



**Makale
(Article)**

İnce Agregâ Türünün Kaplama Betonunun Aşınma Direncine Etkisi

Orhan KARPUZ¹, Muhammet Vefa AKPINAR²

¹Aksaray Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Aksaray/Türkiye

²Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Trabzon/Türkiye
orhankarpuz@hotmail.com

Özet

Bu çalışmada, ince agreganın aşınma direncine bağlı olarak, yollarda kullanılan betonun aşınma direnci incelenmiştir. Kalker, kalker+bazalt karışık ve bazalt türünde kırmataş ince agregalarla betonlar üretilmiştir. Beton numunelere Böhme aşınma deneyi uygulanmıştır. Deney verilerine göre, ince agreganın aşınma direncinin yükseltilmesi betonun aşınma direncini önemli derecede arttırabilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Kaplama, Beton, İnce Agregâ Tipi, Aşınma Direnci

The Effect of Fine Aggregate Type on Wear Resistance of Pavement Concrete

Abstract

In this study, abrasion resistance of concrete used for road construction was investigated with respect to the wear resistance of fine aggregate. Concrete studied is produced with fine crushed limestone aggregate, fine crushed limestone and basalt commixture and fine crushed basalt aggregate. Abrasion resistance of concrete was measured using Böhme abrasion machine. The data obtained from laboratory study showed that using wear resistant fine aggregate in concrete significantly increases abrasion resistance of concrete.

Keywords: Pavement, Concrete, Fine Aggregate Type, Wear Resistance

1.GİRİŞ

Cisimlerde meydana gelen mekanik aşınma kaybı, başka bir maddeyle hareketli teması sebebiyle aradaki sürtünmeden dolayı oluşur. Bu kayıp, yol yüzeylerinde çoğunlukla kar küreme bıçakları, lastik zincirleri ve çivili lastiklerce yapılır. Yavaş gelişen fiziksel ve mekanik bir olay olmasına rağmen zaman içindeki süreklilik, olayı büyük boyutlara taşıdığından ve yolun yüzey özellikleri araçların seyir güvenliği açısından kritik olduğundan, konu son derece önemlidir.

Kompozit bir malzeme olan beton, iri agregâ fazı ve ince agregâyla beraber çimentonun oluşturmuş olduğu hamur fazı olmak üzere iki ana fazdan oluşmaktadır. Betonun aşınma direnci bu ikisinden daha dirençli olana göre gelişmektedir [1]. Aşınma direnci yüksek olan bazalt, granit gibi doğal ve yüksek fırın cürufu gibi yapay sert agregalarla üretilen betonun aşınma direnci de yüksek olmaktadır. Diğer yandan sert agregalar, aşınma dirençlerinin daha iyi olmasına karşın konkasör tesislerindeki mekanik aksamalarda

Bu makaleye atf yapmak için

Karpuz, O., Akpınar, M.V., "İnce Agregâ Türünün Kaplama Betonunun Aşınma Direncine Etkisi" Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi 2009, 5(2) 1-8

How to cite this article

Karpuz, O., Akpınar, M.V., " The Effect of Fine Aggregate Type on Wear Resistance of Pavement Concrete" Electronic Journal of Construction Technologies, 2009, 5 (2) 1-8

daha fazla aşınma ve yıpranmaya neden olduklarından işletme masraflarını da artırmaktadırlar. Fakat yine de sert agregaların bu dirençli halinden beton yol kaplamalarında yararlanmak gerekmektedir.

Deneysel yöntemlerle aşınma direnci ölçülerek yol beton kaplamalarının aşındırıcı mekanik etkilere karşı dayanıklılığı etkin olarak belirlenebilmektedir. Beton yollarda yüzeydeki birkaç mm lik kısımda, iri agregada danelerinden daha çok ince agregada daneleri ve çimentonun oluşturduğu hamur fazı bulunduğundan [2,3] bu deneysel çalışmada, aşındırıcı mekanik etkilere karşı beton yol yüzeyinin göstereceği direnci belirlemek amacıyla, kalker türü iri agregası ve diğer kriterleri sabit tutulan betonlarda, farklı sertlikteki kayalar türlerinden elde edilmiş kırmataş ince agreganın betonun aşınma direncine ne derecede etki göstereceği araştırılmıştır.

2. DENEYSEL YÖNTEM

2.1. Malzemeler

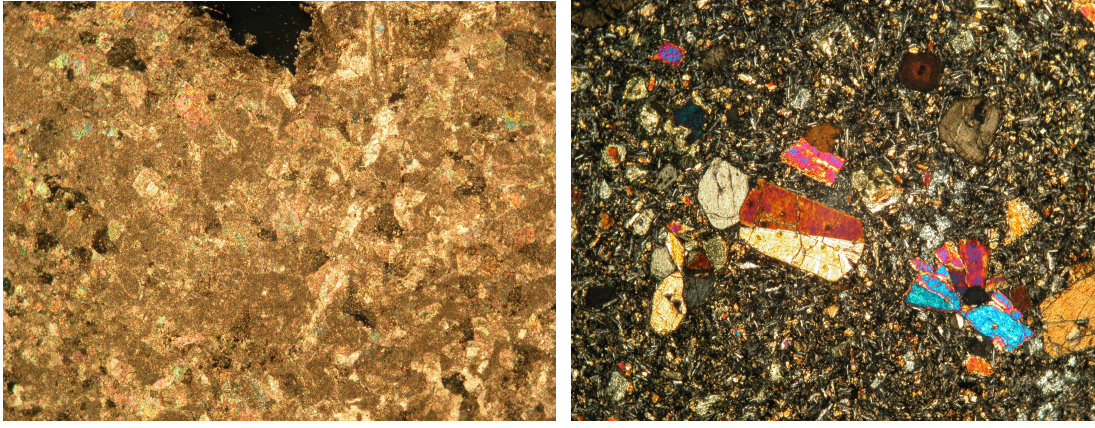
Çalışmada kullanılan iri ve bir kısım ince mineral agregada, inşaat sektöründe yaygınlıkla kullanılan ve başlıca yol inşaat malzemesi olan kalker kökenli agregada türünde seçilmiştir. Kalker türü agregada Trabzon ili Zigana dağı taş ocağından temin edilmiştir. İnce agregada olarak kullanılan aşınma direnci yüksek bazalt kökenli mineral agregada ise Trabzon ili Yomra ilçesindeki Güsey beton santralinden temin edilmiştir. Beton karışımlarda Aşkale Çimento A.Ş.'nin Trabzon Çimento Fabrikası üretimi olan PÇ 42,5 normal portland çimentosu kullanılmıştır. Çimentonun belirlenen fiziksel ve kimyasal özellikleri Tablo 1' de verilmiştir.

Tablo 1. PÇ 42,5 normal portland çimentosunun fiziksel ve kimyasal özellikleri

Fiziksel ve mekanik özellikler		Kimyasal analiz (%)	
Özgül ağırlık (g/cm ³)	3.15	SiO ₂	20,06
Özgül yüzey (cm ² /g)	3410.0	Al ₂ O ₃	5.16
200 mikron elek üzerinde kalan (%)	0.1	Fe ₂ O ₃	3.16
90 mikron elek üzerinde kalan (%)	3.1	CaO	62.43
Basınç mukavemeti (MPa), 2 gün	24.5	MgO	2.82
7 gün	42.0	SO ₃	2.32
28 gün	44.4	K ₂ O	0.6
		TiO ₂	0.2
		Na ₂ O	0.36
		Sülfür	0.17
		Klor	0.04
		Kızdırma kaybı	1.55
		Çözünmeyen kalıntı	1.05

Agregada türlerinin yapılan petrografik incelemesinde (Şekil 1), kalkerin; sparit çimentolu, içinde fosil parçaları ve kalsit damarcıkları bulunan biyosparit olduğu anlaşılmıştır. Bazaltın ise; mikrolitik porfirik ve glomerafirik dokulu, plajiyoklas (An 50-68), piroksen (ojit) ve olivin minerallerinden oluştuğu ve ayrıca kloritleşme ve silisleşme mevcut olduğu görülmüştür.

Kaba ve ince agregada üzerinde birim hacim ağırlıkları, su absorpsiyonu ve Los Angeles aşınma kaybı deneyleri yapılmış ve sonuçlar Tablo 2'de verilmiştir.



Şekil 1. Kalker ve bazalt kökenli agregaların petrografik görüntüleri

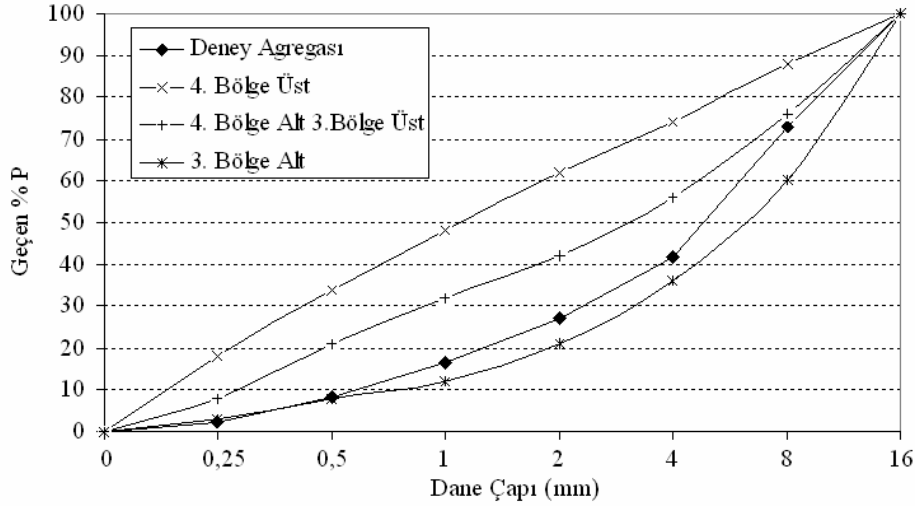
Tablo 2. Kaba ve ince agreganın özellikleri

Özellikler	Standartlar	Kalker		Kalker + Bazalt	Bazalt
		Kaba	İnce	İnce	İnce
Kuru Birim Hacim Ağırlığı, gr/cm ³	ASTM C-127	2,70	2,57	2,69	2,98
DKY Birim Hacim Ağırlığı, gr/cm ³	ASTM C-128	2,72	2,63	2,75	3,02
Doğal Birim Hacim Ağırlığı, gr/cm ³	ASTM C-127	2,702	2,58	2,72	3,01
Su absorpsiyonu, (%)		0,74	2,33	2,06	1,45
Doğal Su Oranı, (%)		0,1	0,4	1,20	1,03
Aşınma kaybı, (%) (Los Angeles)	ASTM C-131	28,5	33,1	27,8	21,3

KGM teknik şartnamelerinde yol aşınma tabakaları için Los Angeles aşınma yüzdesi sınırı % 35 olarak belirtilmektedir [4]. Dolayısıyla çalışma kapsamında kullanılan kalker ve bazalt türü agregalar, beton yol yüzeyi için uygundur. Agregada gradasyonu için sınırlar ve karışımların gradasyon değerleri Tablo 3’de verilmiş ve eğrileri Şekil 2’de gösterilmiştir.

Tablo 3. Agregada karışımlarının gradasyonları

Elek Açıklığı (mm)	Şartname Sınırları (TS 706)				Kullanılan
	% Geçen, P				% Geçen
	4. Bölge		3. Bölge		B
	Üst	Alt	Üst	Alt	
16	100	100	100	100	
8	88	76	60	73	
4	74	56	36	41,7	
2	62	42	21	27,1	
1	49	32	12	16,7	
0,5	34	21	8	8,3	
0,25	18	8	3	2,1	
Tava	0	0	0	0	
İncelik Modülü				4,3	



Şekil 2. Beton agregası referans eğrileri ve karışımların gradasyon eğrileri

Agreganın hacimce %57 si kaba agregası, %43 ü ince agregası olarak belirlenmiştir. Sabit su/çimento oranı, çimento dozajı, kaba agregası, ince agregası ve hava miktarı (%2) dikkate alınarak hacim hesabına göre karışımdaki malzeme miktarları tespit edilmiş (Tablo 4) ve belirtilen miktarlarda malzemeler alınarak karışımlar oluşturulmuştur. Sabit su/çimento oranına rağmen su miktarının sabit olmaması, kalker ile bazaltın su emme ve doğal su oranı değerlerinin farklı olmasından dolayı doygun kuru yüzey oluşuncaya kadarki gerekli su ihtiyacının değişmesinden kaynaklanmaktadır. Karışımlarda şehir şebekesi içme suyu ve Sikament R4 süper akışkanlaştırıcı beton katkıları kullanılmıştır.

Tablo 4. Karışımlarda kullanılan malzeme miktarları (1 m³ için)

İnce Agregası Kökeni	Karışım no	Çimento (kg)	S/Ç oranı	Su (kg)	Akışkanlaştırıcı (kg)	Kaba Agregası (kg)	İnce Agregası (kg)	Slump (cm)
Kalker	K	400	0.40	183	4	1064,48	765,21	3
Kalker + bazalt	KB	400	0.40	174	4	1064,48	810,19	3
Bazalt	B	400	0.40	171	4	1064,48	893,58	2,5

Yukarıdaki bilgilere göre karışımı yapılabilmek için basınç ve Böhme aşınma deneyleri için ilgili 150x150x150 küp ve 100x100x400 kiriş kalıplara yerleştirilen ve üzeri nemli örtüyle kapatılan beton numuneler, bir gün sonra kalıplardan çıkartılarak 20°C deki su içinde 28 gün bekletilmişlerdir. Aşınma deneyinde kullanılacak beton numuneler kiriş numunelerden kesilerek hazırlanmıştır.

2.2. Deneyler

2.2.1. Basınç Dayanımı Deneyi

K.T.Ü. İnşaat mühendisliği bölümü, beton ve malzeme laboratuvarındaki hidrolik pres kullanılarak, 28 günlük kürlü (20°C sıcaklık ve % 100 nem-su içinde) beton küp numuneler, sudan çıkarılıp bir gün

süreyle normal oda şartlarında bekletildikten sonra, belirli bir hızda yüklenerek kırıldı. Elde edilen basınç dayanımı verileri aşağıda (Tablo 5) verilmektedir.

2.2.2. Aşınma Direnci Deneyi

Bu çalışmada betonun aşınma direncinin belirlenmesinde Böhme aşınma deneyi (TS 2824, EN 1338, DIN 52108) kullanılmıştır. Bu deneyde dakikada 30 ± 1 devir hızla dönen 750 mm çapında yatay olarak yerleştirilmiş döner bir aşındırıcı çelik disk bulunmaktadır. Döner disk üzerindeki yerine konulup sabitlenen beton numuneye çelik bir manivela ile 294 ± 3 N düşey yük uygulanmaktadır. Düzenek üzerinde diskin 22 devrinden sonra otomatik durdurma tertibatı bulunmaktadır. Her bir beton karışımı temsilen üçer adet numune, kiriş kalıplardaki betonlardan, TS 2824'e uygun olarak kenar uzunluğu $71 \pm 1,5$ mm olan küp şeklinde kesilip taban alanı 50 cm^2 olacak şekilde gerekli düzeltmeleri yapılarak hazırlanmıştır. Deney aletine yerleştirilen beton numunenin sürtünme yolu üzerine $20 \pm 0,5$ gr aşındırıcı suni korund tozu serpilmiştir. Sistem çalıştırılmasından 22 devir sonra durmuştur. Beton numune düşey eksenini etrafında saat yönünde 90° çevrilmiş ve uygun bir fırçayla sürtünme yolu üzerindeki toz ve numune artıkları temizlenip tekrar yeni toz serpilmiştir. Çalışma kapsamındaki numunelere bu şekilde her bir numune için 20 kez 22 devir yani toplamda 440 devir yaptırılmıştır. Üretilen betonlardan belirtilen kıstaslara ve ölçüye göre kesilen numunelerin deney sonrasındaki aşınma miktarını belirlemek amacıyla deney öncesi ve sonrasında kalınlık ölçümleri yapılmıştır. Numunelerin her bir kenarında üç nokta ve ortada bir nokta olmak üzere belirlenen dokuz noktada 0,01 hassasiyette kumpas ile yükseklik ölçümleri alınmıştır. Elde edilen aşınma değerleri Tablo 5'de topluca verilmiştir.

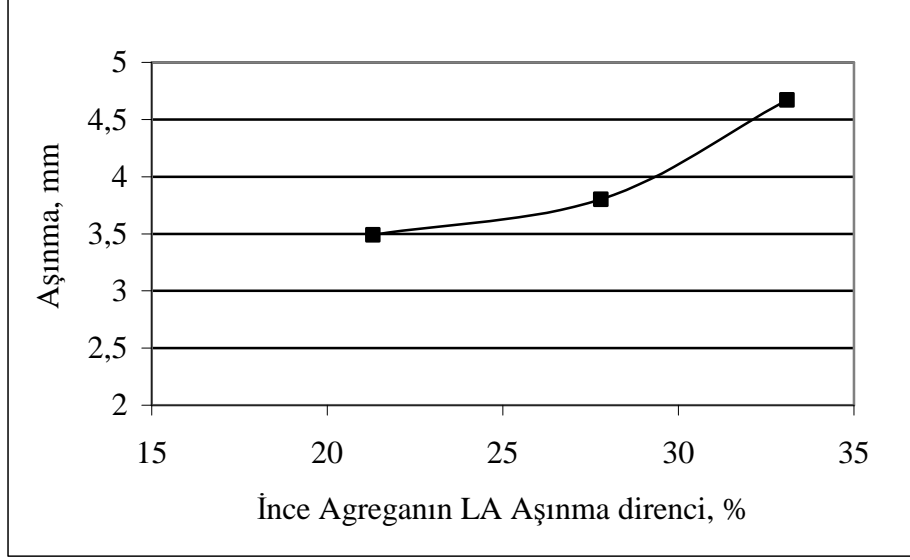
2.3. Deney Sonuçları ve İrdeleme

Basınç dayanımı testi ve Böhme aşındırma testinden elde edilen veriler aşağıda verilmiştir.

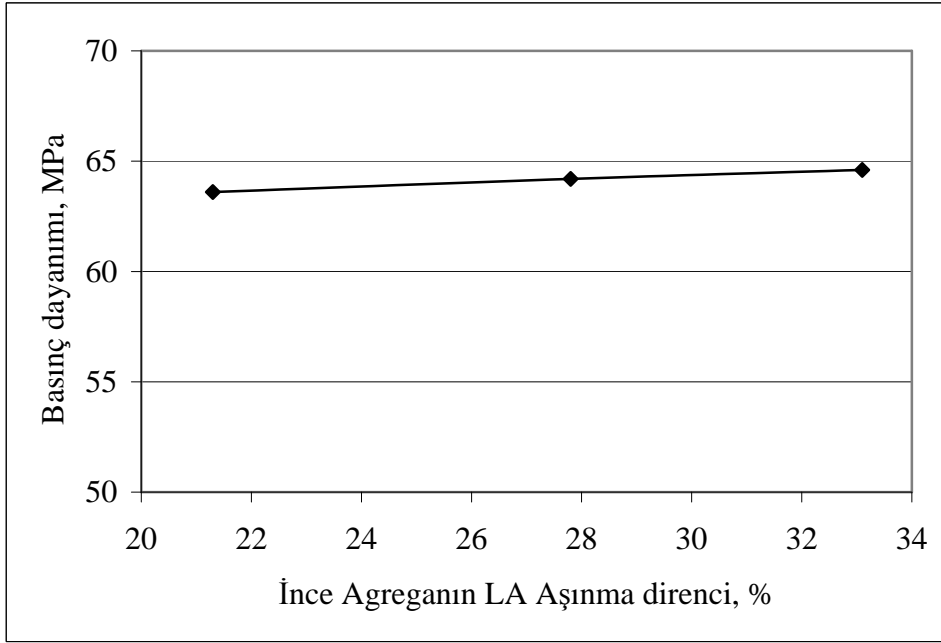
Tablo 5. Basınç dayanımı ve aşınma direnci sonuçları

Karışım No	İnce Agrega Türü	LA Aşınma Direnci (%)	Ort. basınç dayanımı (MPa)	Ort. aşınma yüksekliği (mm)
K	Kalker	33,1	64,6	4,67
KB	Kalker + Bazalt	27,8	64,2	3,80
B	Bazalt	21,3	63,6	3,49

Literatürde betonun farklı koşullar altındaki aşınma direncini inceleyen birçok araştırmada [1,5] betonun aşınma direnci ile basınç dayanımı arasında kuvvetli bir ilişkinin olduğu belirtilmiş ve aşınma direncinin kaba agregaya göre ile ince agregayla oluşmuş çimento harcı fazından direnci daha yüksek olana göre şekillendiği belirtilmiştir. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlara bakıldığında, literatür paralelinde, kaba agregaya göre aşınma direnci sabit olmasına rağmen ince agregalı çimento hamuru içinde aşınma direnci daha yüksek agregaya göre kullanılması olumlu etki gösterdiği ve toplamda betonun sürtünmeyle aşınma direncinde önemli derecede bir artış sağladığı görülmektedir. Hacimce %57 Kalker kaba agregalı beton karışımında, karışımın diğer tüm özellikleri aynı iken, hacimce % 43 oranına sahip ince agregada Los Angeles aşınma miktarı % 33,1 olan malzeme yerine % 21,3 olan malzeme kullanıldığında yani ince agreganın LA aşınma direnci yaklaşık % 35 arttırıldığında, betonun aşınma direnci yaklaşık % 25 oranında artmıştır (Şekil 3). Betonun aşınma hızı, ince agregaya göre LA aşınma direncinin % 30-35 aralığında % 20-30 aralığına göre daha fazla olmuş, %30 LA değerinden büyük değerlerdeki ince agregalı beton daha fazla aşınmıştır.

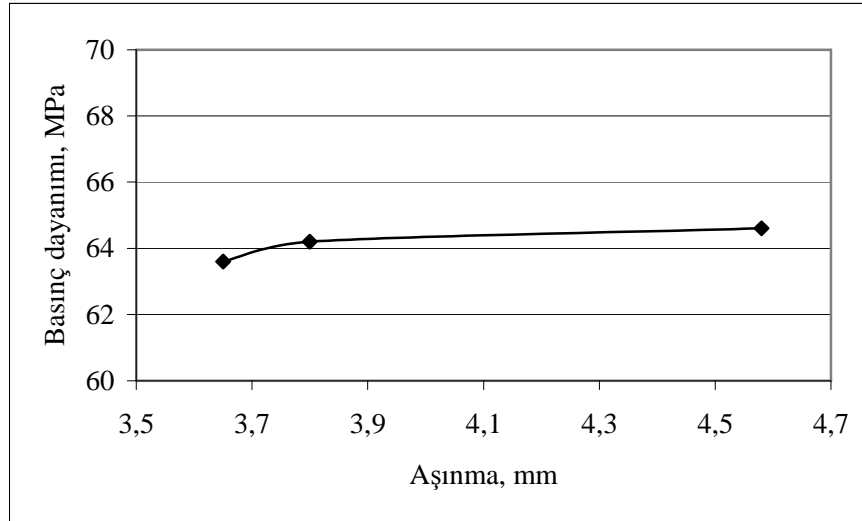


Şekil 3. Beton aşınma miktarının ince agregada aşınma direncine göre değişimi



Şekil 4. Beton basıncı dayanımının ince agregada aşınma direncine göre değişimi

Basıncı dayanımında ise birbirine çok yakın değerler elde edilmiş, hatta aşınma direnci yüksek daha sert bazalt ince agregada kullanıldığında yaklaşık % 1,5 oranında çok az bir düşüş olmuştur (Şekil 4). Literatürde genel olarak betonda basıncı dayanımı arttığında aşınma direncinin de arttığını belirtilmişse de bu, agregada aynı diğer karışım parametrelerinin farklı olduğu durumlar için geçerli olmaktadır. Agregada miktarı aynı kalmak kaydıyla aşınma direnci-sertliği değiştirildiğinde, aşınma direnci önemli oranda artsa bile betonun basıncı dayanımının bundan pek etkilenmediği görülmektedir (Şekil 5). Sebep olarak imento hamuru ile bazalt ince agregada daneleri ara yüzeyi aderansının daha iyi olmadığđ ve buna kırılma yüzeylerinin sertliğe bağlı olarak daha az przly olmasının neden olduğu söylenebilir.



Şekil 5. Basınç dayanımı - aşınma ilişkisi

Aşınma direnci yüksek agregaların kum büyüklüğünde olsa bile karışımında kullanılmasının betonun aşınma dayanımına çok olumlu etki yaptığı, ince agreganın sertliğinin betonun aşınma direncini basınç dayanımından daha fazla ve net bir biçimde etkilediği deney sonuçlarından görülmektedir. Aşındırıcı etkisinin çokluğundan dolayı maliyeti arttırması sebebiyle mıcır tesislerinde pek tercih edilmemesi nedeniyle temin edilmesinin güçleştiği koşullarda, eğer alkali agreganın reaksiyonu açısından bir tehlike arz etmiyorsa, şartların biraz daha zorlanarak aşınma direnci yüksek kayalardan yapılan sert agreganın, betonun sadece ince agreganın kısmında ya da en azından tüm ince agreganın yarısı oranında kullanılması, betonun aşınma direnci açısından çok önemli fayda sağlayabilecektir. Betonun aşınma direncinin iyileşmesiyle de, karayolu beton kaplamalarda yüzeye yakın birkaç milimetrelik kısımda ince agreganın daha fazla oranda bulunduğunu da dikkate aldığımızda, araç tekerleri ile yol yüzeyi arasındaki sürtünme katsayısı değerinin daha uzun süre yeterliliğini koruyabileceği, kar küreme işlemleri sırasında yol yüzeyinin daha az etkilenebileceği, araçlara daha güvenli bir seyir sağlanmış olabileceği rahatlıkla söylenebilir.

3. SONUÇLAR

İnce agreganın türü ve dolayısıyla aşınma direncinin betonun aşınma direnci üzerine etkisini belirlemek amacıyla yapılan bu deneysel çalışmadan elde edilen verilerle aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

1. Aşınma direnci yüksek sert agreganın temininin güçleştiği koşullarda, beton yol kaplama karışımlarında, ülkemizde yaygınlaştıkça kullanılan ve her yerde rahatlıkla bulunabilen kalker kayalardan elde edilen iri agreganın yerine, daha sert mineralli kayalardan elde edilen ince agreganın kullanılması, beton yol kaplama yüzeylerinin aşınma direncine önemli faydalar sağlayabilecektir. Basınç dayanımında da bir olumsuzluk oluşmayacaktır.

2. Yollar Fenni Şartnamesinde agreganın aşınma sınırı, kaplama tabakasında kaba ve ince agreganın için ayrı ayrı tanımlanmalıdır. İnce agreganın için üst sınırının %35 den %30'a çekilmesi aşınmaya direnci yükseltmiş daha kaliteli beton kaplamaların ortaya çıkmasına katkı sağlayabilecektir.

4. KAYNAKLAR

1. zturan, T., Beton Aşınmasının İki Fazlı Malzeme Olarak İncelenmesi, Doktora Tezi, İ.T.., Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 1984.
2. Henry, J. J., Evaluation of Pavement Friction Characteristics. NCHRP Synthesis 291, Transportation Research Board, Washington DC, 2000.
3. Hall, J. W., Guide For Pavement Friction, NCHRP Project 1-43, Transportation Sector of Applied Research Associates (ARA).
4. Yollar Fenni Şartnamesi (Yol Alt Yapısı, Sanat Yapıları, Köprü, Tünel ve st Yapı İşleri). Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Karayolları Genel Mdrlğ Yayını: 170/2, 435 ss, Ankara, 1994.
5. Atış, C. D., High Volume Fly Ash Abrasion Resistant Concrete, Journal of Materials In Civil Engineering, 274-277, May/ June 2002
6. Donza, H., Cabrera, O.ve Irassar E. F., High-strength Concrete With Different Fine Aggregate, Cement and Concrete Research, 32, 11 (2002), 1755–1761