

Sıcak Çermik Bölgesi (Sivas) Traverten Atıklarının Yol Temel ve Alt Temel Tabakalarında Kullanılabilirliğinin Araştırılması

Fatih ERGEZER*¹

¹Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 32260, Isparta

(Alınış / Received: 29.01.2018, Kabul / Accepted: 09.05.2018, Online Yayınlanma / Published Online: 11.06.2018)

Anahtar Kelimeler

Traverten atıkları,
Yol üstyapısı,
Agrega

Özet: Bu çalışmada Sivas ili Sıcak Çermik Bölgesi traverten atıklarının karayollarının temel ve alt temel tabakalarında kullanılabilirliği araştırılmıştır. Atık depolama sahalarından alınan atık haldeki travertenlerin laboratuvar ortamında deneylerinin yapılabilmesi için Karayolları Teknik Şartnamesi'nde (KTS) belirtilen uygun granülometrik boyutlara getirilmeleri gerekmektedir. Bu bağlamda atık malzeme laboratuvar ortamında mini konkasör kullanılarak istenilen granülometrik boyutlara getirilmiştir. Malzemenin fiziksel özelliklerinin tayini için Elek Analizi Deneyi, Hava Tesirlerine Karşı Dayanım Deneyi, Los Angeles Deneyi, Yassılık İndeksi Deneyi, Kaba ve İnce Agregada Su Emme Deneyi, Likit Limit ve Plastik Limit Deneyi, Organik Madde Tespit Deneyi, Metilen Mavisini Deneyi ve Modifiye Proctor Deneyi uygulanmıştır. Deney sonuçlarının KTS'de belirtilen sınır değerleri sağladığı belirlenmiştir.

Investigation of the Use of Sıcak Çermik Region (Sivas) Travertine Wastes On Road Base and Sub-Base Layers

Keywords

Travertine wastes,
Highway pavement,
Aggregate

Abstract: In this study, investigation of the use of Sivas Province Sıcak Çermik Region travertine wastes on road base and sub-base layers. In order to conduct laboratory experiments of waste travertine taken from waste storage areas, it must be brought to the appropriate granulometric dimensions specified in the highway technical specifications (KTS). In this context, waste material is brought to the desired granulometric dimensions by using a mini crusher in laboratory environment. In order to determination of physical properties of material Sieve Analysis Test, Soundness Test, Los Angeles Test, Flakiness Index Test, Water Absorption Test for Coarse and Fine Aggregate, Liquid Limit and Plastic Limit Test, Organic Matter Detection Test, Methylene Blue Test and Modified Proctor Test were applied. It has been determined that the test results provide the limit values specified in the KTS.

1. Giriş

Teknolojik gelişim ve dünya nüfusundaki artışa bağlı olarak yeni yapılara olan ihtiyaç gün geçtikçe artmaktadır. Yapılaşma arttıkça yeni hammadde kaynaklarına olan ihtiyaçta artacaktır. Ulaştırma yapılarındaki en önemli hammadde kaynaklarından birisi agregalardır. Agregalar bağlayıcı kullanılmayan alt temel ve temel tabakalarının tamamında, bitümlü sıcak karışımların ağırlıkça %90-95'i, hacimce ise %80-85'lik bir kesiminde kullanılırlar [1,2]. Karayolu üstyapısında kullanılacak agregalar taşıyıcı sistem karakterinin önemli bir elemanı durumundadırlar. Çünkü üstyapının tabakaları arasındaki yük aktarımında önemli yerleri bulunmaktadır.

Karayolunda kullanılacak olan agregaların özelliklerinin bilinmesi hangi agreganın hangi tabakalarda kullanılabileceğinin belirlenmesi bakımından önemlidir.

Bu derece önemli olan agregalar yapılaşmada atık malzemeler kullanılarak da değerlendirilirler. Atık malzemelerin fiziksel ve mekanik özellikleri incelenerek kullanım yerine bağlı olarak gerekli koşulları sağlayıp sağlamadığı kontrol edilmektedir. Atık malzemelerin değerlendirilmesiyle hem hammadde ihtiyacı sağlanacak hem de atık malzemelerin çevreye verdiği zararda bir nebze olsun önlenmiş olacaktır. Atık malzemelerin değerlendirilmesiyle ilgili birçok çalışma yapılmıştır.

*İlgili yazar: fatiergezer@sdu.edu.tr

Çalışmalardan bazıları atık mermerlerin değerlendirilmesi üzerine [3-9], bazıları traverten atıklarının değerlendirilmesi üzerine [10, 11] yapılan çalışmalardır. Güven [10], yaptığı çalışmada Denizli çevresindeki traverten atıklarının betonda katkı malzemesi olarak kullanılabilirliğini araştırmıştır. Traverten çamuru çimento içerisine %5, %10, %15, %20, %25, %30 oranlarında ilave edilmesiyle elde edilen numunelerin değişik yaş gruplarında deneyleri yapılmıştır. Salt çimento ile üretilen örnekler şahit olarak değerlendirilmiş ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Sonraki aşamada traverten çamuru beton içerisine mineral katkı maddesi olarak %3, %6, %9 gibi oranlarda ilave edilmiştir. Sonuçlar salt numuneler ile kıyaslanmıştır. Sonuç olarak traverten atıklarının betonda katkı maddesi olarak kullanılabilirliği görülmüştür. Çobanoğlu, vd. [11], yaptıkları çalışmada Denizli bölgesi traverten atıklarının beton agregası olarak kullanılabilirliğini araştırmışlardır. Çalışma kapsamında ocak üretiminden çıkan parça şeklindeki traverten atıklarının fiziksel ve mekanik özellikleri tespit edilmiş ve deneme beton karışımları hazırlanmıştır. C30 sınıfında dayanım hedeflenmiştir. Hazırlanan bu beton karışımlarının 7, 28 ve 56 günlük dayanımları belirlenmiştir. Sonuçların kıyaslamasını yapmak için bir beton firmasının üretmiş olduğu kırmataş agregası kullanılarak bu agregaya içinde aynı deney prosedürleri uygulanmıştır. Dayanım testleri kırmataş agregalı beton için 39.34-46.04 Mpa değerini verirken, Traverten agregalı beton için 32.80-42.70 Mpa değerini vermiştir. Sonuç olarak traverten agregalı betonun hedeflenen C30 sınıfı betonun sağlaması gereken dayanım değerini sağladığı görülmüştür.

Literatür çalışmaları irdelendiğinde traverten atıklarının beton agregası olarak kullanıldığı görülmektedir. Karayolu tabakalarında agregası olarak kullanımına ait çalışmalar araştırmalarda bulunamamıştır. Bu sebeple traverten atıklarının karayolu tabakalarında da kullanılabilirliğinin araştırılması önem kazanmaktadır.

Çalışma kapsamında değerlendirilecek olan atık malzeme Sıcak Çermik Bölgesi (Sivas) temin edilen traverten malzemesidir. Bölge traverten yatakları Türkiye'nin en önde gelen traverten yataklarındandır. Her yıl tonlarca traverten atığı atık depolama alanlarında depolanmaktadır. Karayolu tabakalarında kullanılacak agregaların yerel agregalardan temin edilebiliyor olması hem nakliye masrafları açısından daha ekonomik olacaktır hem de yerel bir malzeme endüstriyel anlamda değerlendirilmiş olacaktır. Bu sebeple bu bölgedeki traverten atıkları çalışma kapsamında KTS'de alt temel ve temel tabakaları için belirtilen deneylere tabi tutularak sınır değerlerini sağlayıp sağlamadığı kontrol edilecektir.

2. Materyal ve Metot

2.1. Traverten

Traverten; kalsiyum karbonat (CaCO_3) veya kalsiyum bikarbonat ($\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$) içerikli sızıntı suları veya kaynak sularının yeraltında ki kırık ve çatlaklarda, mağaralarda, fay hatlarında ve yeryüzünde, dış basıncın azalmasına bağlı olarak CO_2 basıncının düşmesi sonucu bu kaynak sularının hızlı bir çökelim göstermesiyle oluşan kimyasal sedimanter kayaçlardır [12, 13].

Travertenler ülkemizde yaygın olarak gözlenmektedir. Denizli- Pamukkale, Antalya, Adana, Mersin, Van-Başkale, Sivas (Sıcak Çermik, Uyuz, Sarıkaya, Soğuk Çermik), Konya, Kayseri, Eskişehir, Erzurum-Hölenk, Bolu-Akkale travertenin gözleendiği yerlerden bazılarıdır [12, 14]. Şekil 1'de Türkiye haritası üzerinde travertenlerin gözleendiği alanlar verilmiştir.



Şekil 1. Türkiye haritası üzerinde travertenlerin gözleendiği alanlar [10]

Sivas bölgesinde bulunan traverten yatakları Türkiye'nin önde gelen traverten yataklarındandır. Bölgede traverten işleyen birçok işletme tesisi bulunmaktadır. Bu tesisler traverten blok halinde çıkartarak çeşitli endüstriyel alanlarda kullanılmak üzere gerekli kesim işlemlerinden geçirmektedir. Kesim işlemleri sırasında blokların parçalanması, dağılması gibi sonuçlar sebebiyle kullanılmayan atık yığınları oluşmaktadır. Bu atıklar bir atık alanında depolanmaktadır. Şekil 2'de traverten sahasının genel görünümü verilmiştir.



Şekil 2. Traverten sahasının genel görünümü

2.2. Uygulanan deneyler

2.2.1. Elek analizi

Elek analizi standartlarda verilmiş olan eleklerin kullanılması suretiyle doğal ve/veya yapay halde bulunan agregaların tane boyu dağılımını belirlemek için yapılan bir deneydir [15]. Çalışmada kullanılacak

olan malzemenin KTŞ'de belirtilen gradasyon limitlerine getirilmesi için traverten atıkları laboratuvar ortamında mini konkasör kullanılarak 0-38 mm gradasyon aralığına getirilmiştir. 0-38 mm gradasyon aralığına getirilen atık malzemeler elek analizi yapılmak suretiyle tane boyuna göre ayrılmıştır. Elek analizi işlemi verilen eşitlik yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\% \text{ Kalan} = \frac{A}{B} \times 100 \quad (1)$$

A: Elek üzerinde kalan malzeme miktarı
B: Toplam numune ağırlığıdır

2.2.2. Hava tesirlerine karşı dayanıklılık deneyi

Bu deney agregaların iklim etkilerine karşı dayanıklılığını belirlemek için yapılan deneydir. Kullanılacak agreganın gerçek iklim şartlarında maruz kaldığı etkiler hakkında elde yeterli bilginin olmadığı durumlarda laboratuvar ortamında yapılan hızlandırılmış bir deneydir. Özellikle ülkemiz gibi soğuk iklim bölgelerinin fazla olduğu ortamlarda önemli bir deneydir. Hava tesirlerine karşı dayanıklılık deneyi sodyum sülfat (Na_2SO_4) veya magnezyum sülfat (MgSO_4) kimyasalları kullanılarak yapılmaktadır. Deney, TS EN 1367-2 [16], standardı dikkate alınarak magnezyum sülfat (MgSO_4) kimyasalı kullanılarak yapılmıştır. Agregaların hava tesirleri karşısında dayanımlarını belirlemek üzere yapılan deneyde agregaların % kayıpları verilen eşitlik yardımıyla hesaplanmaktadır [17].

$$D = \frac{A-B}{A} \times 100 (\%) \quad (2)$$

D: Hava tesirlerine karşı dayanım kaybı oranı (%)
A: Numunenin ilk baştaki ağırlığı, g
B: Deney sonunda elek üstünde kalan numunenin kurutulmuş ağırlığı, g

2.2.3. Los Angeles aşınma deneyi

Kaba agregaların aşınmaya karşı dirençlerini belirlemek için yapılan bir deneydir. Agregaların aşınma dirençlerinin bilinmesi kullanım yerinin seçiminde yol gösterici bir etken olarak karşımıza çıkmaktadır. Tez çalışması karayollarının alt temel ve temel tabakalarını kapsadığından agregaların aşınma deney sonuçları şartname limitlerine göre alt temel için %45'den, temel tabakası için ise %35'den küçük çıkması gerekmektedir. Deney; ASTM C 131, TS EN 1097-2, standartları dikkate alınarak yapılmaktadır. Çalışma kapsamında TS EN 1097-2 [18], standardı dikkate alınarak deneyler yapılmıştır. Hesaplama işlemi verilen eşitlik yardımıyla yapılmaktadır [19].

$$\text{Aşınma Yüzdesi} = \frac{A-B}{A} \times 100 \quad (3)$$

A: Numunenin ilk ağırlığı (kuru)
B: Numunenin son ağırlığı (kuru)

2.2.4. Yassılık indeksi deneyi

Agrega parçacıklarının kalınlığının (en küçük boyutu), en büyük nominal boyutunun 0,6'sından daha küçük olması durumunda agregalar yassı olarak kabul edilmekte ve yassı olarak sınıflandırılmaktadırlar. Agregaların yassılık indeksi, belirli boyutlarda göz açıklıkları olan yassılık indeksi şablonu kullanılarak ayrılan yassı tanelerin ağırlığının, toplam numune ağırlığına oranının yüzdesi olarak ifade edilmektedir [20]. Yassılık indeksi deneyi TS EN 933-3 [21], standardı dikkate alınarak yapılmaktadır.

Yassılık indeksi deneyi, 63 mm elek üzerinde kalan ve 6,3 mm eleği geçen agrega numunelerine uygulanmaktadır [22]. Yassılık indeksi deneyindeki yassı tanelerin yüzdesi verilen eşitlik yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\text{Yassılık İndeksi} = \frac{A}{B} \times 100 \quad (4)$$

A: Deneydeki yassı malzemelerin miktarı, kg
B: Deneye alınan malzeme miktarı, kg

2.2.5. Kaba ve ince agregada su emme deneyi

Deney, agregaların su emme (absorbsiyon) değerlerini belirlemek için yapılmaktadır. Deney, 4. 75 mm (No.4) elek üzerinde kalan iri agregalar ve 4.75 mm (No.4) elek altına geçen ince agregalar için ayrı ayrı yapılmaktadır. Deneyin amacı, agrega parçacıklarının boşluk yüzdelerini belirleyerek agregaların hacim-ağırlık ilişkilerini saptamaktır [23]. Deney TS EN 1097-6 [23] standardı dikkate alınarak yapılmaktadır.

2.2.6. Likit limit ve plastik limit deneyi

Malzemelerin değişik su muhtevalarında sahip oldukları kıvam limitlerinin değerini belirlemek likit limit ve plastik limit deneyleri yapılarak plastisite indeksi değerleri bulunmaktadır.

Likit limit; zeminin viskoz bir akışkandan plastik kıvama dönüştüğü andaki su muhtevası [24]. Plastik limit; zeminin plastik halden yarı plastik duruma geldiği andaki su muhtevası [24]. Plastisite İndeksi; likit limit ile plastik limit değerleri arasındaki fark olarak tanımlanmaktadır [25].

KTŞ'de belirtildiği üzere alt temel yapımında kullanılacak olan malzemenin sahip olması gereken likit limit değerinin ≤ 25 ve plastisite indeksi değerinin ≤ 6 olması gerekirken, temel yapımında kullanılacak olan malzemenin ise non-plastik olması

istenmektedir [26]. Deney TS 1900-1 [25], standardı dikkate alınarak yapılmaktadır.

2.2.7. Organik madde tespit deneyi

Bu deney yöntemiyle, agregalar içerisinde bulunan çürümüş bitkiler, humuslu topraklar gibi organik maddeler sodyum hidroksit çözeltisi kullanılarak tespit edilmektedir. Deneyde, organik maddelerin NaOH çözeltisi ile reaksiyona girmesiyle oluşan renk değişimleri dikkate alınır. Bu renk değişimlerine sebep ise organik madde miktarıdır. Organik maddeler ne kadar fazla ise renk değişimleri de fazla olmaktadır. Bu sebeple organik maddelerin agrega içerisinde bulunma miktarının tespiti oldukça önemlidir. Zira bu maddeler yol yapılarında çatlaklara kadar varan ciddi sorunlara yol açabilmektedir.

Organik madde tespiti deneyi için KTŞ'de belirtilen TS EN 1744-1 [27], standardına uygun olarak deney yapılmaktadır. Sonucun negatif çıkması istenmektedir.

2.2.8. Metilen mavisi deneyi

Metilen mavisi boyası, kil minerallerinin negatif yüklü yüzeyleri üzerinde tutunan geniş polar organik bir moleküldür ve suda yüksek bir çözünürlüğe sahiptir [28]. Deney, TS EN 933-9 ve ASTM C 837 standartları dikkate alınarak 2,00 mm elek altına geçen ince taneli malzemelere uygulanmakta ve agregaların kirlilik oranını tespit etmek amacıyla yapılmaktadır. Çalışma kapsamında, TS EN 933-9 [29], standardı dikkate alınarak deneyler yapılmıştır. Deney, su ve hazırlanan ince taneli malzemelerin bir süspansiyon halinde karıştırılması ve bu süspansiyona 5 ml'lik çözelti halinde metilen mavisi boyasının ilave edilmesi ve bu ilaveden sonra süzgeç kağıdı kullanılarak üzerine bu ilavenin damlatılmasıyla meydana gelecek olan halelerin gözlemlenmesi esasına dayanmaktadır [30].

2.2.9. Modifiye proctor deneyi

Deney, malzemelerin sıkıştırılması sonucu maksimum kuru birim hacim ağırlık ve bu maksimum kuru birim hacim ağırlıktaki optimum su içeriğini belirlemek amacıyla TS 1900-1 [25] standardına uygun olarak yapılan bir deneydir. Deney için 458 mm serbest düşme yapan 4,5 kg'lık bir tokmak kullanılır [25]. Hazırlanan malzemeler beş tabaka halinde ve her tabakaya 56 vuruş yapılmak suretiyle sıkıştırılır.

$$\rho_n = \frac{M_2 - M_1}{V} \times 9,81 \quad (5)$$

ρ_n : sıkıştırılmış zeminin yaş birim hacim ağırlığı
 M_2 : Kalıp+zemin kütlesi (g)
 M_1 : Kalıp Kütlesi (g)
 V : Kalıbın iç hacmi (cm³)

$$\rho_k = \frac{100 \rho_n}{100 + w} \quad (6)$$

ρ_k : Malzemenin kuru birim hacim ağırlığı
 w : Su muhtevası (%)

Deneyde kuru birim hacim ağırlık ve su muhtevası değerleri grafik kağıdı kullanılarak işaretlenir. Bu değerlerden geçen en uygun eğri çizilir. Bu eğri üzerindeki en tepe nokta malzemenin maksimum kuru birim hacim ağırlığına karşılık gelen optimum su içeriği değerini vermektedir [25].

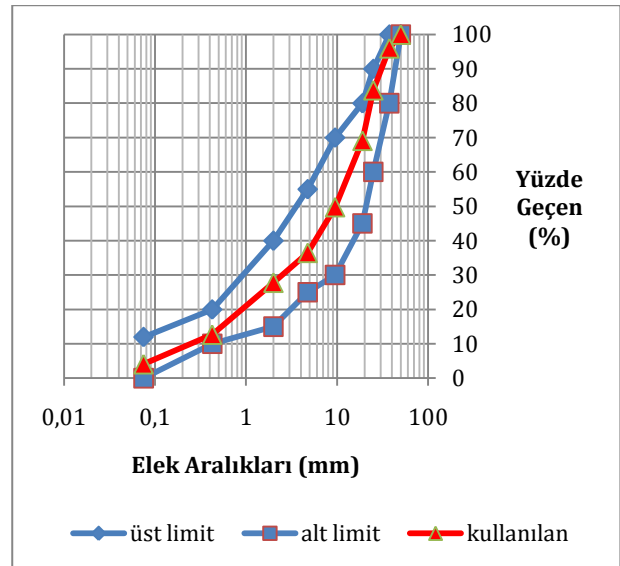
3. Bulgular

3.1. Elek analizi sonuçları

Laboratuvar ortamında alt temel tabakası için 0-38 mm, granüler temel tabakası için 0-25 mm gradasyon sınırlarına göre hazırlanan numunelere ait elde edilen granülometri değerleri alt temel tabakası için tablo 1'de ve granülometri eğrisi tablo 2'de, granüler temel tabakası için granülometri değerleri tablo 3'de ve granülometri eğrisi tablo 4'de verilmiştir.

Tablo 1. Alt temel tabakası elek analizi granülometri değerleri

Elek Açıklığı (mm)	% Geçen		
	Üst Limit	Alt Limit	Tasarım
50	100	100	100
37,5	100	80	96
25	90	60	83,8
19	80	45	69,1
9,5	70	30	49,8
4,75	55	25	36,5
2	40	15	27,8
0,425	20	10	12,7
0,075	12	0	4,1

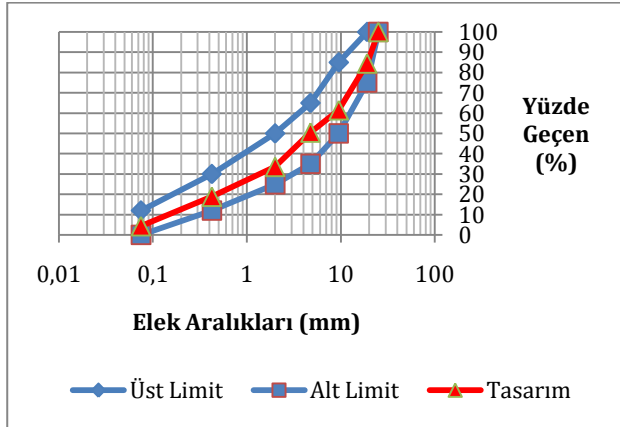


Şekil 3. Alt temel tabakası elek analizi granülometri eğrisi

Alt temel tabakası için KTS'de belirtilen şekilde, Tip-B granülometre değerleri kullanılmıştır.

Tablo 2. Granüler temel tabakası elek analizi granülometri değerleri

Elek Açıklığı (mm)	% Geçen		
	Üst Limit	Alt Limit	Tasarım
25	100	100	100
19	100	75	84,5
9,5	85	50	61,5
4,75	65	35	50,5
2	50	25	33,6
0,425	30	12	18,9
0,075	12	0	4,4



Şekil 4. Granüler temel tabakası elek analizi granülometri eğrisi

Granüler temel tabakası için KTS'de belirtilen şekilde Tip-C granülometre değerleri kullanılmıştır. Tip-C granülometre değerleri KTS 'de [26], belirtilen şekilde sathi kaplamalı yapılacak il yollarında kullanımı uygun olmaktadır. Asfalt betonu ile kaplanacak yollarda ve sathi kaplamalı devlet yolları için uygun olmamaktadır.

3.2. Hava tesirlerine dayanıklılık deney sonuçları

TS EN 1367-2 standardına göre magnezyum sülfat (MgSO₄) kullanılarak yapılan hava tesirlerine karşı dayanıklılık deneyi sonuçları tablo 3'de gösterilmiştir.

Tablo 3. Hava tesirlerine karşı dayanıklılık deney sonuçları

Hava Tesirlerine Karşı Dayanıklılık Değeri (%)	Şartname Limitleri
13,63	≤ 25 (Alt temel) ≤ 20 (Temel)

Deney sonuçları incelendiğinde bulunan 13,63 değerinin Karayolları Teknik Şartnamesinde belirtilen limit değerleri sağladığı görülmektedir.

3.3. Los Angeles aşınma deney sonuçları

Kaba agregalara uygulanarak bu malzemelerin aşınma dirençlerini belirlemede kullanılan TS EN 1097-2 standardı dikkate alınarak yapılmış olan Los Angeles deneyine ait sonuçlar tablo 4'de verilmiştir.

Tablo 4. Los Angeles deney sonuçları

Los Angeles Değeri (%)	Şartname Limitleri (%)
35	≤ 45 (Alt Temel) ≤ 35 (Temel)

Deney sonuçları KTS'de belirtilen limit değerler ile kıyaslandığında sonuçların alt temel ve temel tabakaları için istenilen koşulları sağladığı belirlenmiştir.

3.4. Yassılık indeksi deney sonuçları

Yassı taneler, kübik açısız taneler kadar mukavemet sağlayamadıkları için karayolu tabakalarında sorun teşkil etmektedirler. Bu sebeple karışımda yassı tanelerin oranı önem arz etmektedir. TS EN 933-3 standardı dikkate alınarak yapılan yassılık indeksi deney sonuçları tablo 5'de verilmiştir.

Tablo 5. Yassılık indeksi deney sonuçları

Yassılık İndeksi Değeri (%)	Şartname Limitleri (%)
24,3	≤ 30 (Alt Temel) ≤ 25 (Temel)

Deney sonuçları incelendiğinde yassılık indeksi değeri %24,3 olarak bulunmuştur. Sonuç sınır değerlerine yakın olsa da alt temel ve temel tabakaları için gerekli olan limit değerlerini sağladığı görülmektedir.

3.5. Kaba ve ince agregada su emme deney sonuçları

3.5.1. İnce agregada su emme deney sonuçları

İnce agregalar (No.4 elek altına geçen malzemeler) için su emme deney sonuçları tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6. İnce agregalar için su emme deney sonuçları

Su Emme Değeri (%)	Şartname Limitleri
2,63	≤ 3,5 (Alt temel) ≤ 3,0 (Temel)

Yapılan deney sonucunda bulunan 2,63 değerinin KTŞ limit değerlerini karşıladığı görülmektedir.

3.5.2. Kaba agregalar için su emme deney sonuçları

Kaba agregalar için su emme deney sonuçları tablo 7'de verilmiştir.

Tablo 7. Kaba agregalar için su emme deney sonuçları

Su Emme Değeri (%)	Şartname Limitleri
1,81	≤ 3,5 (Alt temel)
	≤ 3,0 (Temel)

Deney sonuçları incelendiğinde iri agrega su emme değerlerinin şartname limitlerini karşıladığı görülmektedir. Malzeme porozlu bir yapıda olduğundan dolayı Su emme değeri şartname limitlerini sağlamış olsa bile porozluluğu az olan kırmataş agregalara göre nispeten yüksek çıkmıştır.

3.6. Likit limit ve plastik limit deney sonuçları

Traverten atıkları üzerinde yapılan plastik limit deneyinde malzemenin plastik özellik göstermediği belirlenmiştir. Bu sebeple malzemeye likit limit deneyi yapılmamıştır. KTŞ göre alt temel tabakasında kullanılacak malzemelerde likit limit değerinin ≤ 25 olması, plastisite indeksinin ≤ 6 olması, temel tabakasında kullanılacak olan malzemenin ise Non-Plastik olması istenmektedir [26]. Deney için kullanılan traverten atıklarının Non-Plastik özellik göstermelerinden dolayı şartname limitlerini sağladıkları görülmektedir.

3.7. Organik madde tespit deney sonuçları

TS EN 1744-1 standardı dikkate alınarak yapılan organik madde tespit deney sonuçları tablo 8'de verilmiştir.

Tablo 8. Organik madde tespiti deney sonuçları

Deney Sonucu	Şartname Limitleri	Tabaka
Negatif	Negatif	Alt Temel
		Temel

Yapılan deney sonucunda malzemede herhangi bir organik maddeye rastlanmamıştır. Bu sebeple malzemenin şartname limitlerini sağladığı görülmektedir.

3.8. Metilen mavisi deney sonuçları

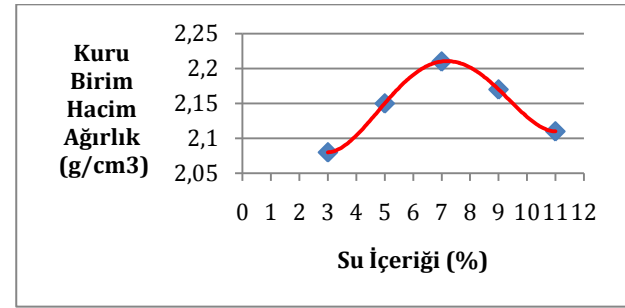
TS EN 933-9 standardı dikkate alınarak yapılan metilen mavisi deney sonuçları tablo 9'da verilmiştir.

Tablo 9. Metilen mavisi deney sonuçları

Metilen Mavisi Değeri (%)	Şartname Limitleri	Tabaka
0,5	≤ 4	Alt temel
	≤ 3	Temel

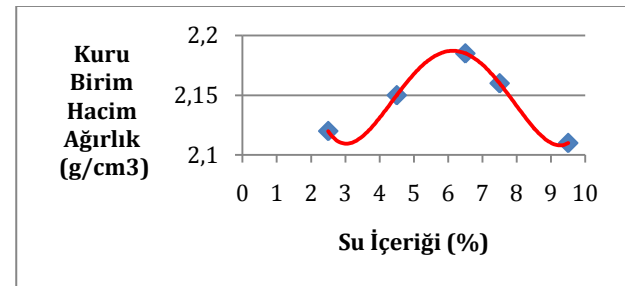
3.9. Modifiye proctor deney sonuçları

Deney, alt temel tabakası ve granüler temel tabakası için ayrı ayrı yapılmıştır. Alt temel tabakası ve granüler temel tabakaları için elek analizi dağılımına göre numuneler hazırlanmıştır. Her tabaka için farklı su içeriklerinde hazırlanan numuneler sıkıştırıldıktan sonra kuru birim hacim ağırlıkları ve su içerikleri belirlenmiştir. Bu değerlere göre optimum su içeriği ve maksimum kuru birim hacim ağırlıkları alt temel ve granüler temel tabakaları için ayrı ayrı bulunmuştur. Şekil 5'de alt temel tabakası, şekil 6'da temel tabakası için modifiye proctor deney sonuçları verilmiştir.



Şekil 5. Alt temel tabakası modifiye proctor deney grafiği

Alt temel tabakası için Modifiye Proctor Deneyine göre maksimum kuru birim hacim ağırlık 2,21 g/cm³, optimum su içeriği ise %7 olarak bulunmuştur.



Şekil 6. Granüler temel tabakası modifiye proctor deney grafiği

Granüler temel tabakası için yapılan Modifiye Proctor Deneyinde maksimum kuru birim hacim ağırlık 2,188 g/cm³, optimum su içeriği ise %6,1 olarak belirlenmiştir.

4. Tartışma ve Sonuç

Sıcak Çermik Bölgesi (Sivas) traverten ocağı ve işletme tesisinden elde edilen atık haldeki travertenlere KTŞ'nde belirtilen alt temel ve temel tabakalarında kullanılacak olan malzemelerin

sağlaması gereken fiziksel özelliklerin tayini için gerekli olan deneyler uygulanmıştır. Numuneler üzerinde yapılan deney sonuçları KTŞ limitleri ile kıyaslanmış ve kullanılan malzemenin alt temel ve temel tabakalarında kullanılabilirliği görülmüştür. İşletme depolama sahalarında depo edilen malzeme kırıcılar vasıtasıyla kullanım yerine göre istenilen granülometrik boyutlara getirilip değerlendirilebilecek ve yerel bir malzeme ülke ekonomisine kazandırılmış olacaktır.

Teşekkür

Çalışmamı tamamlamak için laboratuvar hizmetleri konusunda destek sağlayan Doğu İnşaat laboratuvar ekibine ve Gaziosmanpaşa Üniversitesi'nde Dr. Öğr. Üyesi Ferit YAKAR hocama teşekkürlerimi sunarım.

Kaynaklar

- [1] Öztürk, Ö., Çelikkol, M. ve Erkan, M., 2007. Türkiye agrega sektör raporu hazır beton, Kasım-Aralık.
- [2] Tunç, A., 2007. Yol malzemeleri ve uygulamaları. Nobel Yayınevi, 840 s, Ankara.
- [3] Okubay, M. ve Yardım, M., 2016. Mermer Atıklarının Bitümlü Sıcak Karışımların Stabilitate Özelliklerine Etkisi. Engineering Science, 11(3), 73-82.
- [4] Ural, N. ve Yakşe, G., 2015. Atık Mermer Parçalarının Yol Temel Malzemesi Olarak Değerlendirilmesi. Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 2 (2), 53-62.
- [5] Yıldız, A. H., 2008. Mermer Toz Atıklarının Yol İnşaatında Değerlendirilmesi. Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, 172s, Isparta.
- [6] Gürer, C., 2005. Atık Mermer Parçalarının Bitümlü Yol Kaplamalarında Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 91s, Afyon.
- [7] Ceylan, H. ve Mança, S., 2013. Mermer Parça Atıklarının Beton Agregası Olarak Değerlendirilmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Teknk Bilimler Dergisi, 3(2), 21-25.
- [8] Terzi, S. ve Karaşahin, M., 2003. Use of Marble Dust in the Hot Mix Asphalt As a Filler Material. Journal of Technology Chamber Civil Engineering, 14, 2903-3022.
- [9] Kavas, T. ve Kibıcı Y., 2001. Afyon Bölgesi Mermer Atıklarının Portland Kompoze Çimento Üretiminde Katkı Maddesi Olarak Kullanım Olanakları. Türkiye 3. Mermer Sempozyumu Bildiriler Kitabı. Afyon.
- [10] Güven, H., 2015. Denizli ve Çevresindeki Traverten Atıklarının Betonda Katkı Malzemesi Olarak Kullanılması. Yüksek lisans tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 49s, Denizli.
- [11] Çobanoğlu, İ., Çelik, S., Çam, O., Etiz, H. ve Kurşun, M., 2014. Denizli Bölgesi Traverten Artıklarının Beton Agregası Olarak Kullanılabilirliğinin İncelenmesi. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 20(3), 92-99.
- [12] Ayaz, M. E., 2002. Travertenlerin Değerlendirilmesinde Yapılması Gerekli İncelemeler Ve Kullanım Yeri Seçimi. Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, 19(1), 11-20.
- [13] Kadioğlu, Ö., Özav, L., 2008. Denizli İlinde Önemli Bir Ekonomik Fonksiyon Özelliği Kazanan Endüstriyel Doğal Taşlar: Mermer ve Traverten. Marmara Coğrafya Dergisi, Sayı: 18, 207-225.
- [14] Polat, S., 2011. Türkiye'de Traverten Oluşumu, Yayılış Alanı ve Korunması. Marmara Coğrafya Dergisi, Sayı: 23, 389-428.
- [15] TS EN 933-1, 1999. Agregaların Geometrik Özellikleri İçin Deneyler Bölüm 1: Tane Büyüklüğü Dağılımı Tayini- Eleme Metodu. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- [16] TS EN 1367-2, 2010. Agregaların Termal Bozunma Özellikleri İçin Deneyler Bölüm 2: Magnezyum Sülfat Deneyi. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- [17] Özen, H., 2005. Ulaştırma Laboratuvar Deneyleri. Yıldız Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi, 65 s, İstanbul.
- [18] TS EN 1097-2, Agregaların Mekanik ve Fiziksel Özellikleri İçin Deneyler Bölüm 2: Agregaların Parçalanma Direncinin Tayini İçin Metotlar. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- [19] Ilıcalı, M., Tayfur, S., Özen, H., Sönmez, İ. ve Eren K., 2001. Asfalt ve Uygulamaları, İstanbul Asfalt Fabrikaları Sanayi ve Ticaret A.Ş., İstanbul.
- [20] Orhan, F., 2012. Bitümlü Karışımlar Laboratuvarı Çalışmaları. Karayolları Genel Müdürlüğü Araştırma Geliştirme Dairesi Başkanlığı Üstyapı Geliştirme Şubesi Müdürlüğü, Ankara.
- [21] TS EN 933-3, 1999. Agregaların geometrik Özellikleri İçin Deneyler Bölüm 3: Tane Şekli Tayini- Yassılık İndeksi. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- [22] BS 812-105.1, 1989. Testing Aggregates. Method For Determination of Particle Shape-Flakiness Index. Bristish Standart, England.
- [23] TS EN 1097-6, 2002. Agregaların Mekanik ve Fiziksel Özelliklerinin Tayini İçin Deneyler Bölüm 6: Tane Yoğunluğu ve Su Emme Oranının Tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

- [24] Özyayın, 1997. Zemin Mekaniği. Birsen Yayınevi, İstanbul.
- [25] TS EN 1900-1, 2006. İnşaat Mühendisliğinde Zemin Laboratuvar Deneyleri Bölüm 1: Fiziksel Özelliklerin Tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- [26] Karayolları Teknik Şartnamesi, 2013. Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı, Karayolları Genel Müdürlüğü, Ankara.
- [27] TS EN 1744-1, 2010. Agregaların Kimyasal Özellikleri İçin Deneyler Bölüm 1: Kimyasal Analiz. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- [28] Yitik, H. 2006. İnce tanelerdeki kil içeriğinin metilen mavisi deneyi ile belirlenmesi. Yüksek lisans tezi, Osmangazi Üniversitesi, 75s, Eskişehir.
- [29] TS EN 933-9, 2001. Agregaların Geometrik Özellikleri İçin Deneyler Bölüm:9 İnce Tanelerin Tayini-Metilen Mavisi Deneyi. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara
- [30] Özbebek H. ve Açık H., 2012. İnce Agregalarda Yapılan Metilen Mavisi ve Kum Eşdeğerliği Deney Sonuçlarının Beton Özelliklerine ve Maliyetine Etkisi. Hazır Beton, 84-92.