

Atık Agregaların Asfalt Yol Kaplamalarında Tekrar Kullanım İmkanları ve CEN Standartları

The Possibility of Recycle of Waste Agregates in the Asphalt Pavement and CEN Standards

Hüseyin AKBULUT, Yılmaz İÇAĞA, Cahit GÜRER

Afyon Kocatepe Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Yapı Eğitimi Bölümü, A.N.S. Kampusu, AFYON
hakbulut@aku.edu.tr

ÖZET: Türkiye'de malzemelerin yeniden ve daha verimli kullanımında (Recycle) zorluklar yaşanmaktadır. Bunun sonucu olarak, kaynakların kullanımında çok büyük ekonomik kayıplar oluşmaktadır. Batı Avrupa ve ABD'de çok yüksek oranda geri kazanım sağlanırken, bu oran ülkemizde çok düşük kalmaktadır. Yol kaplama malzemesi olarak imal edilen asfalt malzeme % 90 oranında agregadan oluşur. Kullanılan agreganın ekonomik ve çevresel maliyeti çok yüksektir. Maliyeti azaltmak ve çevreye olan etkilerini düşürmek için, çeşitli çalışmalar mevcuttur. Bunların başında geri dönüşümlü malzemelerin kullanımı gelmektedir. Mermer ocaklarından çıkarılan mermer bloklarının yaklaşık % 50'ye yakın bir oranı atık malzeme olarak açığa çıkmaktadır. Çıkarılan bu malzemeler çok az bir maliyet ile kullanılabilir agregaya dönüştürülebilir. Afyon bölgesinde çıkarılan atık mermer parçalarından meydana gelen agregalar, Afyon Belediyesi'nin yol yapımında kullandığı yıllık agrega miktarını rahatlıkla ve ekonomik bir şekilde karşılayacak düzeydedir.

Anahtar kelimeler: Geridönüşümlü agrega, Bitümlü malzemeler, Kireçtaşı, Atık malzeme, Kayma tabakası

ABSTRACT: In Turkey, there have been major difficulties of reusing of recycle materials, which are substantial economical resources. In the production line, the industry is facing great economical loss because of poor raw-material usages. Re-use of aggregate derived from road pavements (RAP, Recycled Asphalt Pavement) has a significant increase in USA and western European counties where there has been approximately 93 million tons of annual reclaimed asphalt pavement reused. It is well known that bituminous mixtures are consisting of more than 90% of aggregate, which has annual increase. Another important recycled aggregate resources are the marble industry, which produces of 30 and 40% waste material that has been a considerable economical loss and environmental pollution threatening farmlands. Using waste marble aggregate might possibly be an answer for the municipal-authority of Afyon where there is significant amount of aggregate use in the asphalt mix production using virgin aggregate and renovation. The most important criteria to be considered are to use it within the base coarse because of the rapid polishing properties of the marble, which is a limestone.

Key words: Recycle aggregate, Bituminous materials, Limestone, Waste material, Wearing course.

1.GİRİŞ

Kullanılan kaynakların hızla tükenmeye başlamasıyla, kaynakların verimli nasıl kullanılacağı konusunda dünyadaki önemli kuruluşlar çeşitli çalışmalar yapma ihtiyacı duymaktadırlar. Bu bağlamda sürdürülebilir kalkınma "şu anki ihtiyaçlarımızı karşılarken, gelecek kuşakların kendi ihtiyaçlarını karşılayabilme potansiyelini tehlikeye atmamalıdır". Dünyanın doğal kaynaklarının tükenmesine ilişkin endişeler, 1992'de Rio de Janeiro'da yapılan BM Çevre ve Kalkınma Konferansı'nda tarihte görülmuş en büyük devlet başkanları toplantısının yapılmasına yol açtı. Bu ve bunu izleyen diğer zirvelerin ardından, sürdürülebilir kalkınma ilkesi, AB'nin Amsterdam Anlaşması'na da dahil edildi. Bu bağlamda Avrupa Komisyonu, malzeme üreticilerinin inşaat sektöründe sürdürülebilirliğin sağlanmasına yapacakları önemli katkıları bulunduğunu belirlemiştir, inşaat sektörü, imalat süreçlerindeki girdileri asgari düzeye indirmeye, hammadde ve enerji tüketimini, emisyonları ve mekân kullanımını mümkün olduğu kadar azaltmaya çalışmaktadır. Estetik görünüm kadar ekolojik zenginliğin de korunması ve geliştirilmesi yönünde gerekli çabanın harcanması, gelecek kuşaklara yeterli kaynak bırakılmasına ve çevre üzerindeki zararlı etkilerin en az düzeye indirilmesine yardımcı olacaktır.

Ülkemizdeki çalışmaların bu planlamaların gerisinde kaldığı görülmektedir. Özellikle atık ve artık maddelerin yeniden ekonomiye kazandırılması batı Avrupa ülkeleri ile kıyaslandığı zaman, bu konuda ne derece geride olduğumuz ortaya çıkacaktır. Batı Avrupa ülkelerinde bu malzemelerin geri dönüş (recycle) oranı % 70 - 80 arasında iken, bu oran Türkiye'de % 20'ler civarında kalmaktadır. Burada en büyük etkenlerden biri, hammaddenin optimum şekilde kullanılamaması ve endüstrinin atık maddenin değerlendirilmesinde yeterli bilince sahip olmamasıdır.

inşaat endüstrisi de hammadde kullanımın yoğun olduğu yerlerden biridir. Altyapısını henüz tamamlayamayan ülkemizde her yıl yeni yollar planlanmaktadır. Yollarda kullanılan asfalt kaplamaların % 90'dan fazla bir kısmını agrega oluşturmaktadır. Yeni üretilen bir

agreganın hazırlanmasında doğal çevreye verilen zarar dışında, çok büyük oranda enerji harcanması gerekmektedir. Bu da malzemenin çok pahalıya mal olması demektir. Agregaya üretiminde bu yüksek maliyeti azaltmak için yapılan çalışmaların başında, yol kaplamasından kazınan malzemenin tekrar kullanımı, maliyetin azaltılmasında önemli katkılar sağlayacaktır. RAP (Recycled Asphalt Pavement) diye adlandırılan bu malzeme, yeni üretilen asfalt karışıma belli oranlarda eklenerek çok büyük kullanım alanı bulmaktadır.

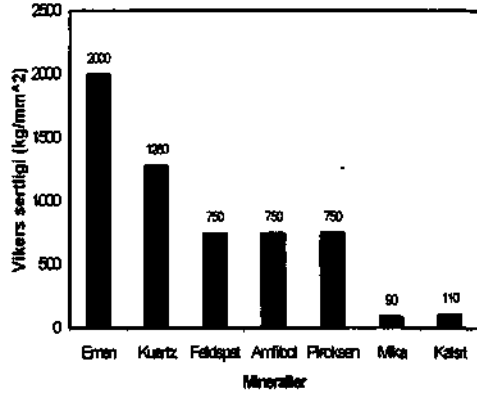
Atık madde üretiminin fazla olduğu (% 50) ve agrega olarak kullanım potansiyeli olan diğer bir sanayi dalı ise mermer endüstrisidir. Afyon bölgesindeki işletmelerde ortalama günlük 3840 ton/gün gibi bir atık miktarı, bunun çevresel etkileri ve ekonomiye olan zararı hiç de küçümsenmeyecek düzeydedir. Sadece bölgede üretilen mermerlerden meydana gelen atık miktarının, şehrin yıllık agrega ihtiyacını karşılayacak düzeyde olduğu görülmektedir. Bu geri kazanım sadece girdi maliyetini azaltmayacak aynı zamanda çevreye ve tarım arazilerine verilen zararı da en aza indirecektir.

2.YOL KAPLAMA MALZEMELERİ VE KULLANILAN AGREGALAR VE ARANILAN ÖZELLİKLER

Asfalt yüzey kaplamasında kullanılan malzemenin % 90 dan fazlasını agregalar teşkil eder. Dolayısıyla yol dizayn süresi boyunca agregalara hayati rol düşmektedir. Bu nedenle kullanılan agregalarda aranan temel özellikler vardır. Yapılan dizaynın özelliğine göre agregalarda aranan özelliklerde farklı olacaktır.

Yol tabakası, çeşitli kalınlıkta ve farklı görevleri olan birden fazla katmandan meydana gelmektedir. En üst kısmı oluşturan ve en önemli katmanlardan biri olan aşınma tabakası, yol güvenliği açısından önemli parametrelerden birini meydana getirir. Yolun servis süresini güvenli bir şekilde tamamlaması ve arzu edilen özelliklerini uzun süre koruması için kullanılan agregaların, sürtünme katsayılarının yüksek olması ve servis ömrü boyunca cilalanmaya karşı yüksek dayanım sağlaması istenir. Bununla beraber ülkemizde bol miktarda bulunan kalker türü mineraller (bir tür mermer) yüzey kayma tabakasında kullanılmaktadır.

Şekil 1'de görüldüğü gibi kireçtaşının aşınma dayanımı çok iyi değildir.



Şekil 1. Farklı Minerallerin Sertlik Dereceleri (Vickers sertliği)

3. CEN SATANDARTLARI

Avrupa topluluğu üye ülkeler arasında, her konuda olduğu gibi, tam bir bütünlüğü sağlamak için yol tasarım ve inşaatında da bütün birliğin kullanabileceği bir standartlaşmaya gitmektedir. Uzun süredir üzerinde çalışılan agrega standartları projesi, son aşamasına gelmiştir. Bütün üye ülkelerin yol kaplamalarındaki agrega değerlendirmesinde kullanacağı standartlar Çizelge 1'de verildiği gibi oluşturulmuştur. Üye ülkelerin yol kaplama imalatlarında, her ülkenin ihtiyaçlarına cevap verebilmesi için, ortak bir komisyon tarafından hazırlanan CEN standartları agrega sınıflandırmasında temel alınacaktır.

Topluluğa girme hazırlığında olan ülkemizde, yol imalatında kullanılan agrega standartlarını, oluşturulan bu düzenlemeye uydurmalıdır.

Belirlenen standartlar çerçevesinde yol kaplama imalatında kullanılan kaliteli bir agregada bulunması gereken değerler Çizelge 2'de verildiği gibidir. Özellikle yol aşınma tabakasında kullanılan agregaların uzun süre cilalanma direncini koruması ve yol yüzeyi ve tekerlek arasındaki sürtünme katsayısının arzu edilen değerde kalmasının sağlanması istenir. Bu hem frenleme hem de merkezkaç kuvvetinden dolayı kurbalarda oluşan kayma

direncinin korunmasına ve dolayısı ile % 85 gibi bir oranda, kayma sonucu meydana gelen kazaların azaltılmasında büyük bir etken olacaktır. Agrega cilalanma katsayısı düşük bir yolda seyreden bir aracın, mekanik aksam olarak çok iyi durumda olması, kaymayı önlemeye yetmeyecektir. Bu nedenle kullanılan agreganın yolun belirtilen servis ömrü boyunca aşınmaya karşı direnç göstermesi en önemli özelliklerinden olmalıdır.

Yine aynı şekilde 140 kN luk bir yük altında ince agrega değerinin % 10 un altına düşmemesi arzu edilir.

Çizelge 1. CEN Standartları Agrega Deney Yöntemleri.

Aranan özellik	Teklif edilen CEN metod ve test orijini	
Cilalanma (Polishing)	Cilalanma Katsayısı (Polishing Stone Value) UK	PSV
Sağlamlık (Soundness)	Magnezyum Sülfat Test (UK)	MSSV
Aşınma	Agrega değeri (Agr. Abrasion Value) (FR)	AAV
Parçalanma (Fragmentation)	Los Angeles (USA)	LA
Çarpma (impact)	Schlagversuch Çarpma Test (GR)	AIV
Donma/Çözülme	Donma Çözülme (Freeze Thaw Test) GR	FTV
Kaynama testi (Boiling)	Sonnenbrand Test (GR)	BTV

Çizelge 2. Yüksek Standartlı bir Agregada Aranılan Özellikler.

Özellik	Aranılan Değer
Cilalanma Katsayısı (PSV)	< 58
Agrega Aşınma Katsayısı (AAV)	S 16
Agrega Çarpma Direnci (AIV)	< 30
% 10 ince Agreganın Değeri (TFV)	> 140kN
Magnezyum Sulfat Değeri (MSSV)	< % 75

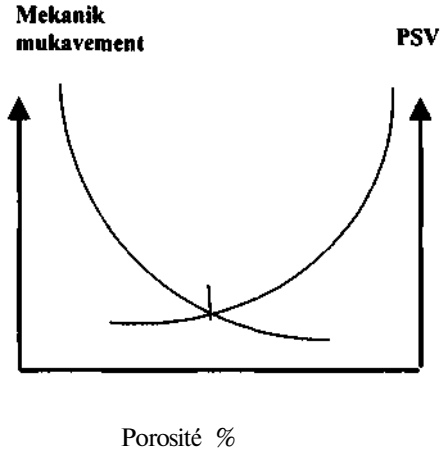
Bir yol katmanının, uygulanan trafik yükünü emniyetli bir şekilde yol alt katmanlarına taşıması ve servis süresince uygulanan yük altında agregaların parçalanmaması istenir. Aksi takdirde yol katmanında planlanan süreden önce premature bozulmaların meydana gelmesi engel lenemeyecektir.

4. AGREGALARDA CİLANANMA MUKAVEMETİ

Cilalanma mikroskobik ölçekte bir gelişmedir. Kaplama üzerine biriken tozlar "zımpara" rolü üstlenir ve agreganın yüzeyindeki pürüzlü tabakaların silinmesine neden olurlar. Agregalardaki minerallerin yumuşaklığı bu olayın hızlı bir şekilde meydana gelmesini sağlar.

Bir agregada bulunan minerallerin sertliği ile cilalanması arasında doğru orantı vardır (El-koechi, 1990). Bir kaya aynı zamanda sert ve yumuşak mineraller içeriyorsa, yüzey pürüzlülüğü açısından iyi bir özelliktir. Aşınma sırasında, sert kısımlar çıkıntı olarak kalır, yumuşak kısımlar silinip çukurlaşır ve sonuçta sert kısımlardan oluşan mikro pürüzlülük kayma direncinin devamını sağlar, ideal bir agregaya % 50 yumuşak ve % 50 sert mineral içerir [1].

Şekil 2'de görüldüğü gibi, cilalanma mukavemeti ile mekanik mukavemet arasında ters bir orantı vardır. Biri artarken diğeri azalmaktadır. Yüksek porozite cilalanma mukavemetini artırırken, mekanik mukavemetin düşmesine yol açar [2].



Şekil.2 Prozite, Cilalanma, Mekanik Mukavemet İlişkisi.

4.1. Kireç Taşı Ve Aşınma Tabakası

Türkiye'de çok yaygın biçimde bulunan ve kullanılan agreganın türü kireçtaşıdır. Bu nedenle bitümlü asfalt kaplama imalatlarında en genel kullanım alanı bulan kayma türü, kireçtaşı diye adlandırılan tür olmaktadır. Kullanılan bu kayma türü Çizelge 2'de verilen değerlerin, özellikle iyi bir agregada bulunması gereken PSV değerinin çok altında bir değerde kalmaktadır. CEN standartlarında belirtilen minimum PSV değerinin altında kalan bu malzeme belirtilen şartnameleri sağlamamaktadır, arname dışında kalan bu malzeme ile imal edilen yollarda, kayma tabakasında kullanılan kalitesiz agreganın nedeni ile meydana gelen kazalarda TCK'nın ağır sorumluluk altında kalacağı açıktır. Kireçtaşı cilalanma direnci az olan bir malzeme olduğu için, kısa sürede yüzey sürtünme direncini kaybettiği görülmektedir. Bu yollarda yapısal bir sorun olmasa bile, araç güvenliği açısından önemli sorunları beraberinde getirir. Kayma tabakasında kısa sürede cilalanan agregalar, tekerlek ile yüzey arasındaki kayma direncinin hızla azalmasına, fren mesafesinin artmasına ve kaymalara neden olur. Bu nedenle bu tür agregaların sürtünme tabakasında kullanımında büyük oranda sınırlama getirilmiştir. Daha ziyade binder tabakası diye adlandırılan kayma tabakası altında kalan katman ve granüler

malzemelerin kullanıldığı temel tabakalarında kullanımı daha doğru bir seçim olacaktır. Şekil 1'de görüleceği gibi, cilalanma mukavemeti yüksek ve kayma tabakasında kullanımı daha uygun olan agregalar bazalt, granit, diyorit, porfir gibi magmatik ve metamorfik sert ocak malzemeleri veya iri dere malzemelerinin kırılması sonucu elde edilen agregalardır.

5. SÜRTÜNME TABAKASI ÂGREGA GRADASYONU

Sürtünme tabakalarının en önemli özelliğinden birisi kullanılan agrega gradasyonudur. Sürtünme tabakasında son zamanlarda Avrupa ve Amerika'da kullanılan aşınma tabakası SMA olarak adlandırılmaktadır. Bu kaplama türünde, kullanılan agreganın kaplama içerisindeki rolü diğer asfalt malzemelerde olduğundan daha farklı bir öneme sahiptir.

Büyük oranda kullanılan (% 70-80) kaba agrega miktarı (2.36 mm elek üstünde kalan agrega) ve bunların birbirine yakın kontakları sonucu oluşan iskelet yapı (Çizelge 1), yol yüzeyine uygulanan yüklerin deformasyona yol açmadan yol tabanına ulaştırılmasına imkan tanır [4].

Geleneksel asfalt kaplamalarda kullanılan kaba agrega, malzeme içerisinde yüzer durumdadır. Yüklerin taşınması büyük oranda bitümen ve fillerden meydana gelen malzeme tarafından zemine ulaştırılmaktadır. Sıcaklığa ve doğal etkilere karşı çok hassas olan bitümlü bağlayıcının, sıcaklık değişimlerinde deformasyona karşı direnci büyük oranda zayıflayacak ve yol yüzeyinde özellikle ağır vasıtaların uyguladığı yük nedeni ile aşırı deformasyona (tekerlek izi) maruz kalacaktır. Yine kullanılan agrega gradasyonu ile bağlantılı olarak, yapı içerisinde % 3 ile % 5 oranında bir hava boşluğuna sahip olması diğer asfalt kaplamalara göre farklılık arzeder. İstenilen bu oranı sağlamak için, kullanılacak olan ince malzeme ve filler miktarı büyük önem arzeder.

Genellikle Avrupa ülkelerinde ve Amerika Birleşik Devletleri'nde kullanılan 14mm stone mastik asfalt agrega gradasyonu Çizelge 3'de görüldüğü gibi düzenlenir. En genel kullanılan agrega çapı 14 mm olmakla beraber, 10 mm ve 8 mm agrega kullanımı da

mevcuttur. Burada kullanılan agregalarda PSV değerinin 45'den aşağı olmaması, aranan özelliklerdendir.

Çizelge 3. Geleneksel Asfalt Kaplama (HRA) ve SMA Agrega Gradasyonu (14 mm).

Elek çapı (mm) BS	HRA (GR)	SMA (Din)	SMA (BS)
	% geçen	% geçen	% geçen
20	100	100	100
14	85-100	96-100	90 - 100
10	60-90	77-92	35-60
6.3	—	40-62	23-35
5	—	30-50	—
2.36	60-72	22-34	18-30
1.18	—	16-27	—
0.6	45-72	12-24	—
0.3	15-50	11-21	—
0.15	—	9-17	—
0.075	8-12	7-12	8- 13

6. ATIK MERMERİN ASFALT MALZEMEDE KULLANIMI

Atık mermer parçaları ve tozunun, asfalt kaplamalarda iki şekilde kullanımı mümkün olabilir. Birincisi sürtünme tabakası ve binder tabakalarında agrega olarak, diğeri ise bağlayıcı katkı malzemesi veya ince malzeme olarak kullanılır.

6.1. Asfalt Karışımında Agrega Olarak Kullanımı

Atık mermer parçalarının asfalt yol kaplamalarında agrega olarak kullanımı bu malzemelerin değerlendirilmesi için en uygun yollardan biridir. Burada dikkat edilmesi gereken en önemli konu, kullanılan mineralin sürtünmeye karşı olan direncinin tespit edilmesi aşırı sürtünmeye maruz kalan ve sürtünmenin önemli olduğu bölgelerde kullanılacak malzemenin PSV (cilalanma direnci) değerinin 45'den yüksek olmasının sağlanmasıdır [3]. Yüksek PSV değeri olmayan mermerlerin, binder tabakası denilen, sürtünme tabakasının alt kısmında bulunan ve sürtünmeye maruz kalmayan katmanlarda kullanımı en uygun değerlendirme yöntemi olacaktır. Bu katmanın işlevi, yüzeyden gelen yüklerin, yapıya zarar vermeden alt tabakaya transferini sağlamaktır.

6.2. Bitümen Katkı Maddesi Olarak Kullanımı

Yukarıda anlatılan kaplama malzemesinde (SMA) kullanılan kaba agregalardan dolayı ve yüksek karışım sıcaklığı nedeni ile kullanılan bağlayıcının, tabakanın alt kısmına doğru aktığı ve bağlayıcının karışımın içerisinde eşit olarak dağıtmadığı bilinmektedir. Buna ek olarak, sıcak iklimli ülkelerde örneğin Türkiye'de, yaz sıcaklığında yol yüzeyinde kullanılan bitümente bir erime ve bunun neticesinde agregata ile bağlayıcı arasındaki aderans zayıflamakta ve çeşitli etkiler nedeni ile yüzeyden kolayca ayrılmaktadır. Ayrılan bu agregalar yol kenarında birikerek sürüş güvenliğini önemli ölçüde tehdit etmekte ve yüzeyde hızlı bir soyulmaya, bunun sonucu olarakta yüzey sürtünme katsayısının çok azalmasına neden olmaktadır.

Bu problemleri çözenin en önemli yolu, kullanılan bağlayıcının viskozitesini arttırmak olacaktır. Bu açıdan bakılırsa atık mermer tozlarının kullanımı bağlayıcının viskozitesinde önemli artış sağlayacaktır. Agregata gradasyonunda kullanılan filler malzemesinin, atık mermer tozundan sağlanması problemin çözümüne katkı sağlayacaktır.

7.SONUÇLAR

Yukarıda yapılan değerlendirmelerden aşağıda belirtilen sonuçlar çıkarılabilir. Bunlar;

- Türkiye'de kullanılmayan mermer atıkları önemli ekonomik kayıp oluşturmaktadır. Bu malzemelerin bir şekilde ekonomiye kazandırılması gerekmektedir.
- Mermer atıklarının en iyi kullanım alanlarından birisi de, asfalt yol kaplamalarıdır. Kullanılan agreganın (atık mermer) sertlik derecesine göre yüzey kayma tabakasında veya binder tabakalarında kullanım imkanı olabilir.
- Atık mermer tozunun, asfalt kaplamalarda kullanılan bitümen viskozitesini arttırmak ve erimesine engel olmak için kullanımı kayda değer bir katkı sağlayacaktır.

- Kullanılan mermer atıkları sadece enerji tasarrufu sağlamakla kalmayacak, çevreye ve tarım arazilerine verilen zararları da minimuma indirilecektir.
- Atık mermer çamuru, yol temel ve temel altı katmanlarında iyi bir sıkışma malzemesi olacaktır.
- Kullanılan bu toz atıkların çevre ve sağlığa karşı olan etkileri minimum düzeye inecektir.
- Geri dönüştürülmüş asfalt kaplamadan sağlanacak ekonomik kazanım, endüstriye yeni bir kaynak sağlayacaktır. Bunun sonucu olarak, kullanımdaki kaplamaların ve geometrik standartların artırılması gerçekleştirilebilecektir.

Kaynaklar

- [1] Uluçayh, M."Yollarda Pürüzlülük Sorunu", 3.Ulusal Asfalt Sempozyumu ve Sergisi, Karayolları Genel Müdürlüğü , pp.213-227./ 16-17 Kasım 2000 Ankara
- [2] OECD, "Road Surface Characteristics", Road Transport Research / Paris, 1984.
- [3] Woodside, A., "Aggregate and Fillers", Asphalt Surfacing edited by Cliff Nicholls/ Transport Research Laboratory/ London, 1998.
- [4] Brown. E.R, "Surface Characteristics of the Road Pavements", Durability of Bituminous Materials, Leeds / UK, pp. 123-132,1992.