



**Makale
(Article)**

Sathi Kaplama Agregalarının Adezyon Özelliklerinin Araştırılması

Cahit GÜRER*, **Mustafa KARASHAHİN****

*Afyon Kocatepe Üniversitesi Müh. Fak. İnş. Müh. Böl. 03200 Afyonkarahisar/TÜRKİYE

**İstanbul Üniversitesi, Müh. Fak., İnş. Müh. Böl., Avcılar-İstanbul/TÜRKİYE
cgurer@aku.edu.tr

Özet

Sathi kaplamaların performansı büyük ölçüde agrega ile bitüm arasındaki adezyona bağlıdır. Agrega ile bitüm arasındaki uygun bağ kuvvetinin sağlanması yüzeyden agrega sökülmelerinin azalarak sathi kaplama performansının artması ile sonuçlanır. Sathi kaplamalardaki en önemli bozulmalar yağmur suyu ve trafiğin etkisi ile bitüm filminin agrega üzerinden soyulması ve bunun sonucu olarak agrega parçalarının yüzeyden kopması şeklinde oluşmaktadır. Agrega parçalarının kopması sonucu yüzeyde geçirimli kısımlar oluşmakta bu bölgelerden temel tabakasına sızan su sathi kaplamalı yollarda daha ağır bozulmaların oluşmasına yol açmaktadır. Agregaların yapıştığı bitümden soyularak kopmasına neden olan en önemli nedenlerden birisi agrega üzerindeki toz ve nemdir. Bu çalışmada sathi kaplama yapımında kullanılan 5 farklı agrega numunesi kullanılmıştır. Agregaların bitümle olan yapışma özellikleri temiz, tozlu ve nemli halleriyle Vialit yapışma, Modifiye yapışma yöntemiyle ve Nicholson soyulma deneyleri yapılarak laboratuvar şartlarında deneysel olarak incelenmiş ve elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Agrega, Bitüm, Adezyon, Soyulma, Sathi Kaplama.

Investigation of Adhesion Properties of Chip Seal Aggregates

Abstract

Performance of chip seal largely depends on adhesion between the aggregate and bitumen. Ensuring adequate bond strength between bitumen and aggregate, cause to decrease raveling and resulted in increased chip seal performance. Significant deteriorations in chip seal was occurred because of the aggregate raveling as a result of the stripping of bitumen film from the aggregate surface with the effects of rain water and traffic. The result of the raveling, permeable sections are formed on the chip sealed road surface and the water leaking to base layer leads to the formation of more severe deteriorations. One of the main reason causing to rupture of adhesion between bitumen and aggregate are dust and moisture on the aggregates surfaces. In this study five different aggregate samples which were used in chip seal construction were used. Adhesion characteristics of aggregates samples with clean, dusty and moist were investigated in laboratory conditions with Vialit Plate Adhesion, Modified Adhesion and Nicholson stripping tests and their results were correlated.

Keywords: Aggregate, Bitumen, Adhesion, Stripping, Chip Seal.

Bu makaleye atf yapmak için

Gürer C., Karashahin M., "Sathi Kaplama Agregalarının Adezyon Özelliklerinin Araştırılması" Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi 2014, 10(2) 1-11

How to cite this article

Gürer C., Karashahin M., "Investigation of Adhesion Properties of Chip Seal Aggregates" Electronic Journal of Construction Technologies, 2014, 10 (2) 1-11

1. GİRİŞ

Sathi kaplamalar ekonomik nedenlerden dolayı ülkemiz karayollarında en çok uygulanan asfalt kaplama türüdür. Ülkemiz yolcu taşımacılığının % 95,2'sinin, yük taşımacılığının yaklaşık % 91,4'nün karayolu ulaşımı ile sağlandığı, sathi kaplamalı yolların ağır trafik hacimleri, toplamda 385000 km'yi bulan karayolu ağının %74'ü sathi kaplamalı köy yollarından oluştuğu, tüm yollar bitümlü sıcak karışım kaplamaya çevrilse bile, köy yollarının sathi kaplama olarak kullanılacağı göz önünde bulundurulduğunda sathi kaplamalar ve bu kaplamalardan alınan performans konusu daha uzun yıllar boyunca önemini koruyan konuların başında olacaktır [1, 2]. Granüler temel üzerine yapılan sathi kaplamaların performansına yapım öncesinde ve yapım sonrasında olmak üzere onlarca faktör etki edebilmektedir. Sathi kaplama yapımında kullanılan agregaların şekli, nominal boyutları, gradasyonları, yayılma oranları, adezyon, temizlik ve toz içerikleri, dayanım, durabilite ve aşınma özellikleri, porozite ve absorpsiyon özellikleri ve bağlayıcının cinsi, uygulama miktarları, mühendislik özellikleri sathi kaplama performansı açısından oldukça önemlidir [3-6].

Bazı bozulmalar sathi kaplama performansı üzerinde oldukça etkilidir. Gransberg ve James kuma ve sökülmenin ABD'de ki sathi kaplama uygulamalarında en sık görülen bozulma türü olduğunu belirtmiştir [4]. Sathi kaplamalarda kaplama yüzeydeki agregaların sökülmesi bağlayıcının adezyon özellikleriyle yakından ilgilidir. Sökülme ağır trafik ve yüzeysel birikinti suların etkisi ile agregasfalt adezyonunun bozulması sonucu meydana gelir. Yüzeydeki agrega parçalarının zamanla kopması sonucu geçirimli bir yüzey oluşmasıdır. Zamanla yüzeydeki sular bu kısımlardan geçerek temel tabakasının gevşemesine ve üst yapının deformasyonuna neden olmaktadır [6]. Sökülme agrega ile bağlayıcı arasındaki adezyonun bozulması sonucu oluşur ve agrega bağlayıcıdan kopar. Sökülme agrega gömülmesinin düşük seviyede olduğu, araç tekerleğinin yoğunlaşmadığı yüzey kısımlarında çok yaygın olarak görülür [1]. Değişik faktörler de agrega kaybına neden olabilir. Bunlar:

- Bitüm soğuduktan sonra agrega yayılması,
- Agreganın serildiğinde çok tozlu ve ıslak olması,
- Agreganın serildikten hemen sonra silindirlenmemesi,
- Demir bandajlı silindirlerin düşük noktalarda köprü oluşturması ve sıkıştırma yapamaması,
- Yeni kaplama üzerinden erken trafik geçirilmesi,
- Yetersiz ya da yanlış bitüm sınıfı kullanılması ya da yüzeyin emici olması,
- Özellikle demir bandajlı silindirle aşırı silindirleme belli başlı nedenlerdir [7].

Adezyon özellikleri bağlayıcının tipi, derecesi ve uygulama miktarlarıyla alakalıdır. Dolayısıyla uygulanan bağlayıcı miktarı sathi kaplamanın performansında önemli rol oynar. Agregas parçacıklarını yerinde tutmak ve yüzeye bağlamak için optimum miktarda bağlayıcı gereklidir. Fazla miktarda bağlayıcı kuma ve kayma direnci kayıplarına yol açar. Dolayısı ile optimum bağlayıcı miktarının doğru bir şekilde belirlenmesi gerekir [8]. Optimum bağlayıcı miktarı, agrega tabakası içindeki boşluk miktarı, mevcut kaplama yüzeyi ve agreganın absorpsiyon özellikleri tarafından etkilenir. Tüm bu faktörler sathi kaplama tasarımında göz önünde bulundurulmalıdır. Yüzeye uygulanan bağlayıcının üniform serilmesi de sathi kaplama performansı açısından oldukça önemlidir. Sathi kaplama performansını etkileyen önemli bir parametre de asfalt viskozitesidir. Viskozite ve bağlayıcının agregayı ıslatıp sarabilme özellikleri de uygulama sıcaklıkları ve yüzey sıcaklıklarından etkilenir. Bu çalışmada sathi kaplama yapımında kullanılan 5 farklı agrega numunesinin bitümlü olan yapışma özellikleri temiz, tozlu ve nemli halleriyle Vialit yapışma, Modifiye yapışma yöntemiyle ve Nicholson soyulma deneyleri yapılarak laboratuvar şartlarında deneysel olarak incelenmiş elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.

2. MALZEME ve METOT

2.1 Malzeme

Bu çalışmada Türkiye'nin beş farklı bölgesinden, sathi kaplama yapımında kullanılmış agrega numuneleri kullanılmıştır. Agrega numunelerin alındığı sathi kaplama güzergahları, numune kodları ve agrega tipleri Tablo 1'de görüldüğü gibidir.

Tablo 1. Agrega numunelerinin alındığı sathi kaplama güzergâhları

Özellik	Numunelerin Alındığı Sathi Kaplama Güzergahları				
	Soma - Kırkağaç	Akşehir - Argıthanı	Kalecik - Kırıkkale	Akşar - Göle	Finike - Demre
Numune Kodu	A	B	C	D	E
Agrega Tipi	Kireçtaşı	Kireçtaşı	Kireçtaşı	Andezitik Bazalt	Kireçtaşı

Çalışmada bağlayıcı olarak 100/150 penetrasyon bitüm numuneleri kullanılmıştır. Bitüm numunelerinin elde edildiği kaynaklar, bitüm deneyi bulguları başlığı altında verilmiştir. Yapışma ve soyulma deneyleri için sathi kaplamanın yapımında kullanılan bitüm numuneleri kullanılmıştır.

2.2 Metot

Çalışma agrega, bitüm ve yapışma-soyulma deneylerinden oluşmaktadır. Agregalar üzerinde Los Angeles aşınma [9], darbelenme [10], yassılık indeksi [11], Na₂SO₄ dayanıklılık [12], özgül ağırlık [13] deneyleri ayrıca numuneler üzerinde kimyasal analizler gerçekleştirilmiştir. Numunelerin analize hazırlanmaları da ACME laboratuvarlarında yapılmıştır. Burada ana oksit ve iz elementler ICP, nadir elementler ise ICP-MS ile analiz edilmiştir. Ana elementler % ağırlık, iz elementler (ppm) olarak ölçülmüştür. Yapışma deneyleri Vialit yapışma ve modifiye yapışma deneyi olmak üzere iki farklı deneyden oluşmaktadır. Yapışma deneyleri agrega numunelerinin temiz, tozlu ve nemli hallerine uygulanmıştır.

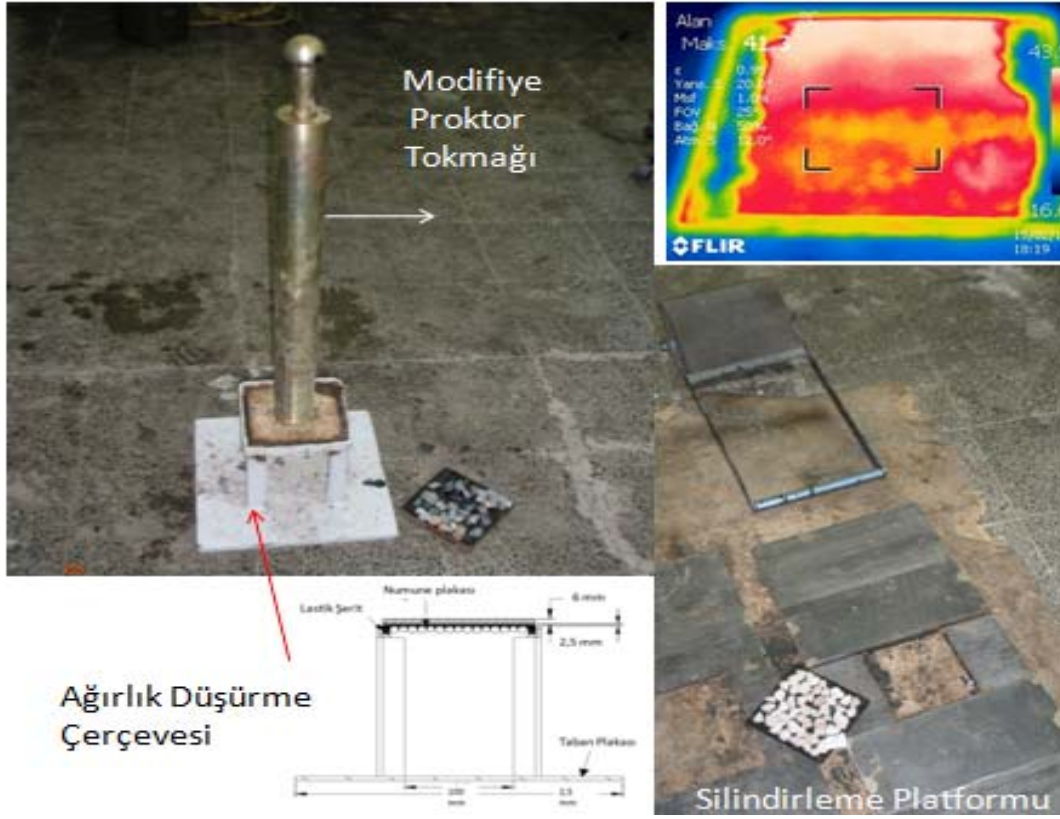
Vialit Yapışma Deneyi: Sathi kaplama agregaları için agrega-bitüm adezyonunun suyun etkisiyle azalmasını tespit etmek için yapılan bir deney yöntemidir. Bu deney ile agregaların soyulma direnci hakkında da fikir edinilebilir. Deney için 19 mm elekten geçip 9,5 mm elek üzerinde kalan agrega numuneleri iyice yıkayıp kurutulduktan sonra, içinden yassı ve uzun olmayan kübik şekilli 100 adet agrega numunesine uygulanır. Kullanılacak asfalt deneye başlamadan en az 2 saat önce 145-150 °C'deki etüvde ısıtılır. Ayrıca çelik deney levhaları da 145-150 °C'lik etüvde 30 dakika ısıtılır. Isıtılan levhalar üzerine 40 gr asfalt dökülüp, spatula ile levhanın her tarafına süzgülün bir şekilde yayılır. Asfaltlı deney levhası mekanik sericinin altına yerleştirildikten sonra, agrega gözlerinin altındaki metal plaka süratle çekilerek agregaların, 20×20 cm'lik metal plaka üzerindeki asfalt tabakası üzerine serbestçe düşmesi sağlanır. Silindirleme sırasında levha üzerindeki agregaların plakadan sıyrılmasını önlemek amacıyla, serildikten sonra levhanın hafifçe soğuyup silindirlemeye uygun bir sıcaklığa düşmesi için (60 °C civarı) 3-5 dakika beklenir. Silindirleme, lastik bandajlı silindir, agrega serilmiş levha üzerinden üç defa bir yöne ve üç defa da buna dik yönde olacak şekilde altı geçiş ile yapılır. Şekil 1'de Vialit deneyi aşamaları görülmektedir.



Şekil 1. Vialit yapışma deneyi aşamaları (a) sıcak plaka üzerine bitüm serilmesi, (b) mekanik sericiye yerleştirilmiş agrega numuneleri, (c) silindirleme, (d) su banyosunda bekletilen numuneler, (e) numuneler üzerine bilye düşürülmesi, (f) plakadan düşen agrega daneleri

İlk kez bu çalışma kapsamında silindirleme sırasında agrega numunelerinin kaymasını önlemek için Şekil 1/c'de görülen aparat yapılmıştır, ayrıca levha kenarları 2 mm yükseltilerek levha üzerine dökülen bitüm numunesinin kaybı önlenmiştir (Gürer, 2010). Silindirlenmiş deney levhaları oda sıcaklığında bir saat bekletildikten sonra 35 °C'lik su banyosunda 24 saat bekletilir. Daha sonra bilya düşürme platformu, ayar vidaları yardımı ile yatay duruma getirilir. Banyodan çıkarılan deney levhası, agregalar alta gelmiş olarak platformun üç sivri ucunun üzerine yerleştirilir. Bilya, 50 cm yükseklikteki hafif eğimli kısmında serbestçe bırakılarak levhanın tam ortasına 10 saniye ara ile 3 defa düşürülür. Düşürüldükten sonra levha yerinden çıkarılır ve düşen agregalar sayılır. Düşen agrega sayısı, toplam mıcır sayısının yüzdesi olarak hesaplanır. TCK şartnamesine göre bu değer 12'den küçük olmalıdır [14; 15-16].

Modifiye Yapışma Deneyi: Modifiye yapışma deneyi olarak isimlendirilen bu deney Senadheera vd.'nin [17] yapmış olduğu çalışmada kullanılan deney yöntemi esas alınarak gerçekleştirilmiştir. Plaka numunelerinde agrega ve bitüm arasındaki bağın kırılması için belirli miktarda mekanik enerji gerekmektedir. Bu deneyde bu mekanik enerjiyi oluşturmak için çelik bilyalar yerine modifiye proktor tokmağı kullanılmaktadır. Vialit deneyinden farklı olarak bu deney için numuneler hazırlanırken plakalar 50 °C'lik etüvde ısıtılmış, yüzey sıcaklığı 40 ± 2 °C'ye düştüğünde mekanik Vialit sericisi kullanılarak kalıp yüzeyine 49 adet yıkanmış ve kurutulmuş (temiz) 19-9,5 mm elek aralığındaki agrega serilmiştir. Serimler esnasında kullanılan 100/150 penetrasyon bitümü etüvde 150 °C'ye kadar ısıtılmıştır. Plaklar üzerine 41,56 gr ($1,23 \text{ lt/m}^2$) bitüm dökülerek homojen olarak yayılmıştır. Agrega serimi tamamlanan plaka numunesinin sıcaklığı 60 °C'ye düştüğünde lastik bandajlı silindir kullanılarak sıkıştırma yapılmıştır. Sıkıştırma işlemi tamamlanan plaka numunelerin oda sıcaklığına kadar soğuması beklendikten sonra 60 °C'lik su banyosu içerisinde küre bırakılmışlardır. Daha sonra numuneler ters çevrilerek deney platformuna yerleştirilmişlerdir. Modifiye proktor tokmağı kullanılarak ters çevrilmiş plaka numunelerinin tam ortasına üç kez darbe uygulanarak düşen mıcır sayısı yüzde olarak hesaplanmıştır. Bu deney Vialit deneyine göre deney numuneleri için daha fazla olumsuz şart oluşturmaktadır. Bu deney dört farklı şart için yerinden alınan sathi kaplama numunelerinin tamamında tekrarlanmıştır. Deney sırasıyla temiz, doğal tozlu (yıkanmamış), nemli numuneler için tekrarlanmıştır. Modifiye yapışma deney aparatları Şekil 2'de görülmektedir.



Şekil 2. Modifiye yapışma deneyinde kullanılan aparatlar ve numune plakaları [1].

Nicholson Soyulma Deneyi: Nicholson deney yöntemi için kırılmış agrega numunesinin 9,5-4,75 mm veya 4,75-3,35 mm'lik elekler arasında kalan kısmından yaklaşık 200 gr kullanılır. Deney numunesi iyice yıkanıp saf su ile birkaç kere çalkaladıktan sonra 110 °C lik etüvde kurutulur. Yıkanmış kuru agregadan $30 \pm 0,5$ gr alınarak 1 saat 110 °C lik etüvde bekletilir. Diğer taraftan $1,5 \pm 0,1$ gr bitümlü malzeme, 250 cm³ beher içinde 110 °C lik etüvde ısıtılır. Bitümlü malzeme eriyince etüvde ısıtılmış agrega hızlı bir şekilde sıcak beher içine dökülür ve yine ısıtılmış cam bagetle bütün agrega tanelerinin üzeri homojen bitüm filmiyle kaplanıncaya kadar sıcak bir yüzey üzerinde iyice karıştırılır. Bundan sonra bitümlü agrega beher içinde kür işlemine tabi tutulmak üzere 24 saat 60 °C'lik etüvde, beher içinde tutulur. Bu sürenin sonunda beher etüvden çıkarılıp, içindeki bitümlü kaplanmış agrega numuneleri 10 cm çapındaki petri kaplarına aktarılır.

Bitümlü kaplanmış agregaların üzeri bagetle çok hafif darbelerle düzeltilir ve 10 dakika laboratuvar sıcaklığında bekletilir. Daha sonra petri kabı su ile doldurulur ve üzeri bir cam kapakla kapatılarak tekrar 24 saat bekletilmek üzere 60 °C'lik etüve konur. Bu sürenin sonunda petri kabı dışarı alınarak suyu değiştirilir. Yandan gelen bir ışık altında bilhassa karışımın üst yüzü gözle incelenir. Deney sonunda soyulmamış yüzeyin bütün yüzeye oranı, soyulmaya karşı dayanıklılık olarak verilir. Karayolları Teknik Şartnamesine göre deney sonunda numunelerin en az % 50'si soyulmadan kalmalıdır [14].

3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

3.1 Agregada Deneyleri

Agregalar üzerinde sathi kaplama agregalarına uygulanan bazı agrega deneyleri gerçekleştirilmiştir. Bu deneylere ait sonuçlar Tablo 2'de görülmektedir. Yassılık indeksi deneyi haricinde tüm agrega numunelerinin şartname sınırlarını sağladığı görülmektedir.

Tablo 2. Agrega deneyi sonuçları

Agrega Deneyleri	Numune Kodları					Limit	Standart
	A	B	C	D	E		
Los Angeles Aşınma Kaybı (%)	20.6	21.0	21.4	18.3	18.5	≤35	[9]
Aggregate Darbelenme Kaybı (%)	9.4	9.2	10.4	11.4	11.7	≤12	[10]
Na ₂ SO ₄ Dayanıklılık Deneyi (%)	2.8	0.2	0.8	4.2	5.3	≤12	[12]
Yassılık İndeksi (%)	15.3	38.4	35.0	21.2	38.1	≤35	[11]
Hacim Özgül Ağırlık (gr/cm ³)	2.683	2.688	2.682	2.426	2.580	-	[13]
Su Emme (%)	0.3	0.2	0.2	1.9	1.0	-	[13]
pH	8.50	9.30	9.0	7.30	8.80	-	-

Agregaların mineralojik ve kimyasal bileşimi asfalt kaplamaların soyulma hassasiyetinde önemli bir faktör olarak bilinmektedir. Agreganın mineralojik ve kimyasal bileşimi agreganın yüzey enerjisi ve kimyasal reaktivitesini etkiler, aynı zamanda agrega yüzeyinden absorbe edilen asfalt üzerinde etkilidir. Suya olan ilgisine göre agregalar hidrofilik (su sever) ve hidrofobik (su sevmez) agregalar olarak sınıflandırılır. Hidrofilik agregalar genellikle asdiktir ve kimyasal yapılarında yüksek oranda silis içeriği bulunur. Hidrofobik agregalar ise kimyasal olarak bazik yapıdadır ve silis içerikleri düşüktür. Karbonat kökenli kayalardan kireçtaşı gibi hidrofobik agregalar üretilir [18]. Kimyasal analiz sonuçlarına göre D agregasının hidrofilik olması ve dolayısıyla yapışma ve soyulma özelliklerinin diğer agregalara göre daha kötü olması beklenebilir (Tablo 3). Bununla birlikte bir müddet suda bekletilmek suretiyle, suyun pH değerleri ölçülmüş ve en küçük değer D numunesinde 7.3 olarak elde edilmiştir. Fakat su emme özelliklerinden de anlaşılacağı gibi gözenekliliğin yüksek oluşunun bu agreganın kısa dönem yapışmasında avantaj sağlayacağı düşünülmektedir.

Tablo 3. Numunelerin kimyasal analiz sonuçları

Analiz	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	Cr ₂ O ₃
Numune	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
A	0.290	0.020	0.040	2.830	53.410	0.050	0.010	0.010	0.010	0.010	0.002
B	0.460	0.150	0.130	0.620	55.170	0.030	0.060	0.010	0.020	0.010	0.002
C	0.340	0.040	0.100	0.240	56.560	0.030	0.010	0.001	0.010	0.010	0.002
D	66.200	16.360	3.750	0.210	3.340	4.530	2.750	0.730	0.290	0.030	0.002
E	0.170	0.020	0.060	0.890	55.800	0.030	0.010	0.010	0.010	0.010	0.002

3.2 Bitüm Deneyleri

Deneyisel çalışmalarda kullanılan bitüm numuneleri ve mühendislik özellikleri Tablo 4'de verilmiştir. Elde edilen sonuçların şartname sınırları içerisinde olduğu görülmüştür.

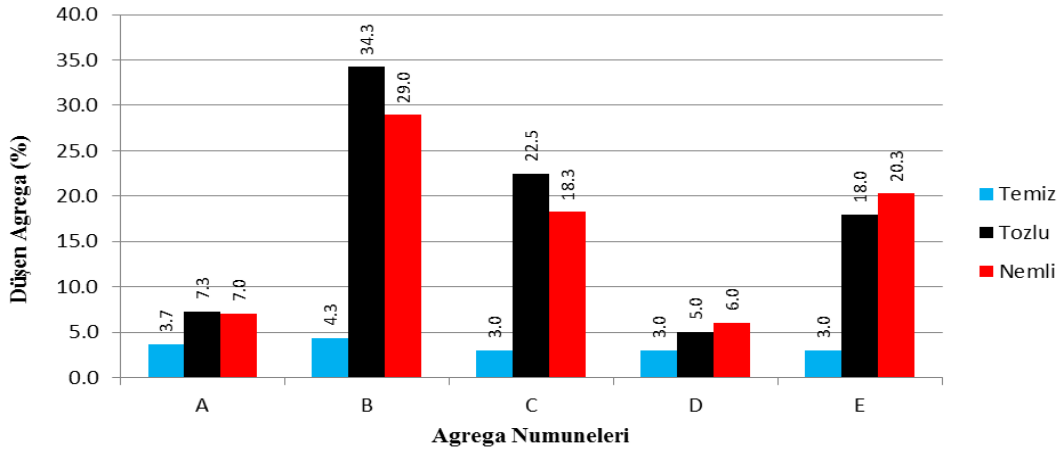
Tablo 4. Bitüm deneyi sonuçları

Özellikler	Değerler	Standart	TCK 2006 Limiti
Kaynak	Aliğa		-
Bitüm Sınıfı	100/150		-
Penetrasyon	120	[19]	100-150
Yumuşama Noktası	43.6	[20]	39-47
RTFOT Kütle Kaybı	0.06	-	Maksimum 0.8
RTFOT Sonrası Penetrasyon	72	[21]	-
Kalıcı Penetrasyon	60		Minimum 43
*RTFOT sonrası Yumuşama Noktası	49		Minimum 41
Yumuşama Noktası Artışı	5.4		Maksimum 10

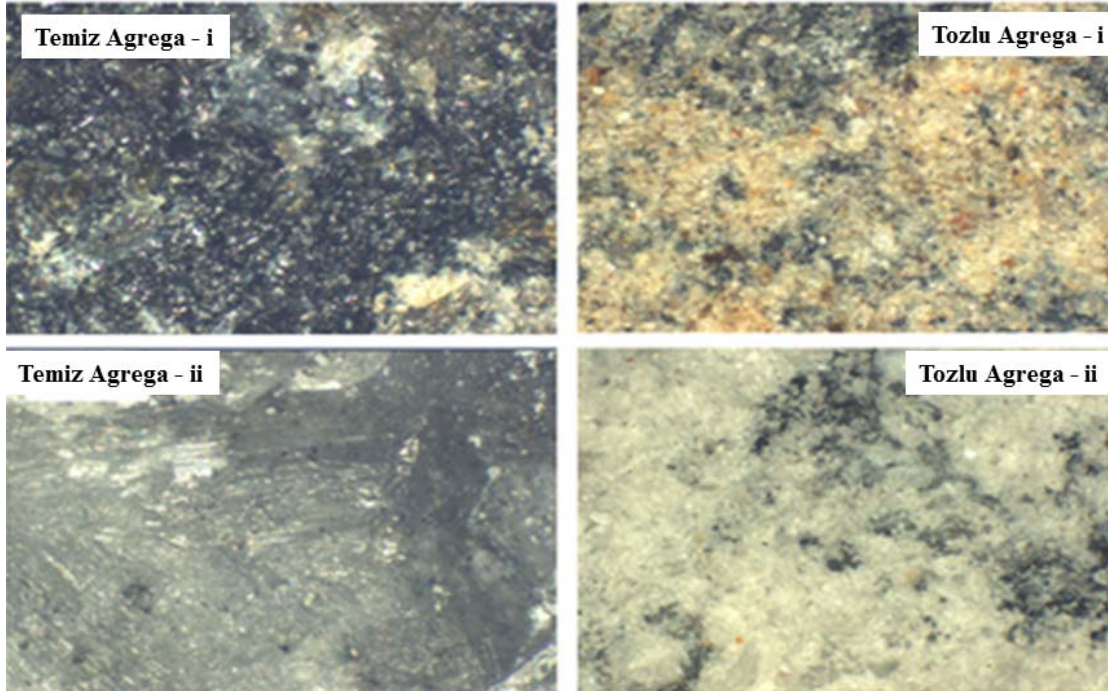
*Dönen ince film halinde ısıtma deneyi

3.3 Yapışma ve Soyulma Deneyleri

Sathi kaplama agregalarının bitümle olan yapışma özelliklerinin değerlendirilmesi amacıyla Vialit yapışma deneyi gerçekleştirilmiştir. Bu deney tüm agrega numuneleri için üç farklı aşamada gerçekleştirilmiştir. Birinci aşamada agrega numuneleri standartta belirtildiği gibi temiz olarak deneye tabi tutulmuşlardır [16]. İkinci ve üçüncü aşamalarda ise agrega numuneleri doğal tozlu halleri ve nemlendirilerek deneye tabi tutulmuşlardır. Karşılaştırmalı Vialit yapışma deneyi sonuçları Şekil 3’de görülmektedir.

**Şekil 3.** Vialit yapışma deneyi sonuçları

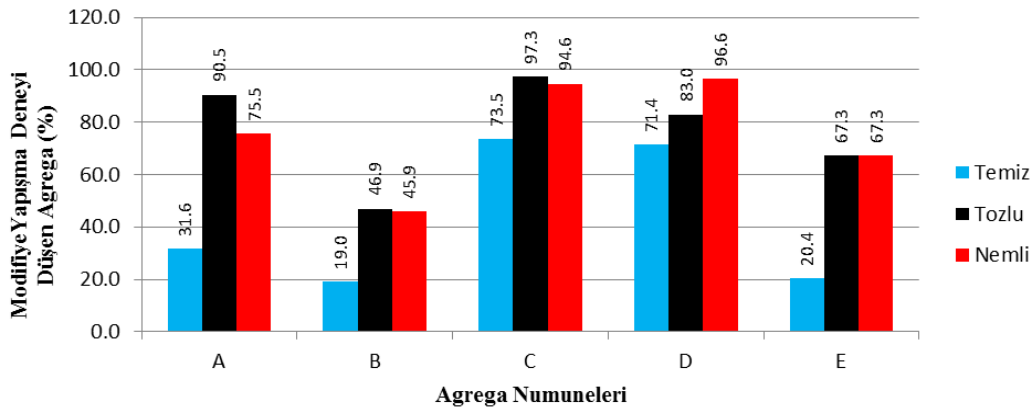
Deney sonuçlarına göre genelde ideal temiz agregalarda yapışma özelliğinin daha iyi olduğu görülmektedir. Doğal toz içeriklerine göre agregalar deneye tabi tutulduklarında yapışma özelliğinin numunelerin tamamında kötüleştiği görülmüştür. Agregada danelerinin temiz veya tozlu oluşunun yapışma özellikleri üzerinde önemli etkisi olduğu yapılan literatür çalışmalarından da bilinmektedir [17, 5, 22, 23]. Senadheera vd.’nin [17] belirttiği gibi agrega yüzeyindeki tozlar adezyonun kimyasal ve fiziksel özelliklerini değiştirerek agrega ile bitüm arasında zayıf bir bağın oluşmasına yol açmaktadır. Tarrer ve Wagh’a göre agrega yüzeyindeki toz parçacıkları, bitüm filmi ile olan adezyonu önleyerek sathi kaplamaların bozulmasına yol açar [22]. Alkolle temizlenmiş ve doğal tozlu agrega danelerinin yüzeyindeki toz parçacıklarının optik mikroskopta çekilmiş fotoğrafları Şekil 4’de görülmektedir.



Şekil 4. Temiz ve doğal tozlu agrega yüzeyleri [1].

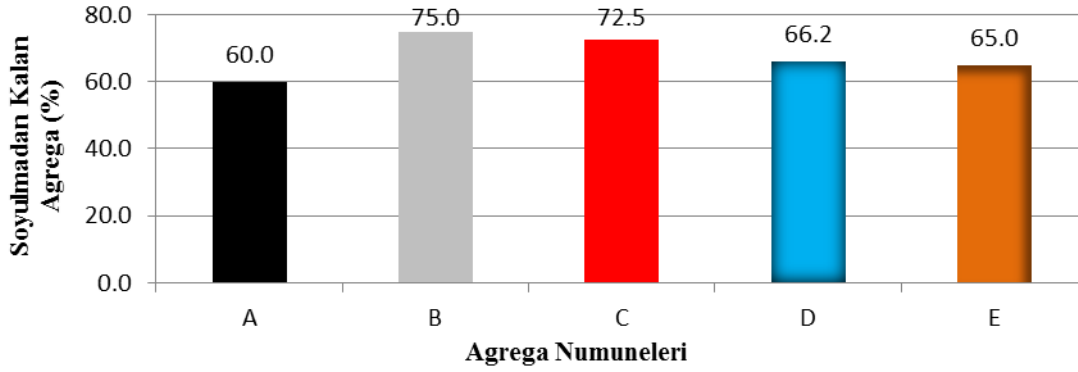
Genelde sathi kaplama yüzeyi suya maruz kalınca iyonik asfalt-agrega bağları zaman içerisinde zayıflar veya çözülür (Senadheera, 2006). Bu maksatla Vialit yapışma deneyi numuneleri 35 oC suda 24 saat bekletilerek en olumsuz şartlara maruz bırakılmış olur. Nemli agregalarla yapılan Vialit yapışma deney sonuçlarına göre yapışma özelliklerinin hemen hemen agregaların hepsinde olumsuz etkilendiği görülmektedir. Bununla birlikte nemli agregaların yapışmaya olan etkisi tozlu agregalar kadar olumsuz olmamıştır. Temiz agregalarla yapılan Vialit yapışma deneyi sonuçlarına göre düşen temiz agrega yüzdeleri, TCK Teknik şartnamesine göre sınır olarak kabul edilen 12 değerinin altındadır [14]. Bununla birlikte tozlu agregalarda, özellikle B, C ve E numunelerinde bu değerler oldukça yüksek olduğu görülmüştür.

Modifiye yapışma deneyi sonuçlarına göre de, doğal tozlu ve nemli agregaların yapışmaya olan etkileri temiz agregalara göre daha olumsuz olmuştur (Şekil 5). Genel sonuçlar incelendiğinde tozlu agregaların adezyonu daha olumsuz etkilediği görülmüştür.



Şekil 5. Modifiye yapışma deneyi sonuçları

Soyulma etkisini belirlemek için Nicholson soyulma deneyi gerçekleştirilmiştir. Soyulmadan kalan agrega yüzeyleri $A < E < D < C < B$ şeklinde elde edilmiştir (Şekil 6).



Şekil 6. Nicholson soyulma deneyi sonuçları

4. SONUÇ ve ÖNERİLER

Yapılan deneysel çalışmalar sonucunda silis içeriği yüksek olan volkanik agregaların soyulma ve yapışma davranışlarının diğer agregalara göre daha olumsuz olacağı görülmüştür. Bu tip agregaların sathi kaplama yapımında adezyon artırıcı katkılarla veya modifiye bağlayıcılarla kullanılmalıdır. Tüm yapışma deneyi sonuçlarına göre tozlu ve nemli agregalar adezyonu olumsuz etkilemektedir. Bununla birlikte deney sonuçları, tozun adezyon üzerindeki etkisinin neme göre daha olumsuz olduğunu göstermiştir. Modifiye yapışma deneyi sonuçlarına göre tüm agrega numunelerinde düşen agrega sayısının arttığı görülmüştür. Bundan sonraki çalışmalarda farklı bitüm numuneleri kullanılarak çalışmanın sonuçları daha da geliştirilebilir.

5. TEŞEKKÜR

Bu çalışma 107G081 ve 1589-D07 nolu projeler olarak TÜBİTAK ve Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından ve ayrıca Türkiye Cumhuriyeti Karayolları Genel Müdürlüğü tarafından desteklenmiştir. Yazarlar desteklerinden dolayı TÜBİTAK, Süleyman Demirel Üniversitesi ve Türkiye Cumhuriyeti Karayolları Genel Müdürlüğüne teşekkür ederler.

6. KAYNAKLAR

1. Gürer, C., 2010, "Sathi Kaplamaların Performansına Etki Eden Parametrelerin İncelenmesi ve Performans Modeli Geliştirilmesi", Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
2. Gürer, C., Karaşahin, M., Saltan, M., 2011, "Performansa Dayalı Sathi Kaplama Şartnamesi-Yeni Zelanda Örneği", 2. Karayolu Ulusal Kongresi, 210-222, Ankara.
3. Ellis, R. 2003, "Development of improved Procedures for Managing Pavement Markings During FDOT Highway Construction Projects", Florida Department of Transportation Research Management Center, Final Report, 18, Tallahassee, FL, US.
4. Gransberg, D., James, D.M.B., 2005, "Chip Seal Best Practices. In: Chip Seal Performance Measures", NCHRP Synthesis 342, Transportation Research Board, 56-60, Washington, D.C.

5. SANRAL (The South African National Roads Agency Ltd.), 2007. Technical Recommendations for Highways, Design and Construction of Surfacing Seals. TRH3. Pretoria, Republic of South Africa.
6. Karaşahin, M., Gürer, C., 2007, “Sathi Kaplamalar. Konya Belediyeler Birlięi”, 106’ncı Eęitim Semineri, Asfalt Günleri, 75-116, Konya.
7. Uluçaylı, M., 2002, “Asfalt El Kitabı, İSFALT Yayınları, 500, İstanbul.
8. Banihatti, N.V., 1994, “Design and Durability of Asphalt Seal Coats”. M.Sc. Thesis. University of Arkansas, Arkansas, US.
9. ASTM C 131, 2000, “Standard Test Method for Resistance to Degradation of Small-Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine”, ASTM International, West Conshohocken, PA.
10. TS EN 1097-2, 2010, “Agregaların Mekanik Ve Fiziksel Özellikleri İçin Deneyler Bölüm 2: Parçalanma Direncinin Tayini İçin Metotlar”, Türk Standartları Enstitüsü. Bakanlıklar/ANKARA.
11. ASTM D 4791-05, 2006, “Standard Test Method for Flat Particles, Elongated Particles or Flat and Elongated Particles in Coarse Aggregate. American Society for Testing and Materials”, ASTM International, West Conshohocken, PA.
12. ASTM C 88-05, 2006, “Standard Test Method For Soundness of Aggregates by Use of Sodium Sulfate or Magnesium Sulfate”, ASTM International, West Conshohocken, PA.
13. ASTM C 127, 2000, “Standard Test Method for Specific Gravity and Adsorption of Coarse Aggregate”, ASTM International, West Conshohocken, PA.
14. Türkiye Cumhuriyeti Karayolları Genel Müdürlüğü, 2006, “Karayolları Teknik Şartnamesi”, Ankara.
15. Önal, M., A., Kahramangil, M., 1993, “Bitümlü Karışımlar Laboratuvar El Kitabı”. T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Karayolları Genel Müdürlüğü, Teknik Araştırma Dairesi Başkanlığı, Ankara.
16. British Standards (BS). EN 12272-3, 2003, “Surface Dressing. Test Methods-Determination of Binder Aggregate Adhesivity by the Vialit Plate Shock Test Method”.
17. Senadheera, S., Wm.Tock R., Hossain, M.S., Yazgan, B., Das, S. Jan., 2006, “A Testing and Evaluation Protocol to Assess Seal Coat Binder-Aggregate Compatibility”, Texas Tech University, Center for Multidiciplinary Research in Transportation, Project Summary Report 0-4362-S, Project 0-4362.
18. Little, D.N., Jones, D.R., 2003, “Chemical and Mechanical Processes of Moisture Damage in Hot-Mix Asphalt Pavements in Moisture Sensitivity of Asphalt Pavements.”, Transportation Board, 37-71, San Diego, California.
19. ASTM D5 / D5M – 13., 2013, “Standard Test Method for Penetration of Bituminous Materials”, ASTM International, West Conshohocken, PA.

20. ASTM D36/D36M-09, 2009, “Standard Test Method for Softening Point of Bitumen (ring-and-ball apparatus), ASTM International, West Conshohocken, PA.
21. ASTM D2872-12e1, 2012, “Standard Test Method for Effect of Heat and Air on a Moving Film of Asphalt (Rolling Thin-Film Oven Test)”, ASTM International, West Conshohocken, PA.
22. Tarrer, A. R., Wagh, V., 1991, “The Effect of the Physical and Chemical Characteristics of The Aggregate on Bonding”, Strategic Highway Research Program, National Research Council, Washington, D.C.
23. Transit New Zealand (TNZ), Road Controlling Authorities, Roothing New Zealand, 2005. Chipsealing in New Zealand, Wellington, New Zealand.