaatında kırmızı tropik zeminleri güçlendirmek amacıyla mermer tozu kullanmışlardır. Deneysel çalışmada belirli oranlarda mermer tozu katarak elde ettikleri karışımların özgül ağırlık, dane boyutu analizi, kıvam limitleri, kompaksiyon (sıkıştırma) karakteristikleri, CBR ve serbest basınç direncini belirlemişlerdir. Elde edilen sonuca göre mermer tozu katkısının tropik zeminin plastisitesini %20-33 azalttığını gözlemlemişlerdir. Eklenen katkı serbest basınç dayanımını %30-46 ve CBR değerini %27-55 oranında artırmıştır. En yüksek CBR değerinin ise %8'lik mermer tozu katkısıyla elde edildiğini vurgulamışlardır[4]. De Rezende ve De Carvalho (2003), yapmış oldukları çalışmada mermer atıklarının esnek yol üst yapıların temel tabakalarında kullanılabilirliğini araştırmışlardır. Yapılan deneysel çalışmalar sonucunda bu atıkların esnek kaplamaların temel tabakaları için potansiyel bir kullanım özelliğini barındırdığını, bu malzemenin düşük ve orta trafik hacimli yollarda temel malzemesi olarak kullanımının uygun olduğunu vurgulamışlardır[5]. Galaktakis ve Raka (2004), faktöriyel dizayn yöntemiyle mermer atığı ve az miktarda portland çimento kullanarak bir yapı malzemesi üretmeye çalışmışlardır. Çalışma sonucunda elde ettikleri tüm numunelerin tek eksenli basınç dayanımı değerlerinin 7 MPa 'dan büyük çıktığını, çimento/basınç oranının bu dayanımın yüksek veya düşük çıkmasında en önemli etken olduğunu belirtmişlerdir. Bu çalışma sonucunda mermer tozu/çimento karışımının kabul edilebilir mekanik özelliklere sahip olduğunu ve yığma duvar elemanı üretiminde kullanılabilirliğini belirtmişlerdir[6]. Sabat vd. (2005), şişen bir zemini iyileştirmek amacıyla mermer tozu ve uçucu kül atıklarını daha önceden belirlemiş oldukları oranlar doğrultusunda karışımlara ilave etmişlerdir. Zemin-katki karışımlarının likit limit, optimum su içeriği, ıslak ve yaş CBR, maksimum kuru birim hacim ağırlığı, serbest basınç ve şişme basıncı gibi geoteknik değerlerini tespit etmişlerdir. Yapmış oldukları deneysel çalışmalar sonunda karışımlarda mermer tozu ve uçucu kül oranı artışıyla kuru birim hacim ağırlığının ve şişme basıncının azaldığını, %20 mermer tozu ve uçucu kül katkısı ile CBR ve serbest basınç dayanımında maksimum değerler elde edildiğini tespit etmişlerdir[7]. Akbulut ve Gürer (2003), mermer atıklarının asfalt agregası olarak kullanımını araştırmışlardır. Araştırmacılar yapmış oldukları deneysel çalışmalar sonucunda orta ve düşük trafik hacimli asfalt kaplamaların binder tabakalarında mermer atıklarının agregası olarak değerlendirilebileceğini göstermişlerdir[8]. Başer ve Çokça (2010), yaptıkları çalışmada laboratuvar ortamında kaolin ve bentonit kullanarak şişen bir zemin hazırlamışlardır. Kireçtaşı ve mermer tozu atığı şişen zemine %0-30 arasında değişen oranlarda ilave edilmiştir. Numuneler üzerinde dane dağılımı, kıvam limitleri, kimyasal ve mineralojik bileşim tayini, şişme hızı ve şişme yüzdesi deneyleri yapmışlardır. Katkı maddesinin oranı arttıkça şişme yüzdesinin düştüğünü ve şişme hızının arttığını saptamışlardır[9].

Bu çalışmada; mermer üretimi sırasında ortaya çıkan (Malatya Bej, Adıyaman Emprador ve Erzurum Traverten) iri parçalı mermer atıklarının yol temel ve alt temel tabakalarında değerlendirilmesinin uygun olup olmadığı araştırılmıştır.

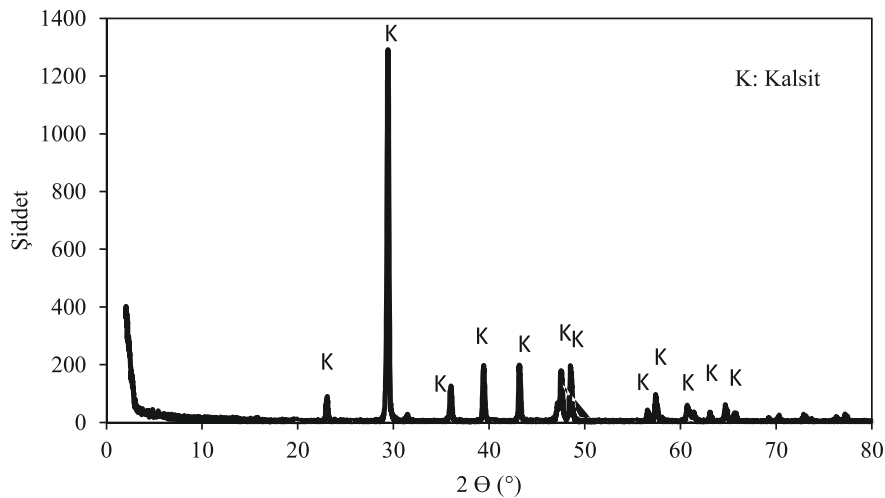
2. MATERYAL VE METOT

2.1. Materyal

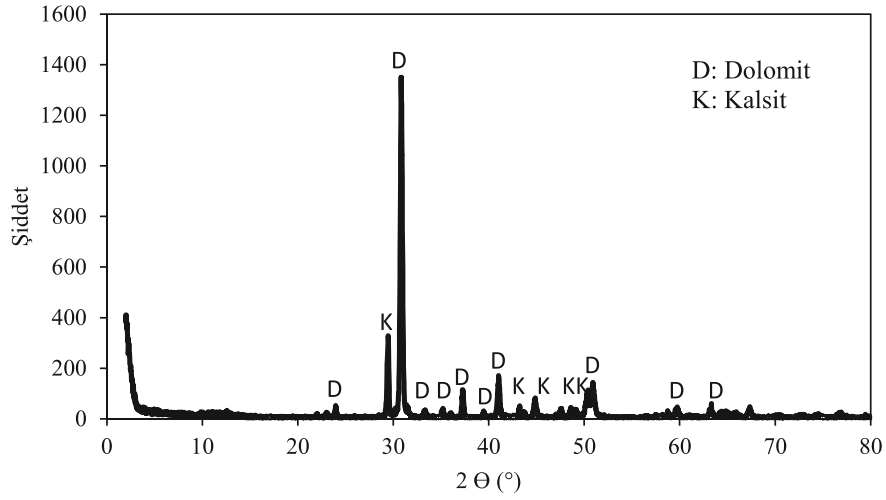
Bu çalışmada; Malatya (Akçadağ) Bej, Adıyaman Emprador ve Erzurum Traverten ticari isimleriyle mermer olarak piyasada satışı olan sedimanter kökenli üç farklı kayaç örneğinin atıkları kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan atık malzeme araziden ve mermer fabrikası (Bilçay Mermer A.Ş.) atık sahasından temin edilmiştir. Numunelerin XRD analizleri İnönü Üniversitesi Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Merkezinde yapılmış, sonuçlar Şekil 2-4'te verilmiştir. Şekil 2-4 incelendiğinde Malatya Bej ve Erzurum Travertenin ana bileşen olarak kalsit, Adıyaman Emprador mermerinin ise dolomit ve kalsit minerallerini içerdiği görülmektedir.



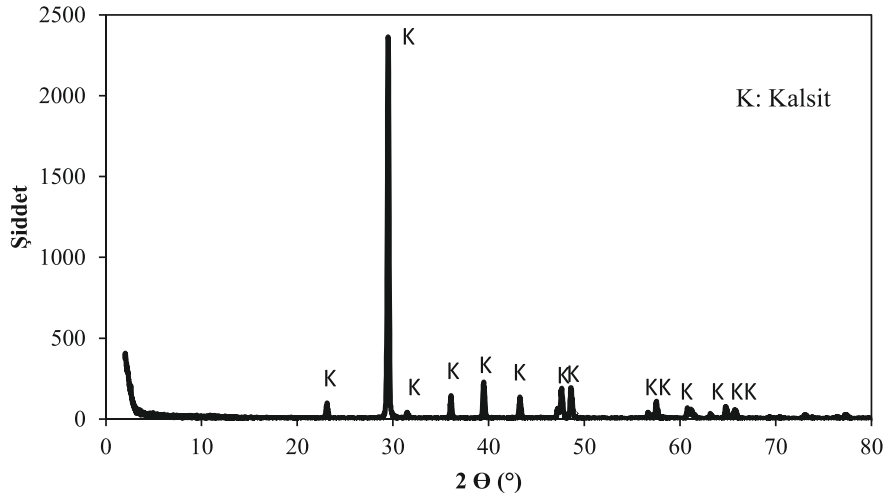
Şekil 1. Numunelerin alındığı lokasyonlar



Şekil 2. Malatya Bej mermerinin X-Ray Difraktogramı



Şekil 3. Adıyaman Emprador mermerinin X-Ray Difraktogramı



Şekil 4. Erzurum Traverten mermerinin X-Ray Difraktogramı

2.2. Yöntem

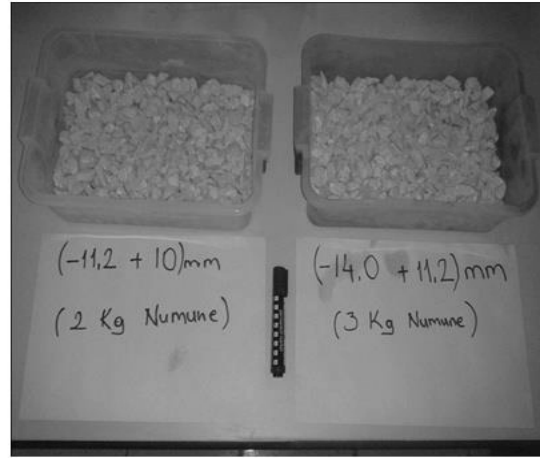
Yol malzemesi olarak kullanılacak agregaların karayolu üst yapısında temel ve alt temel tabakası içerisinde kullanılabilmesi için, malzemenin Karayolları Teknik Şartnamesinde (KTŞ) belirtilen mühendislik özelliklerinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu yüzden, çalışmada kullandığımız üç tür mermer atığı üzerinde gerekli agrega deneyleri yapılmıştır. Deneyler, İnönü Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Kaya Mekaniği ve Geoteknik Laboratuvarında yapılmıştır. Deneylere başlamadan önce numunelerin tane boyutları, çeneli kırıcı yardımıyla (Şekil 5) uygun hale getirilmiştir. Uygun boyutlara getirilen mermer atıkları üzerinde elek analizi, Los Angeles aşınma deneyi, donma çözünme deneyi, özgül ağırlık, proktor ve CBR deneyleri yapılmıştır.

Mermer atığı numunelerinin tane dağılımının belirlenmesi için elek analizi deneyi yapılmıştır. Elek analizideneyi ASTM C136[10] standardına uygun olarak gerçekleştirilmiştir.Elekler, büyük elek açıklıklıdan küçük elek açıklığıya doğru sıralanmış elek dizisinin üstüne numune konulduktan sonra sarsılarak elenmesi sağlanmıştır. Üst elekten geçenler, daha küçük delikli elek üstünde toplanmış ve bu elekten de elenmiştir. Bu işleme, boyutu en küçük olan eleğe kadar devam edilmiştir. En küçük delikli elekten geçenler ise elek altı olarak isimlendirilen tepside toplanmıştır. Mermer atığı numunelerinin aşınmaya karşı dirençlerini belirlemek için Los Angeles aşınma deneyleri ASTM C131[11] standardına uygun olarak yapılmıştır.Bir tamburun içine çelik bilyeler konularakdeney numuneleri tambura yerleştirilmiştir. Tamburu belirli bir tur döndürdüktan sonra numunelerdeki hasara bakılmıştır. Numuneler üzerinde donma çözünme deneyi TS EN 1367-2[12] standardına göre gerçekleştirilmiştir. Bu deney, numunelerin döngüsel olarak donma-çözülme etkisine maruz kalmasısonucunda gösterdiği davranış biçimini belirlemek amacıyla yapılmıştır. Numunelerin özgül ağırlıkları ise ASTM C127[13]standardına göre belirlenmiştir.Numunelerin maksimum kuru yoğunluklarını ve optimum su içeriklerini belirlemek için numuneler üzerinde proktor deneyleri yapılmıştır. Proktor deneyleri ASTM D4254 [14] standartına uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Proktor deneyinde, belirli boyutlardaki bir kap içindeki su içeriği belirli bir zemine, yine belirli bir sıkıştırma enerjisi uygulanmış ve sonra zeminin yoğunluğubelirlenmiştir.Bu işlem değişik su içeriklerinde zeminin yoğunluğu ve su içeriği oranı arasında belirli bir ilişki elde edinceye dek birkaç kez yinelenmiştir.Mermer atığı numuneleri üzerinde CBR (Kaliforniya taşıma gücü oranı) deneyleri yapılmıştır. CBR deneyleri ASTM D698 [15] standardına uygun bir biçimde yapılmıştır.CBR, zeminin mukavemetinin kıyaslamalı bir ölçümüdür. Bu deney standart boyuttaki bir pistonun belli bir hızda zemin numunesine batmasını sağlaması için gereken yükün ölçülmesinden ibarettir. Belirlenen bu yük değeri, standart bir kırma taş numunesinde pistonun aynı derinliğe batması için gereken yüke bölünmüş ve elde edilen sonuç 100 ile çarpılarak CBR değeri bulunmuştur.

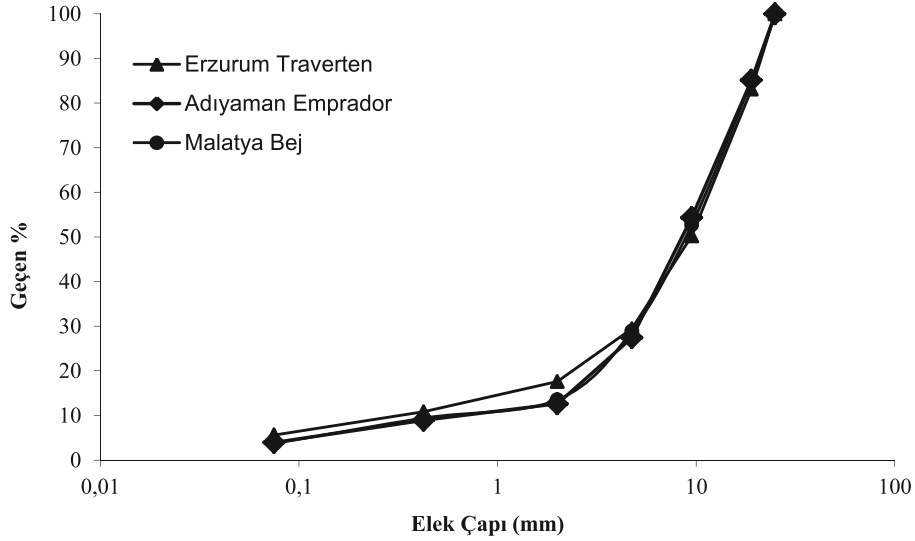
Şekil 6'da Los Angeles deneyi için hazırlanmış numuneye ait görüntü, Şekil 7'de Los Angeles aşınma deneyinden çıkan malzemeye ait görüntü ve Şekil 8'de ise etüvde kurutululan numuneye ait görüntü verilmiştir.



Şekil 5. Çeneli kırıcıdan geçirilen malzeme



Şekil 6. Los Angeles deneyi için kullanılan atık mermer



Şekil 9. Numunelerin granülometri eğrileri

Çizelge 2. Numuneler üzerinde yapılan CBR ve proktor sonuçları

Örnek	CBR Değeri (%)	Maksimum Kuru Yoğunluk (gr/cm ³)	Optimum Su İçeriği (%)
Malatya Bej	122,13	2,47	6,51
Adıyaman Emprador	120,46	2,41	6,86
Erzurum Traverten	118,94	2,39	7,12

Çizelge 3. Numuneler üzerinde yapılan deneyler ve sonuçları

Özellik	Malatya Bej	Adıyaman Emprador	Erzurum Traverten	Temel Malzemesi İçin Şartname Limiti[16]	Alt temel Malzemesi İçin Şartname Limiti[16]
Su Emme (%)	0,15	0,42	1,27	≤3	≤3,5
Los Angeles Aşınma (500)(%)	20,3	28,10	32,84	≤35	≤45
Don Kaybı (MgSO ₄)(%)	14,0	15,7	16,3	≤20	≤25
0,075 Elekten Geçen (%)	3,7	3,9	5,6	≤12	≤12
CBR	122,13	120,46	118,94	≥100	≥30-50
Likit Limit (%)	NP	NP	NP	NP	≤25
Plastisite İndeksi (%)	NP	NP	NP	NP	≤6

4. SONUÇLAR

Türkiye’de atıl durumda bulunan ve kullanılmayıp katı atık alanlarında depolanan mermer atıkları hem çevre açısından bir tehdit hem de önemli ekonomik kayıp oluşturmaktadır. Kullanılmamasından doğan ekonomik kaybın yanı sıra depolanması da ek bir maliyet getirmektedir. Günümüzde hızla artan nüfus, buna bağlı olarak oluşan uygun arazi/arsa eksikliği ve doğada bulunan hammaddelerin hızla tükenmesi atık malzemelerinin geri dönüşüm olanaklarını araştırmaya zorlamaktadır. Bu malzemelerin en uygun şekilde ekonomiye kazandırılması gerekmektedir.

Bu amaçla Malatya (Akçadağ) Bej, Adıyaman Emprador ve Erzurum Traverten olarak satışı yapılan mermerlerin oluşturduğu atıkların yol temel ve alt temel tabakalarında kullanılmasının uygun olup olmadığı belirlenmeye çalışılmıştır. Yapılan analiz ve deneylerin sonuçları Karayolları Teknik Şartnamesinde [16] belirtilen standart değerler ile karşılaştırılmış ve uygun olduğu görülmüştür. Söz konusu malzemeler kireçtaşı ve dolomitik kireçtaşı bileşiminde olduklarından yol temel ve alt temel inşaatında kullanımlarının uygun olduğu belirlenmiştir.

KATKI BELİRTME

Yazarlar; deneysel çalışmalarda kullanılmak amacıyla numune sağlayan Alacakaya Mermer A.Ş., Tercih Mermer A.Ş ve Bilçay Mermer A.Ş.’ye teşekkürlerini sunarlar.

KAYNAKÇA

- [1] T. Onargan, Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi Mermer Sektörünün Türkiye Mermer Sektöründeki Konumu, Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi Doğal Taş Kataloğu, s:10-11 (2007)
- [2] H. Ceylan, Mermer Fabrikalarındaki Toz Mermer Atıklarının Ekonomik Olarak Değerlendirilmesi. S.D.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 43s. Isparta (2000)
- [3] A. Şentürk, L. Gündüz, Y.İ. Tosun, A. Sarıışık, Mermer Teknolojisi. S.D.Ü. Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü, 242s. Isparta. (1996)
- [4] C.O. Okagbue, ve T.U.S. Onyeaobi, Potential of Marble Dust to Stabilite Red Tropical Soils for Road Construction. Engineering Geology, 53, 371-380.(1999)
- [5] R. L. De Renzede, ve J. C. De Carvalho, The Use of Quarry Waste in Pavement Construction, Resources Conservation & Recycling, Elsevier Science (2003)
- [6] M., Galaktakis, S. Raka, Utilization of Limestone Dust for Artificial Stone Production: an Experimental Approach, Minerals Engineering, Elsevier Science (2004)
- [7] A.K. Sabat, S.N. Behera, and S.K., Dash, Effect of Fly Ash-Marble Powder on the Engineering Properties of an Expansive Soil, Indian Geotechnical Conference (IGC), Proceedings, Ahmadabad, 269-272 (2005)
- [8] H. Akbulut, C. Gürer, Mermer Atıklarının Çevresel Etkileri Ve Yol Katmanlarında Tekrar Kullanım İmkanları, Türkiye IV. Mermer Sempozyumu Bildirimleri Kitabı, Afyon Karahisar (2003)
- [9] O. Başer, E. Çoçça, Şişen zeminlerin atık mermer tozu kullanılarak iyileştirilmesi, Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği 13. Ulusal Kongresi, İstanbul, s:143-152 (2010)
- [10] ASTM C136, Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates, ASTM Standards, Vol 04.02. (2001)
- [11] ASTM C131, 1996, Standard Test Method for Resistance to Abrasion of Small Size Coarse Aggregate by Use of Los Angeles Machine, Annual Book of ASTM Standards, Vol 04.02. (1996)
- [12] TS EN1367-2, Agregaların Termal Bozunma Özellikleri İçin Deneyler, Bölüm 2; Magnezyum Sülfat Deneyi, TSE, Ankara (1999)
- [13] ASTM C127, Standard Test Method for Specific Gravity and Adsorption of Coarse Aggregates, ASTM Standards, Vol 04.02. (2000)
- [14] ASTM D4254, Standard Test Method for Minimum Index Density and Unit Weight of Soil sand Calculation of Relative Density, ASTM Standards, Vol 04.08. (2006)
- [15] ASTM D698, Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Standard Effort, ASTM Standards, Vol 04.08 (2007)
- [16] Karayolu Teknik Şartnamesi, Yol Altyapısı, Sanat Yapıları, Köprü ve Tüneller, Üstyapı ve Çeşitli İşler, Ankara (2013)

