

Göller Yöresinde İşletilen Kireçtaşı Agregalarının Yol İnşaatı Malzemesi Olarak Kullanılabilirliğinin Araştırılması

Usability of Limestone Aggregate Extracted in Göller Region as Highway Materials

Altan YILMAZ^{a*}, Mehmet SALTAN^b, Alev AKILLI^c

^aMehmet Akif Ersoy Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 15030, Burdur

^bSüleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Müh. Böl. 32260, Isparta

^cSüleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enst. İnşaat Müh. Anabilim Dalı, 32260, Isparta

Geliş Tarihi/Received : 22.03.2011, Kabul Tarihi/Accepted : 14.12.2011

ÖZET

Bu çalışmada, Göller yöresinden temin edilen bazı agregaların yol inşaatı malzemesi olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır. Üç ayrı ocaktan, Isparta'nın kuzeyindeki Gümüşgün yakınlarındaki, Burdur'un güneyindeki Çine köyü yakınlarındaki ve Antalya'nın kuzeyindeki Dağbeli civarındaki agrega ocaklarından uygun agrega örnekleri toplanmıştır. Laboratuvarında agrega numuneleri üzerinde elek analizi (granülometrik analiz), gevşek birim ağırlık, özgül ağırlık ve su emme oranı, donma çözülme direnci, aşınma direnci, parçalanma direnci ve kimyasal kompozisyon deneyleri uygulanmıştır. Oluşturulan kapalı gradasyonlu karışımlar üzerinde ise Proktor ve CBR deneyleri uygulanmıştır. Sonuç olarak üç farklı bölgeden temin edilen agregaların yol inşaatında temel ve alttemel malzemesi olarak kullanımı açısından standartların belirttiği fiziksel ve mekanik özelliklere sahip olduğu belirlenmiştir. Bunun yanı sıra, Dağbeli agregasının sert, karasal iklimler yerine donma olayının sık görülmediği ılıman iklim bölgelerinde kullanılmasının daha uygun olacağı, Gümüşgün agregasının ise aşınma direncinin ve mukavemetinin diğer agregalara kıyasla daha üstün olması nedeniyle asfalt kaplamalarda dahi kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Yol üstyapısı, Kireçtaşı agregası, Göller yöresi.*

ABSTRACT

In this research some aggregate samples obtaining from Göller region was examined to investigate the usability of limestone as highway materials. For this reason, three quarries including Gümüşgün quarry at the north part of Isparta, Çine at the south part of Burdur and Dağbeli at the north part of Antalya city are visited and the relevant samples are collected. Sieve test, lose density test, specific gravity and water absorption test, freeze-thaw test, micro-Deval test and aggregate impact value test conducted on the collected samples in the laboratory. Further, Proktor compaction and CBR test applied on the mixtures accrued with dense graded aggregates. As a result of study, it is concluded aggregate samples collected from there different quarries having reliable physical and mechanical properties to be used as highway base and sub-base material. However, aggregate extracted from Dağbeli quarry would be better to use in the mild climate regions instead of cold and severe weather regions. On the other hand, Gümüşgün aggregate that is abrasion resistant and strength properties indicates higher values than others so it may also be used as a hot mix asphalt aggregate.

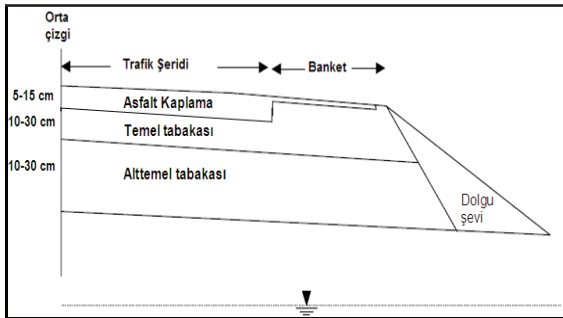
Keywords: *Highway pavements, Limestone aggregate, Göller region.*

* Yazışılan yazar/Corresponding author. E-posta adresi/E-mail address :altan_y@yahoo.com (A. Yılmaz)

1. GİRİŞ

Kaplama tabakasında kullanılan bağlayıcı cinsine göre yol üstyapıları; esnek ve rijit olmak üzere iki ana sınıfa ayrılmaktadır. Bağlayıcı olarak bitümlü malzemelerin kullanıldığı üstyapı çeşidine esnek yol üstyapısı denilmektedir. Üstyapı tabakalarının en uygun şekilde tasarımı; güvenlik, konfor ve ekonomi bakımından büyük önem arz etmektedir.

Esnek üstyapılarda kütleli miktarda kullanılan malzemelerin başında granüler malzemeler gelir. Üstyapıdaki granüler tabakalar kaplama tabakası ile taban zemini arasında yer alırlar ve kaplamadan gelen araç yüklerini bünyesine alarak bu yükleri azaltır ve daha az dirençli olan taban zeminine iletirler. Bu şekilde araçlar tabanda aşırı deformasyonlar oluşturmadan defalarca yoldan geçebilirler. Kısaca granüler tabakalar için üstyapının taşıyıcı iskeleti benzetmesi yapılabilir. Şekil 1’de tipik bir esnek üstyapı kesiti ve bünyesindeki tabakalar görülmektedir.



Şekil 1. Tipik bir esnek üstyapı kesiti ve bünyesindeki tabakalar.

Kaplama tabakası altındaki tabakalar genellikle iki tabakadan ibarettir ve bunlar sıkıştırılmış agregadan oluşurlar. Kaplama altındaki granüler tabakaların ana görevi, üstyapının yük taşıma yeteneğini artırmaktır. Trafik hareketlerinden doğan yüksek kayma gerilmelerine karşı koyabilecek, drenaja yardımcı olabilecek ve don olaylarına karşı da koruma sağlayabilecek özelliklere sahip olmalıdır. Ayrıca, trafik yüklerinin taban üzerine yayılmasını sağlamaktadır (Umar ve Açar, 1991).

Üstyapının her tabakasında kullanılan malzemeler, standartlarda belirtilmiş olan, bazı özelliklere sahiptir. Çoğunlukla bu standart

özellikler malzemenin (gradasyonu, tane yapısı, dayanımı, donma direnci v.b) birçok karakteristik özelliğini kapsar. Malzemeler için aranan bu standartlar üstyapı tabakalarında yukarıya doğru çıktıkça daha sıkılaşır ve daha yüksek kalite arzu edilir. Çünkü üst tabakalar trafikten gelen yüklere doğrudan maruz kaldığı için bu yükleri karşılayabilecek kalitede ve dayanımda olmalıdır.

Ülkemizde doğal agregalarla ilgili olarak yapılan çalışmalar daha çok beton agregaları üzerine yoğunlaşmıştır, ancak yol malzemesi olarak kullanılan agregalarla ilgili yapılmış olan yayınlar da mevcuttur (Kırca, 2001; Akpınar v.d., 2004; Davraz v.d., 2007, Kılıç ve Keskin, 2003; Arslan ve Demir, 2005; Temiz v.d., 2006; Karacan, 2006; Turabi ve Okucu, 2007; Konak v.d., 2009; Akbulut v.d., 2009; Yağız, 2010).

Yapı malzemesi olarak kullanılan, doğal mineraller ve kayalar "Mineral Agregalar" olarak adlandırılırlar. Agregalar her türlü bina inşaatı, yol, köprü, su yapıları, boru hattı gibi altyapı faaliyetlerini kapsayan geniş bir faaliyet alanına sahip olan inşaat sektörünün en önemli ham maddesidir. Dünyada fert başına en fazla tüketilen maddeler su ve agregadır. Dünya genelinde agregalar üretimi % 58’lik pay ile tüm maden üretimi içinde birinci sıradadır (Öztürk v.d., 2007).

Doğal agregaları meydana getiren kayalar, kökenlerine göre; Mağmatik, Metamorfik ve Sedimenter olmak üzere üç temel grupta yer alırlar. Kırmataş olarak kullanılan bu kayaların parçaları, bağlayıcı yardımı ile bağlandıklarında asfalt betonu veya benzeri sağlam kütleler meydana getirirler. Kırmataş olarak kullanılan bu kayaların sınıflaması Tablo 1’de verilmiştir (Esenli, 1996).

Türkiye genelindeki agregalar işletmelerinde başlıca üç tip kayacın üretimi yapılmaktadır. Bunlar sedimenter kökenli karbonat kayalar (kireçtaşı, dolomit ve kalsit), detritik kayalar (kumtaşı v.b.) ve volkanik kökenli kayalardır (bazalt ve andezit).

Bu kayaların üretim dağılımı; % 96 karbonat kökenli kayalar, % 3 volkanik kökenli kayalar, % 1 Detritik kayalar şeklindedir. Görüldüğü gibi kırma-taş üretimi yüksek ağırlıklı olarak karbonat kökenli kayalardan yapılmaktadır (Öztürk v.d., 2007).

Kireçtaşının birçok kullanım alanı olmakla birlikte tüketimin en yoğun olduğu sektörler: Hazır beton sektörü, Yol yapımı ve dolgu işleri, Çimento üretimi ve Kireç üretimidir. Bu alanlardan en fazla tüketim payına % 40-70 oranıyla hazır beton yapımıyla birlikte yol yapımı ve dolgu işleridir. Bu amaçla kullanılacak olan kireçtaşı; temiz, kuru, kübik formda, yüksek aşınma mukavemetine ve sertliğe sahip olmalıdır.

Bu alanda kullanılan yıllık mıcır miktarı, dünyada yaklaşık 1.5 milyar ton/yıl; Türkiye’de ise yaklaşık 280 milyon ton/yıl civarındadır. Bu değer, Türkiye’deki toplam kireçtaşı üretiminin yaklaşık % 75’ine karşılık gelmektedir (Anon., 2001).

Tablo 1. Doğal kırmataş hammaddelerinin sınıflandırması (Esenli, 1996).

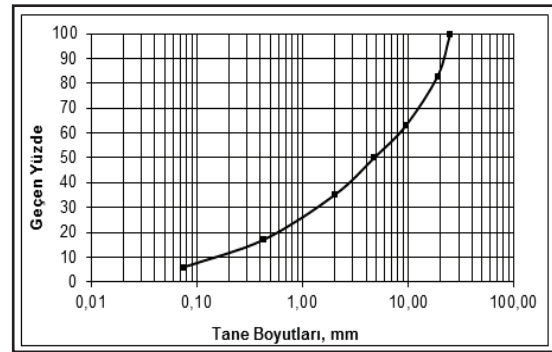
Grup	Genel Sınıflama	Kayaç	Yoğunluk
MAGMATİK	PLÜTONİK	Granit	2,60
		Siyenit	2,70
		Diyorit	2,80
		Gabro	2,90
		Peridotit	2,90
	VOLKANİK	Diyorit	2,60
Trakit	2,60		
Andezit	2,60		
Bazalt	2,80		
Diyabaz	2,90		
SEDİMANTER	KİMYASAL (Karbonatlı)	Dolomit	2,70
	Kireçtaşı	2,60	
SEDİMANTER	KIRINTILI (Silisli)	Konglomera kumtaşı, kuvarsit, arkoz, kiltası, şeyl, arjilit, çört, grovak	2,60
METAMORFİK	FOLİASYONLU	Amtibolit	3,00
		Şist	2,80
		Gnays	2,70
		Sleyt	
Foliasyonlu	Fiilit		
METAMORFİK	FOLİASYONSUZ	Mermer	2,70
		Kuvarsit	2,80

2. MATERYAL VE METOT

Bu çalışmada, Göller yöresinde işletilen bazı agrega ocaklarından elde edilen agregalar, yol temel ve alttemel malzemesi olarak özelliklerinin belirlenmesi amacıyla test edilmiştir. Agregalar; Isparta’nın kuzeyindeki Gümüşgün yakınlarındaki agrega ocağından, Burdur’un

güneyindeki Çine köyü yakınlarındaki agrega ocağından ve Antalya’nın kuzeyindeki Dağbeli yakınlarında işletilen agrega ocağından temin edilmiştir. Elde edilen agrega örneklerine verilen kısaltılmış adlar su şeklindedir. IG (Isparta Gümüşgün), BC (Burdur Çine) ve AD (Antalya Dağbeli).

Laboratuvara getirilen agregalar bir seri eleme işlemi yardımıyla azalan büyüklüğe sahip farklı tane boyutlarına ayrılmıştır. TS 3530 EN 933-1 (2006)’ya göre agregalar tane büyüklüğüne göre 6 farklı fraksiyona ayrılmıştır. Etüvde kurutulan agregalar Şekil 2’de verilen gradasyon eğrisine göre karıştırılarak deney karışımları elde edilmiştir. Bu şekilde hazırlanan karışımlar homojen bir dağılıma sahip olmaktadır. Laboratuvarda tek boyutlu agrega numuneleri üzerinde elek analizi (granülometrik analiz), sıkışık ve gevşek birim ağırlık, özgül ağırlık ve su emme oranı, donma çözülme direnci, aşınma direnci, parçalanma direnci ve kimyasal kompozisyon deneyleri, oluşturulan agrega karışımları üzerinde de Proktor ve CBR deneyleri uygulanmıştır.



Şekil 2. Kullanılan agrega tane büyüklüğü dağılımı.

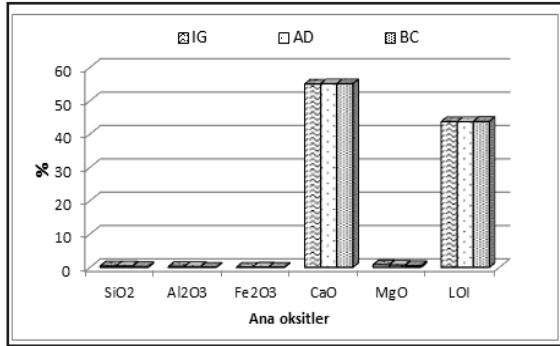
Çalışmada Karayolları Genel Müdürlüğü’nün (KGM) granüler temel tabakaları için önerdiği Şekil 2’de görülen “Tip-C” gradasyon kullanılmıştır. (Anon., 2006). Burada maks. tane büyüklüğü 25 mm ve No. 4 elekten geçen malzeme miktarı % 50’dir.

No. 200 elek altına geçen ince malzemelerin tane çapı dağılımının belirlenmesi için hidrometre deneyi yapılmıştır. Hidrometre deneyi sonucunda 0.002 mm’den küçük boyuttaki malzeme miktarı (kil oranları) toplam agrega kütlelerinin ağırlığına oranla; BC malzemesi % 1, IG malzemesi % 0.9 ve AD malzemesi için % 0.8 bulunmuştur.

3. LABORATUAR ÇALIŞMALARI

3.1. Agregaların Kimyasal Kompozisyonu

Kullanılan agregaların kimyasal analizleri ACME laboratuvarında (Kanada) yaptırılmıştır. Kimyasal analiz bulguları Şekil 3’de görülmektedir. Bu bulgularına göre her uç malzemenin de yüksek oranda kalsiyum-oksit (CaO) içerdiği diğer oksitlerin ise oldukça düşük değerlerde kaldığı görülmektedir. Ayrıca agregaların yüksek oranda kızdırma kaybına uğraması içeriğindeki organik kökenli malzemelerin fazla olduğunu göstermektedir. Bu bulgulardan agregaların kireçtaşı (sedimenter kayac) özelliği gösterdiği anlaşılmaktadır.



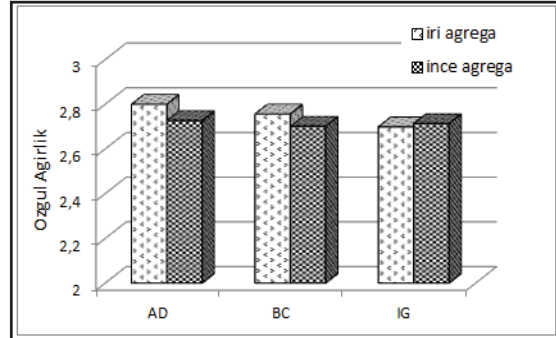
Şekil 3. Agregaların kimyasal kompozisyonları.

3.2. Agregaların Tane Yoğunluğu ve Su Emme Oranı

Yol inşaatında kullanılan gerek bitümlü karışımların gerekse bağlayıcısız karışımların bileşenlerinin hesabında özgül ağırlık değeri sıklıkla kullanılmaktadır. Bu çalışmada iri agregalar için tel sepet metodu ile ince agregalar için ise piknometre metodu ile malzemelerin özgül ağırlıkları ve su emme oranı tespit edilmiştir. TS EN 1097-6 (2002)’ye göre prosedür uygulanmıştır. Şekil 4’de iri ve ince agrega özgül ağırlık değerleri görülmektedir.

Özgül ağırlık değeri agrega kökeni hakkında ve agreganın uygunluğu hakkında bir fikir verir. Düşük özgül ağırlık, agreganın boşluklu ve zayıf olmasına işaretler, yüksek özgül ağırlık ise kaliteli, kullanıma uygun agregayı tanımlar. Şekil 4’e bakıldığında iri agregaların özgül ağırlık değerleri 2.67–2.80 arasında, ince agregaların ise 2.70 ile 2.73 arasında değerler aldığı görülmektedir. Agregaların özgül ağırlık

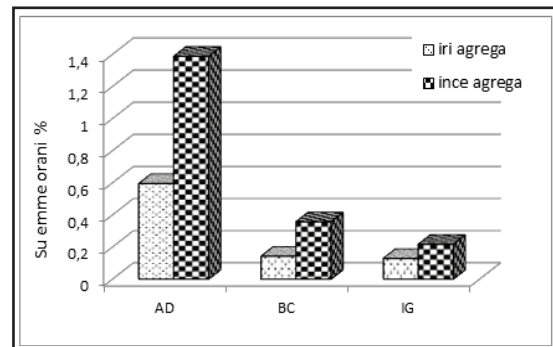
değerleri birbirine oldukça yakın olmakla birlikte AD numunesi 2.80 ile en yüksek değeri, IG numunesi ise 2.67 ile en düşük değeri almıştır.



Şekil 4. İri ve ince agrega özgül ağırlık değerleri.

Agrega tanelerinde bir miktar boşluk bulunması doğaldır. Agregatanelerindeki boşluk miktarı bu çalışmada su emme deneyi yapılarak belirlenmiştir. Agreganın emdiği su miktarı tanelerin kökenine, yapısına ve granülometri bileşimine bağlı olarak değişmektedir. Su emme yüzdesi yüksek olan agreganın yol üstü yapısından kullanılması durumunda yolun dayanımı azalır. KGM teknik şartnamesine göre su emme değeri % 2.5’den fazla olan agregaların yol üstü yapısında kullanımı tercih edilmemektedir. Şekil 5’deki grafiklerde iri ve ince agrega su emme değerleri görülmektedir.

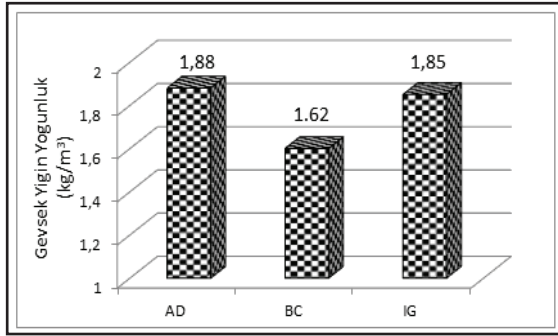
Şekil 5’e göre her üç malzemenin de su emme değerleri şartname sınırları dahilinde % 0.2 ile % 1.4 arasında değerler almıştır. IG malzemesi en düşük, AD ise en yüksek su emme değerine sahiptir.



Şekil 5. İri ve ince Agregat Su emme oranı değerleri.

3.3. Gevşek Yığın Yoğunluk

Belirli bir ölçü kabı içerisindeki agreganın kuru kütlesi tartılarak tayin edilmiş ve gevşek yığın yoğunluğu TS-EN 1097-3 (1999)'e göre hesaplanmıştır. Şekil 6'da malzemelere ait gevşek yığın yoğunluk değerleri görülmektedir.

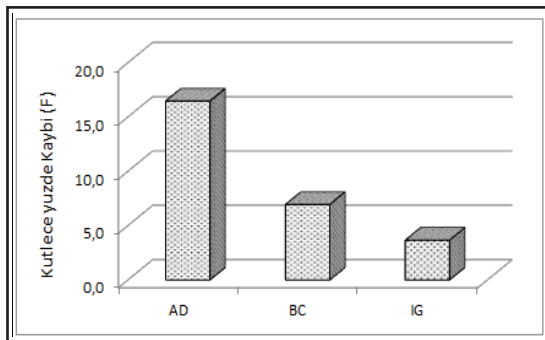


Şekil 6. Agregalar karışımlarının gevşek yığın yoğunluk değerleri.

4. AGREGALARIN DURABİLİTESİ

4.1. Donmaya ve Çözölmeye Karşı Direnç

Agregaların iklimsel etkilere karşı dayanımını belirlemek için kısa sürede sonuç veren sodyum sülfat (Na_2SO_4) çözeltisinde donma-çözölme deneyi TS EN 1367-2 (1999)'a göre uygulanmıştır. Bu deneyde, agregalar sodyum sülfat çözeltisine daldırılmakta ve takiben etüvde kurutulmakta böylece periyodik işleme maruz bırakılarak agregaların termal bozunma özellikleri belirlenmiştir. Şekil 7'de kütle yüzde kaybı olarak malzemelerin donma-çözölme dirençleri verilmiştir.



Şekil 7. Na_2SO_4 çözeltisinde donma çözölme kaybı.

KGM teknik şartnamesine göre Na_2SO_4 çözeltisindeki malzeme kaybı; alt temel tabakasında kullanılacak olan agregalar için maksimum % 20, temel tabakasında kullanılacak

agregalar için maksimum % 15 olarak sınırlandırılmıştır (Anon., 2006). Şekil 7'deki grafiğe baktığımızda malzemelerin donma çözölme kayıplarının % 3.5 ile %16 arasında değerler aldığı görölmektedir. AD malzemesinin donma çözölme direncinin diğer agregalara göre daha düşük olduğu görölmektedir. Şekil 5'deki agrega su emme değerleri ile birlikte değerlendirdiğimizde AD malzemesinin su emme oranının da kısmen yüksek çıkması bu malzemenin suya karşı hassas olduğunu, gece-gündüz sıcaklık farklarının fazla olduğu bölgelerde kullanılması durumunda donma ve çözölme olayları sonucu agreganın parçalanma ve gradasyonun değişmesi riskini taşıdığını söyleyebiliriz.

5. AGREGALARIN AŞINMAYA KARŞI DİRENÇLERİ

5.1. Aşınma Direnci (Mikro-Deval Katsayısı)

Yol ve hava meydanlarındaki kullanılan agregaların aşınmaya ve parçalanmaya karşı büyük mukavemete sahip olması gereklidir. Agregalarda aşınmaya dayanıklılık Los Angeles aşınma deneyi ya da mikro-Deval deneyi ile belirlenir. Mikro-Deval deneyinde suyun aşındırıcı etkisi de dikkate alındığı için özellikle iri agregalar ve su ile temas halindeki malzemeler için bu deney yöntemi tercih edilmektedir (Allen Cooley v.d., 2002; Kandhal ve Parker 1998). Şekil 8a'da mikro-Deval deney cihazı ve içerisine numunelerin yerleştirilmiş olduğu tamburlar görölmektedir. Şekil 8b'de ise deney numunelerinin çelik bilyalar ve su ile birlikte hazırlanışı görölmektedir.

Deneyde belirli bir hızla dönen bir tambur içerisine konan agregalar ile aşındırıcı malzeme (su ve çelik bilyalar) arasındaki sürtünmenin neden olduğu aşınma ölçölmektedir. Deney sonucunda dönme işlemi tamamlandığında, orijinal numunenin 1.6 mm'den daha küçük tane büyüklüğüne indirilen kısmının yüzdesi Mikro-Deval katsayısı olarak dikkate alınmıştır. Şekil 10'da elde edilen mikro-Deval katsayıları görölmektedir. Mikro-Deval katsayısının yüksek olması agregaların aşınma direncinin düşük olduğunu gösterir. Mikro-Deval deneyi TS-EN 1097-1 (2002)'ye göre uygulanmıştır ancak deney bulgularının sınır değerleri için henüz ülkemizde bir şartname mevcut olmamakla birlikte

USA'de yapılan araştırmalar sonucunda mikro-Deval değeri için kabul edilebilir sınır değerin maksimum % 18 olduğu NCHRP (The National Cooperative Highway Research Program) tarafından kabul edilmiştir (Wu v.d., 2004). Şekil 9'daki grafik incelendiğinde her u malzemenin de sınır değeri aşmadığı, BC malzemesinin aşınma mukavemetinin diğer agregalara göre daha yüksek olduğu grlmektedir.

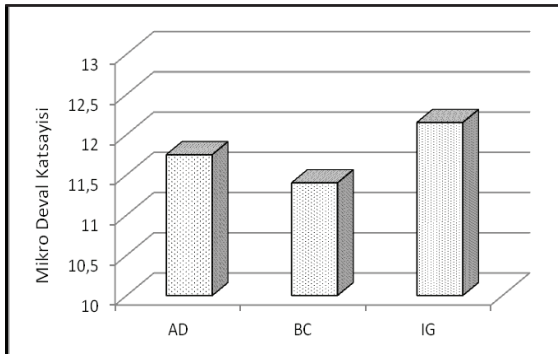


(a)



(b)

Şekil 8. Mikro-Deval deneyinin uygulanışı.



Şekil 9. Agregaların Mikro-Deval katsayıları.

5.2. Parçalanma Direnci (Darbelenme Değeri)

Agregaların tekrarlı dinamik ykler altında parçalanmaya karşı dirençli olması gereklidir. Bu nedenle kullanılmadan önce kontrol edilmelidir. Darbelenme deneyi sonucunda elde edilen Darbe ile parçalanma değeri (SZ), agregaların mekanik direncinin önemli bir ölçüsü olarak kullanılmaktadır. Bu deneyde agregaya elik bir kalıp içine serbestçe yerleştirilir ve belirli bir mesafeden belirli bir ağırlık 10 defa dşrlmek suretiyle malzeme darbe etkisi altında tutulur (Bkz. Şekil 10). Elekten elenmek suretiyle çarpma etkisi altındaki agreganın parçalanma miktarı tespit edilir.

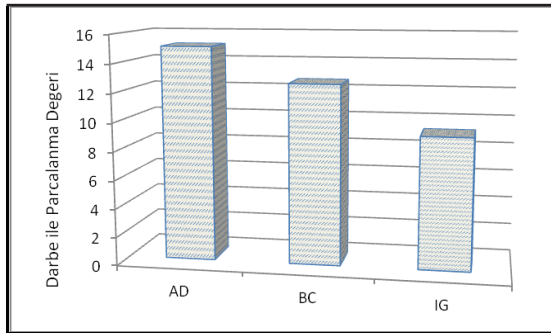
Bu çalışmada parçalanma direnci deneyi için TS-EN 1097-2, (2000) deney standardı kullanılmıştır. 8mm ile 12,5 mm tane büyüklüğü aralığındaki malzeme darbelenme deney makinesinde 370 mm yükseklikten 10 darbe uygulanarak parçalanmıştır. Şekil 11'deki grafikte agregaların darbe ile parçalanma değerleri grlmektedir.

Agregaların darbelenme değerinin düşük olması o agreganın parçalanmaya karşı daha dirençli olduğunu göstermektedir. Deney yönteminin Britanya orjinli olması sebebiyle sınır değerler için Britanya Standartları esas alınmaktadır. BS 812 Part 112'ye göre agregaya darbe değeri 10'un altında olan malzemeler oldukça mukavemetli, 10 ile 35 arası olanlar kabul edilebilir, 35'in üstü ise çok zayıf agregaya olarak kabul edilmektedir.

Şekil 11'deki grafikten görüldüğü üzere, test edilen agregaların darbelenme değerleri 9-15 arasında değerler almıştır. Her u malzemenin de darbelenme değeri kabul edilebilir sınırlar içinde olmakla birlikte, IG malzemesinin darbe direnci diğer malzemelere oranla daha yüksek bulunmuştur. Onu sırasıyla BC ve AD takip etmektedir.



Şekil 10. Darbe ile parçalanma deneyi.



Şekil 11. Agregaların darbe ile parçalanma değerleri.

6. KARIŞIMLARIN DAYANIMI

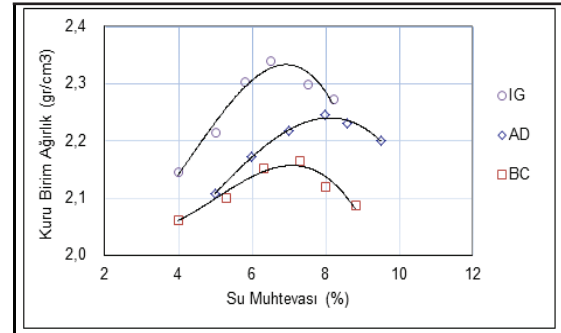
Agrega karışımlarının oluşturulabilmesi için öncelikle agregaların “Kuru Birim Hacim Ağırlık” - “Su İçeriği” ilişkisinin saptanması gereklidir. Buradan karışıma girecek olan optimum su miktarı belirlenmektedir.

6.1. Kompaksiyon Deneyi

Karışımların “Kuru Birim Hacim Ağırlık”-“Su İçeriği” ilişkisinin belirlenmesinde Proktor deneyi uygulanmıştır. Bu deneyde belirli bir metotla sıkıştırılmış zeminde maksimum kuru birim hacim ağırlığı veren su içeriği civarındaki su içeriğinde birim hacme sığacak en çok zemin ağırlığı (TS 1900-1, 2006)’ya göre bulunur. 101

mm çapındaki silindir kalıpta 3 tabaka halinde yapılan kompaksiyon (Standart Proktor) deneyi sonucunda bulunan Proktor eğrileri Şekil 12’de görülmektedir.

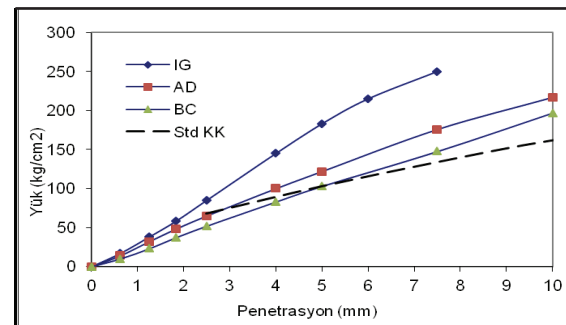
Agregaların optimum su içeriği % 6 - % 8 aralığında elde edilmiştir. Maksimum kuru birim ağırlık değerleri ise; IG için 2,31 gr/cm³, AD için 2.25 gr/cm³ ve BC için 2.17 gr/cm³ bulunmuştur.



Şekil 12. Proktor deneyi bulguları.

6.2. Kaliforniya Taşıma Oranı (CBR) Değeri

CBR deneyi granüler yol malzemelerinin mukavemetinin belirlenmesi için kullanılan en yaygın deney yöntemidir. TS 1900-2, (2006)’ya göre uygulanan CBR deneyi, malzemenin mukavemet ve deformasyon özelliklerini standart olarak alınan kırma-taş’a göre göreceli durumunu % cinsinden göstermektedir. Şekil 13’de CBR deneyi neticesinde, her bir malzeme için elde edilen yük-penetrasyon eğrileri ile standart kırma-taş eğrisi görülmektedir. 2.5 mm (0.1 inç) penetrasyona kadar malzemeler arasında önemli bir fark gözlenmezken, 2.5 mm’nin üzerinde IG agregasının belirgin bir şekilde diğer malzemelerden ayrıştığı görülmektedir. Malzemelerin CBR değerleri sırasıyla; IG: 170, AD: 116 ve BC: 104 bulunmuştur.



Şekil 13. Agregaların CBR değerleri.

7. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada Göller yöresindeki 3 farklı ilde (Antalya, Burdur ve Isparta) yol temel ve alttemel malzemesi olarak işletilmekte olan agregaların yol inşaat malzemesi olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır. Yapılan kimyasal analizler neticesinde, her üç agreganın da benzer şekilde, yüksek oranda (~%55) kalsiyum-oksit (CaO) içerdiği ve yüksek yanma kaybı değerine sahip olduğu belirlenmiştir.

Laboratuvarda gerçekleştirilen deneylerden elde edilen bulgular aşağıdaki gibi özetlenebilir:

İri agregaların özgül ağırlık değerleri 2.67–2.80 arasında, ince agregaların ise 2.70 ile 2.73 arasında değerler almıştır. Su emme değerlerine bakıldığında ise her üç malzemenin de şartname sınırları dâhilinde (% 0.2 ile % 1.4 arasında) olduğu görülmüştür. IG malzemesi en düşük, AD ise en yüksek su emme değerine sahiptir.

Na₂SO₄ ile durabilite deneyinde malzemelerin donma çözülme kayıpları % 3.5 ile % 16 arasında değerler almıştır. AD malzemesinin donma çözülme direnci diğer agregalara göre daha düşük bulunmuştur. Bu bulgular agrega su emme değerleri ile birlikte değerlendirildiğinde AD malzemesinin su emme oranının da kısmen yüksek çıkması (% 1.4) bu malzemenin suya karşı hassas olduğunu göstermektedir. Gece-gündüz sıcaklık farklarının fazla olduğu soğuk bölgelerde kullanılması durumunda donma ve çözülme olayları sonucu agreganın ufalanma riski oluşabilir.

Test edilen agregaların darbelenme değerleri 9-15 arasında değerler alarak, kabul edilebilir sınırlar içinde (<35) kalmıştır. IG malzemesinin darbelenme direnci diğer malzemelere oranla daha yüksek bulunmuştur. Onu sırasıyla BC ve AD takip etmektedir. IG'nin CBR değeri de diğer malzemelere kıyasla yüksek (% 170) elde edilmiştir.

Mikro-deval deney bulguları durabilite deney bulguları ile benzer seyir izlemiştir, her üç malzeme de (% 18) aşınma sınır değerini aşmamıştır. BC malzemesinin aşınma mukavemeti diğer agregalara kıyasla daha yüksek elde edilmiştir.

Sonuç olarak, çalışılan kireç-taşı agregaların, yol üstü yapı malzemesi olarak standartların belirttiği dayanım ve fiziksel özelliklere sahip olduğu, AD malzemesinin karasal iklimler yerine donma olayının sık görülmediği ılıman iklim bölgelerinde kullanılmasının daha uygun olacağı, IG agregasının aşınma direnci ve mukavemet açısından diğer agregalara kıyasla daha üstün olduğu, dolayısıyla asfalt kaplamalarda da kullanılabileceği belirlenmiştir.

8. KAYNAKLAR

Akbulut, H., Çetin, S., Gürer, C. 2009. “Andezit Agregasının Sıcak Karışım Asfalt Kaplamalarında Kullanılabilirliğinin Araştırılması” 5.Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu, Karabük.

Akpınar Ş., Gonak G., Pamukçu, Ç. 2004. “Değişik Kökenli Agregaların Beton Kalitesi Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi” 5. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu. pp 374-382, İzmir.

Allen Cooley, L., Michael, S. Huner and Robert H. James. 2002. NCAT Report 02-09, Micro-Deval Testing of Aggregates in The Southeast, USA.

Anonim, 1990. British Specification BS 812: Testing aggregates: Part 112: Methods for determination of aggregate impact value (AIV).

Anonim, 2001. Devlet Planlama Teşkilatı, Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Endüstriyel Hammaddeler Alt Komisyonu Yapı Malzemeleri I Çalışma Grubu Raporu, s. 120.

Anonim, 2006. Karayolu Teknik Şartnamesi, Karayolları Genel Müdürlüğü Yayınları No: 267, Ankara.

Arslan, M., Demir, I. 2005. “Kırşehir Yöresi Kırmataş Agregalarının Mühendislik Özellikleri” Gazi Üniversitesi Müh. Mim. Fak. Dergisi, 20 (3), 335-346.

Davraz, M., Gündüz, L., Şapçı, N. & Başpınar, E. 2007. Isparta civarı volkanik kayaçların mühendislik özellikleri ve taşıyıcı beton

- üretiminde kullanılabilirliği. 6. Uluslararası Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, 01-03 Şubat, s. 172-184, İzmir.
- Esenli, V. 1996. Kırmataş Hammaddeleri ve Standartları. I. Ulusal Kırmataş Sempozyumu'96, İstanbul.
- http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/nchrp/nchrp_rpt_557.pdf
- Kandhal, P. S, Parker Jr, F. 1998. NCHRP Report 405: Aggregate Tests Related to Asphalt Concrete Performance in Pavements, USA.
- Karacan, D. S. 2006. Zonguldak-Sapça Taş Ocağı Agregalarının Fiziksel ve Mekanik Özellikleri. Y.L. Tezi, Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Zonguldak.
- Kılıç, A., Keskin, M. 2003. “Doğu Karadeniz Yöresi Taş Ocakları Malzemelerinin Kırmataş Olarak Değerlendirme Olanakları” III. Ulusal Kırmataş Sempozyumu, pp.301-306, İstanbul.
- Kırca, S. 2001. Sütçüler-Menteşe Çakıl Agregasının Beton İmalinde Kullanılmasının Araştırılması, Y.L. Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Konak, G., Onur, H.A., Karakuş, D. 2009. “İnşaat Sektörünün İhtiyacı Olan Agreganın İşletilmesi ve Kentsel Faydaları.” TMMOB İzmir Kent Sempozyumu, pp 229-236, İzmir.
- Öztürk, Ö., Çelikol, M., Erkan, M. 2007. Türkiye Agrega Sektör Raporu. Hazır Beton, Sayı. 84, s. 52-56.
- Temiz, H. Binici, H., Bodur Nuri, M., Kara, O., 2006. Kahramanmaraş Doğal Agregalarının Mühendislik Özellikleri. KSÜ, Fen ve Mühendislik Dergisi. 9 (2), 61-65.
- TS 1900-1, 2006. İnşaat Mühendisliğinde Zemin Lâboratuvar Deneyleri-Bölüm 1: Fiziksel Özelliklerin Tayini.
- TS 1900-2, 2006. İnşaat Mühendisliğinde Zemin Lâboratuvar Deneyleri-Bölüm 2: Mekanik Özelliklerin Tayini.
- TS 3530 EN 933-1/A1, 2006. Agregaların Geometrik Özellikleri için Deneyler-Bölüm 1: Tane Büyüklüğü Dağılımı Tayini - Eleme Metodu.
- TS EN 1097-1, 2002. Agregaların mekanik ve fiziksel özellikleri için deneyler-Bölüm 1: Aşınmaya Karşı Direncin Tayini (mikro-Deval).
- TS EN 1097-2, 2000. Agregaların Mekanik ve Fiziksel Özellikleri için Deneyler Bölüm 2: Parçalanma Direncinin Tayini için Metotlar.
- TS EN 1097-3, 1999. Agregaların Fiziksel ve Mekanik Özellikleri için Deneyler Bölüm 3-Gevşek Yığın Yoğunluğunun ve Boşluk Hacminin Tayini.
- TS EN 1097-6, 2002. Agregaların Mekanik ve Fiziksel Özellikleri için Deneyler Bölüm 6: Tane Yoğunluğu ve Su Emme Oranının Tayini.
- TS EN 1367-2, 1999. Gregaların Termal ve Bozunma Özellikleri için Deneyler Bölüm 2: Magnezyum Sülfat Deneyi.
- Turabi, A., Okucu, A. 2007. Balıkesir İli Yol Çalışmalarında Kullanılan Agregaların Özellikleri ve Şartnameye Uygunluğu. Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi. 9 (1), 45-51.
- Umar, F. ve Açar, E. 1991. Yol Üstyapısı, İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Matbaası, s. 258, İstanbul.
- Wu, Y., Parker, F. and Kandhal, K. 2004. Aggregate Toughness/Abrasion Resistance and Durability/Soundness Tests Related to Asphalt Concrete Performance in Pavements. NCAT Report 98-4. National Center for Asphalt Technology. Auburn, Alabama.
- Yağız S. 2010. Geomechanical Properties of Construction Stones Quarried in Southwestern Turkey. Scientific Research and Essays. (5), 750-757.