

Çevresel Atıklarla Modifiye Edilmiş Sathi Kaplamaların Performansının Agregat-Bitüm İlişkisi Bağlamında Değerlendirilmesi

Murat KARACASU^{1*}, Kadir Berkhan AKALIN²

^{1,2} İnşaat Mühendisliği Bölümü, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir, Türkiye

*¹ muratk@ogu.edu.tr, ² kbakalin@ogu.edu.tr

(Geliş/Received: 31/07/2019;

Kabul/Accepted: 29/09/2019)

Öz: Karayolu üstyapı kaplamaları genel olarak Bitümlü Sıcak Karışım (BSK) veya sathi kaplama şeklinde üretilmektedir. Bu çalışmada düşük maliyeti sebebiyle kullanım alanı fazla olan sathi kaplamaların agregat-bitüm ilişkisi incelenmiştir. Yapılan çalışmalarda, agregat, bitüm ve karışım deney sonuçları birlikte değerlendirilmiştir. Agregat olarak kireçtaşı ve bazalt cinsi agregatlar kullanılmıştır. Bitüm olarak; 50/70 ve 70/100 penetrasyonlu bitümler, katkı olarak ise; % 10 atık lastik ve %1 Polivinil Klorür (PVC) kullanılmıştır. Üretilen bütün bu farklı tipteki numuneler için sathi kaplamaların performansının ölçülmesinde kullanılan Soyulma ve Yapışma (Vialit) mukavemeti deneyleri gerçekleştirilmiştir. Deneysel çalışmalardan elde edilen sonuçlara göre, 50/70 bitüm kireçtaşı agregatlarla daha iyi yapışma sağlarken, 70/100 bitüm bazalt agregatlarında daha güçlü yapışma sağlamaktadır. Atık lastik ve PVC talaşları agregat ve bitüm arasındaki adezyonu artırmaktadır. Ayrıca atıklar kireçtaşı agregatlarında daha iyi performans göstermektedir. Özellikle bazalt türü agregatlarında düşük olan adezyonu, kullanılan atık lastik ve PVC talaşları artırmaktadır. 70/100 penetrasyonlu bitümde, bitümün kıvamından dolayı katkı olarak kullanılan atıkların homojen dağılımları kolaylaşmakta ve bu sayede adezyon kuvvetindeki artış daha iyi gözlemlenmektedir. Soyulma mukavemeti kapsamında, atık lastik ile modifiye edilmiş olan bitüm ve kireçtaşı en iyi performansı sağlamıştır.

Anahtar kelimeler: Sathi kaplama, geri dönüşüm, soyulma mukavemeti, yapışma mukavemeti, sürdürülebilir ulaşım.

Evaluation of the Performance of Modified Chip Seal with Environmental Waste in the Context of Aggregate-Bitumen Relationship

Abstract: Road pavements are produced in the form of Bituminous Hot Mix Asphalt (HMA) or chip seal in general. In this study, the aggregate-bitumen relationship of chip seal, which is preferred more due to its low cost, was investigated. In experimental studies, aggregate, bitumen and mixture test results were evaluated together. Limestone and basalt aggregates were used as the aggregates. As the bitumens; 50/70 and 70/100 penetration grade bitumens, as an additive; 10% waste rubber and 1% Poly Vinyl Chloride (PVC) are used in the experiments. Peeling resistance and adhesion (Vialit plate) tests were applied to measure the performance. According to the experimental results; in the adhesion (Vialit) tests, 50/70 penetration grade bitumen provides better adhesion with limestone aggregates, while 70/100 bitumen provides better adhesion in basalt aggregates. Waste rubber and PVC fibers increase adhesion strength between aggregate and bitumen. In addition, the wastes used as additives reveal a good performance when the limestone is used as an aggregate. Waste rubber and PVC fibers increase the adhesion strength which is low in basalt aggregates especially. In 70/100 penetration grade bitumen, the homogeneous dispersion of the wastes as the additives is facilitated due to the consistency of the bitumen, thus increasing the adhesion strength can be easily observed. In the context of peeling strength, limestone aggregates and the bitumen modified by the waste rubber provided the best performance.

Key words: Chip seal, recycling, peeling resistance, adhesion test, sustainable transport.

1. Giriş

Her geçen gün kaynakların tükendiği ve daha fazla kirlenen dünyamızda yapılan mühendislik çalışmalarında güvenlik, ekonomi ve çevreyi en az kirletme esastır. Karayolu kaplamalarında sathi kaplamaların maliyeti bitümlü sıcak karışım (BSK) kaplamalara göre daha düşüktür. Ancak imalat şekillerinden ve yapılarından dolayı bazı dezavantajlı durumları mevcuttur. Genel bir ifadeyle, sathi kaplamaları oluşturmak için, temel tabakası üzerine ince film halinde bitüm püskürtülür (Şekil 1). Daha sonrasında belli bir dane dağılımına sahip agregat, bitüm üzerine serilir. Silindirlerle ve daha sonra akan trafiğin de etkisiyle sıkıştırma yapılır. BSK kaplamalara göre kalınlıkları daha az olduğundan ve büyük gözenekli yapısından dolayı dayanımları düşüktür. Özellikle kış aylarındaki tuzlama çalışmalarından daha fazla etkilenirler. Su ile etkileşimleri daha fazladır. Bu yüzden, araç tekerleklerindeki vakumlama etkisiyle birlikte yüzeyden kopmalar meydana gelebilir. Mevsimsel sıcaklığın

* Sorumlu yazar: muratk@ogu.edu.tr. Yazarların ORCID Numarası: ¹ 0000-0001-9721-0984, ² 0000-0001-6720-5498

artması ile kumular oluşabilir ve bunun yanında yapısal bozulmalar meydana gelebilir. Kuloğlu, Kök ve Öndaş (2004) yaptığı çalışmada, sıcaklık, trafik yükü ve bitüm oranındaki artışın kuma miktarını da arttıracakını tespit etmişlerdir [1]. Ancak maliyetlerinin düşük olması nedeniyle ülkemizde kaplama olarak genellikle sathi kaplamaların kullanımı tercih edilmektedir. Özellikle ülkemizde kırsal alanlardaki ilçe ve köy yollarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Tablo 1’de verildiği üzere ülkemizde sathi kaplama yol uzunluğu 40.183 km’dir ve tüm yol ağının yaklaşık %60’ını oluşturmaktadır.



Şekil 1. Sathi kaplama çalışmaları.

Tablo 1. Sath Cinsine Göre Türkiye Karayolu Ağı (01.01.2019 itibariyle) [2].

	Asfalt Betonu	Sathi Kaplama	Parke	Stabilize	Toprak	Diğer Yollar	TOPLAM
Otoyol	2 159	-	-	-	-	-	2 159
Devlet Yolları	17 520	13 115	58	27	-	301	31 021
İl Yolları	4 403	26 218	232	537	443	2 320	34 153
TOPLAM	24 082	39 333	290	564	443	2 621	67 333

Eğer yol imalatı hızlı bir şekilde yapılacak ise, BSK kaplama yolları önce sathi kaplama şeklinde imal edip, muhtemel oturmalar gerçekleşikten sonra asıl kaplamayı inşa etmek daha faydalı olacaktır. Sathi kaplamaların kullanımı bu kapsamda da önem arz etmektedir.

Literatürdeki çalışmalara bakıldığında, Türkyılmaz (2007) tarafından yapılan çalışmada sathi kaplamalar da dâhil olmak üzere, esnek üstyapılı karayolları için dünyada uygulanan koruyucu bakım yöntemleri incelenmiş ve uygulanabilirliği araştırılmıştır. Bu kapsamda esnek üstyapılı karayollarında koruyucu bakım yönteminin seçimi hakkında bilgiler sunulmuş ve karayollarında oluşan bozulmalar ve nedenleri araştırılmıştır [3].

Gürer (2010) tarafından yapılan ve sathi kaplamaların performansına etki eden parametrelerin araştırıldığı çalışmada, agregat ve bitüm numuneleri üzerinde laboratuvar ortamında, Nicholson ve California soyulma deneyleri ile Vialit ve Modifiye yapışma deneyleri gerçekleştirilmiştir. Ayrıca iklimsel veriler ve laboratuvar ortamında tespit edilen malzeme özellikleri kullanılarak, sathi kaplama performansı üzerinde etkili olduğu düşünülen parametreler için model geliştirilmiştir [4].

Sağlık ve Öztürk tarafından 2014 yılında Türkiye’deki sathi kaplamalarda kullanılan bitümlerin performans sınıflarının (SPG -Surface Performance Grade) belirlenmesi üzerine çalışma yapılmıştır. Bu çalışma kapsamında, maksimum ve minimum kaplama sıcaklıklarına göre uygulanacak sathi kaplamada, hangi bitümün kullanılacağı araştırılmıştır [5].

Gürer ve Karşahin (2014) sathi kaplamada kullanılan agregaların adezyon özelliklerini incelediği araştırmasında, sathi kaplamaların performansına etkiden en önemli faktörün agregat-bitüm arasındaki adezyon olduğunu ifade etmektedir. Agregat-bitüm arasındaki yeterli yapışma kuvvetinin sağlanması ile agregaların kaplama yüzeyinden sökülmeleri azalacak ve bu sayede sathi kaplamaların performansı artarak, hizmet süresini sorunsuzca karşılaması sağlanacaktır [6].

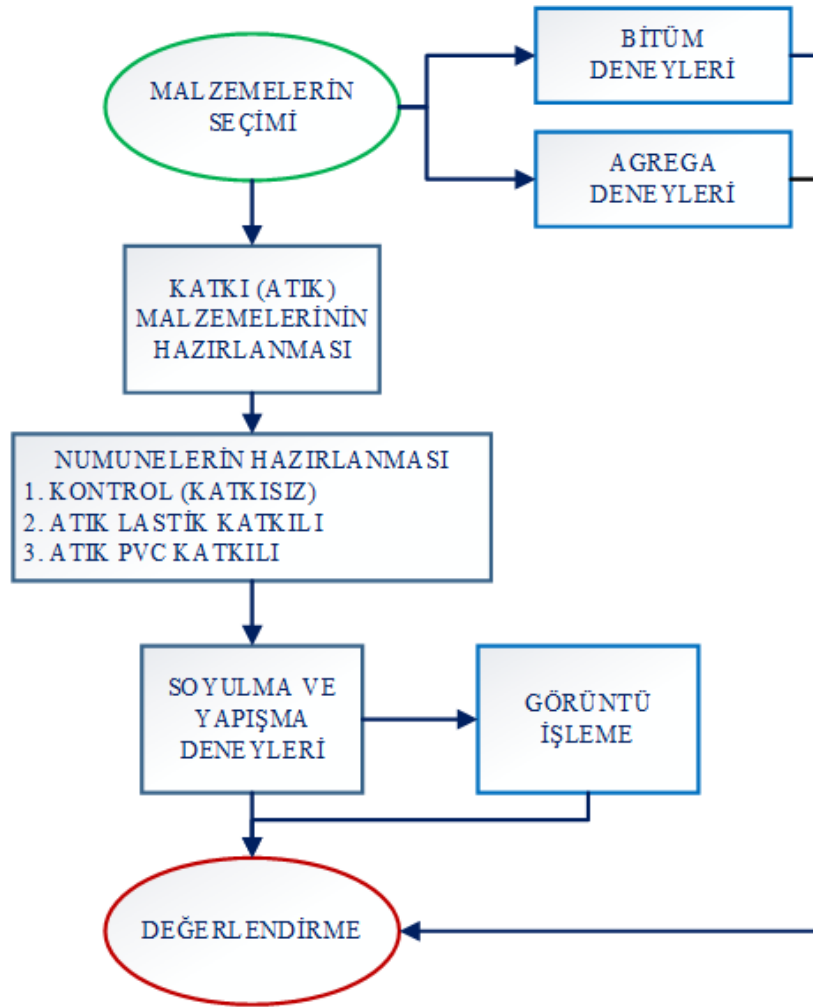
Literatürde yapılan çalışmalar daha çok BSK kaplamalar üzerine yoğunlaşmakta, sathi kaplamaların performanslarının araştırılmasına yönelik çalışmalar oldukça azdır. Bu kapsamda sathi kaplamalar üzerinde çalışmalar yapılmış ve deneyler gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada, agregat-bitüm adezyonu üzerine araştırmalar yapmak ve bu araştırma sonuçlarını ortaya koymak amaçlanmıştır. 50/70 ve 70/100 penetrasyonlu bitümler için

deneyler ayrı ayrı uygulanmıştır. Ülkemizde yaygın olarak kullanılan kireçtaşı ve maliyeti daha yüksek olan bazalt agregaları da deneylerde kullanılmıştır. Atık katkı malzemesi olarak; atık lastik ve Poli Vinil Klorür (PVC) talaşları ile deneysel çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Sathi kaplamaların performans değerlerinin ölçülmesinde kullanılan Soyulma ve Vialit yapışma deneyleri, iki farklı tip bitüm, iki farklı türde agrega ve değişken katkı miktarı uygulanarak gerçekleştirilmiştir.

2. Materyal ve Metot

Çalışma kapsamında agrega, bitüm ve karışım deney sonuçları birlikte değerlendirilmiştir. Çalışmanın akış şeması Şekil 2'de verilmiştir. Agrega olarak, kireçtaşı ve bazalt cinsi agregalar; Bitüm olarak, 50/70 ve 70/100 penetrasyonlu bitümler; katkı olarak ise % 10 oranında atık lastik ve %1 oranında PVC kullanılmıştır. Öncelikli olarak arasındaki ilişkinin değerlendirileceği, agrega ve bitüm numuneleri üzerinde ayrı ayrı deneyler gerçekleştirilmiş ardından agrega-bitüm ilişkisi için deneyler yapılmıştır.

Agregalar için, elek analizi, Los Angeles aşınma kaybı, Mikro-Deval aşınma kaybı, yassılık indeksi, donma-çözülme, organik madde analizi, birim hacim ağırlık, özgül ağırlık ve su emme deneyleri; bitüm için, yumuşama noktası, penetrasyon, duktilite, ince film ısıtma kaybı (TFOT), parlama noktası ve özgül ağırlık deneyleri uygulanmıştır. Atık katkılarla üretilen ve agrega-bitüm ilişkisi incelenen farklı tipteki numuneler için sathi kaplamaların performansının ölçülmesinde kullanılan Soyulma ve Yapışma (Vialit) mukavemeti deneyleri gerçekleştirilmiştir.

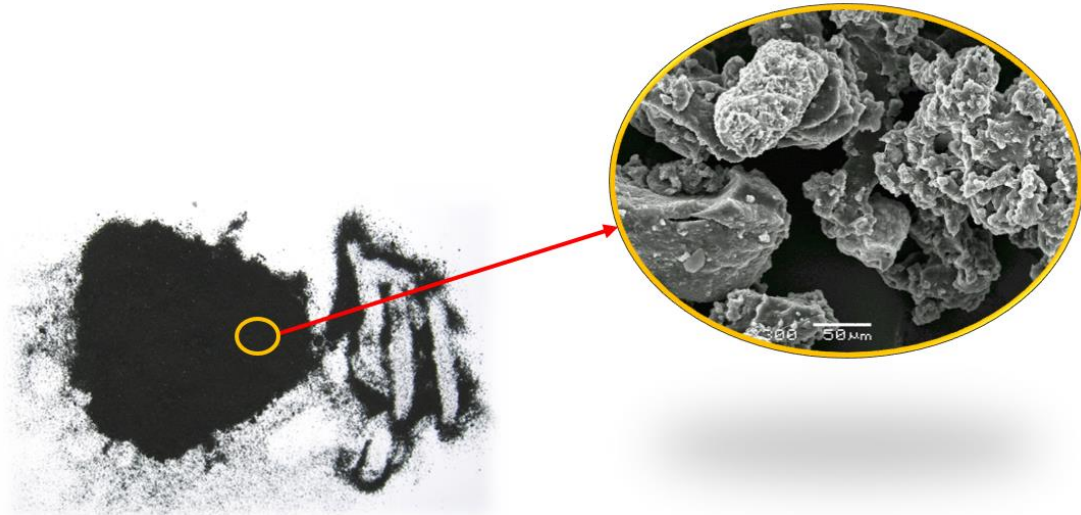


Şekil 2. Çalışmanın akış şeması.

Soyulma mukavemeti deneyi, agregaların soyulma dayanımını ölçmek için gerçekleştirilen deneydir. Su ve trafik etkisi agregat ile bitüm arasındaki adezyonu bozarak bitümün agregat üzerinden soyulmasına sebep olur. Soyulma dayanımı; agregat ile bitüm arasındaki yapışma özelliğinin bir ölçüsüdür. Soyulma deneyinde; 9,50-4,75 mm elek aralığında kalan agregatlardan 200 gram alınarak iyice yıkanır ve 110°C'lik etüvde kurutulur. 50±0,5 gram agregat beher içine konur. 140-150°C sıcaklığa sahip etüvde 1 saat bekletilir. 2,5±0,5 gr bitüm 250 cm³'lük beher içerisine konur. Beher kum banyosuna yerleştirilir. Agregatlar beher içerisine dökülür ve agregat yüzeyleri homojen bir şekilde kaplayıncaya kadar bağıt ile karıştırılır. İçinde bitüm ve agregat karışımı olan beher, 60°C'lik etüvde 24 saat bekletilir. Daha sonra üzerleri bitüm kaplı olan agregatlar 10 cm çapındaki petri kaplarına yerleştirilir. Gerekirse agregatların yüzeyleri cam bağıtler ile düzeltilebilir. Petri kaplarının içerisine saf su ilave edilir ve kapakları kapatılır. 60°C lik etüvde 24 saat bekletilir. Sonrasında petri kaplarının suyu boşaltılarak yeniden su ile doldurulur. Petri kaplarına yandan ışık verilerek agregat yüzeyleri görsel olarak incelenir. Agregatların soyulan ve soyulmayan kısımları belirlenir. Soyulmayan kısımların, tüm agregat yüzeyine oranı soyulma dayanımını verir.

Vialit yapışma mukavemeti deneyi, agregat-bitüm adezyonu hakkında bilgi veren bir deneydir. Özellikle sathi kaplamalarda agregat ile bitüm arasındaki adezyon kuvveti oldukça önemlidir. Mevsimsel değişikliklerin fazla yaşandığı bölgelerde agregat-bitüm ilişkisinin önemi daha da artacaktır. Vialit deneyinde; 19 mm (3/4")'lik elekten geçen, 9,5mm (3/8") elek üstünde kalan agregatlardan 100 adet yıkanır ve kurutulur. Agregatlar, agregat sericinin içerisindeki kafeslere yerleştirilir. Agregatların düşmemesi için altında düz yüzeyli çelik levha bulunmalıdır. Deneyde kullanılacak bitüm 150°C'de 2 saat ısıtılır. Çelik levhalar da aynı sıcaklıkta 30 dakika ısıtılır. 40 gram bitüm spatula yardımıyla çelik levhalar üzerine serilir. Agregat sericide yer alan, bölmelenmiş kafesin altında yer alan çelik levha hızla çekilir ve agregatların çelik levha üzerine serbest düşmesi sağlanır. Agregatların bitüme yapışması için 2-3 dakika beklenir. Lastik bandajlı silindir ile agregatların üzerinden birbirine dik yönde, her gidiş-geliş bir geçiş olmak üzere, üçer defa geçiş yapılır. Bu işlem sırasında agregatların yerinden oynamamasına dikkat edilir. Bu deney levhalarından 3 adet hazırlanır. Üzerinde bitüm ve agregat serili olan bu 3 levha oda sıcaklığında 1 saat bekletilir. Ardından levhalar 35°C'lik su banyosunda 24 saat bekletilir. Levhalar, yatay konumdaki düşme tablanın üç mesnedine agregatların olduğu yüzey altta kalacak şekilde yerleştirilir. Çelik bilye, 50 cm yükseklikten levha üzerine, 10 saniye içerisinde 3 defa düşürülür. Bu işlem her üç numune levhası için tekrarlanır ve levhalardan düşen agregat miktarları belirlenir.

Çalışma kapsamında katkı maddesi olarak atık lastik ve PVC kullanılmıştır. Atık lastikler, hizmet ömrünü tamamlayan atık lastiklerden elde edilmektedir (Şekil 3). Atık lastiklerde araç tekerleklerinin yüzeye değen yumuşak kısım ve çelik tel ile sağlamlaştırılmış sert kısım olmak üzere iki kısım bulunmaktadır. Çalışmada atık lastiklerin yumuşak kısmı kullanılmıştır. Bu yumuşak kısımlar; birbirine paralel, yüzeyleri pürüzlü, yüksek devirde dönen, çelik plakalar vasıtasıyla öğütülmektedir. Öğütülmüş toz halindeki atık lastikler bitüm ile yaklaşık 250 devir/dak. hızda modifikatör mikserde karıştırılmaktadır (Şekil 4). Modifikatör karıştırıcı ısı iletken bir hazneye sahiptir. Bu ısı iletkenlik özelliğine sahip yağ haznesi sayesinde istenilen yüksek sıcaklık değerleri kolaylıkla sağlanabilmektedir. Karışım sıcaklığı 163°C, karışım süresi 60 dakikadır.



Şekil 3. Atık lastik katkı.

PVC (Poli Vinil Klorür) talaşları petrol ve tuzdan oluşan, endüstriyel olarak genellikle kapı ve pencere yapımında kullanılan sentetik bir malzemedir. Çalışmada kullanılan PVC talaşları, üretim sırasında tezgâhların çevresinde atık olarak biriken malzemelerdir. Bu atık PVC talaşları 1x5 mm boyutlara sahip ve beyaz renktedir (Şekil 4).



Şekil 4. Atık PVC katkı ve bitüm katkı karışım cihazı (modifikatör).

3. Deneysel Çalışma Sonuçları

Çalışma kapsamında gerçekleştirilen agrega deneyleri TS EN standartlarına göre yapılmıştır. Agregalar için elde edilen deney sonuçları Tablo 2’de verilmiştir. Çalışmada gerçekleştirilen soyulma ve yapışma deneyleri kaba agregalar ile yapıldığından dolayı, agrega deneyi kireçtaşı ve bazalt kaba agregaları için uygulanmıştır.

Tablo 2. Agrega özellikleri deney sonuçları.

	Kireçtaşı	Bazalt	Sınır Değer	Standart
Hacim özgül ağırlık (g/cm ³)	2,480	2,665		TS EN 1097/6
Zahiri özgül ağırlık (g/cm ³)	2,657	2,718		
Yüzey kuru suya doygun (YKSD) özgül ağırlık (g/cm ³)	2,547	2,685		
Su emme yüzdesi (%)	1,687	0,730		TS 3529
Sıkışık birim hacim ağırlık (g/cm ³)	1,911	2,456		
Gevşek birim hacim ağırlık (g/cm ³)	1,756	2,037		
Aşınma kaybı (%)	26,2	24,7	<30	TS 3694
Yassılık indeksi (%)	17	16	<35	TS 9582
Don kaybı (MgSO ₄) (%)	1,3	0,9	<10	TS 3655
Organik madde tayini	-	-	<0,5	TS 3673

Yapılan çalışmada kullanılan 50/70 ve 70/100 penetrasyonlu bitümler için TS EN standartlarına göre uygulanan deney sonuçları Tablo 3’te verilmiştir.

Tablo 3. Bitüm özellikleri deney sonuçları.

	50/70 Bitüm	70/100 Bitüm	Sınır Değer		Standart
			50/70	70/100	
Yumuşama noktası (°C)	48,5	47,0	46-54	43-51	TS 120 EN 1427
Penetrasyon (25°C, 1/10 mm)	58,5	76,1	50-70	70-100	TS 118 EN 1426
Parlama noktası (°C)	250	270	>230	>230	TS 123 EN 22592
Isıtma kaybı (TFOT kütle kaybı) (%)	0,13	0,18	<0,5	<0,8	TS 121 TS EN 12607/2
Özgül ağırlık (g/cm ³)	1,048	1,027	1,0-1,1	1,0-1,1	TS 1087

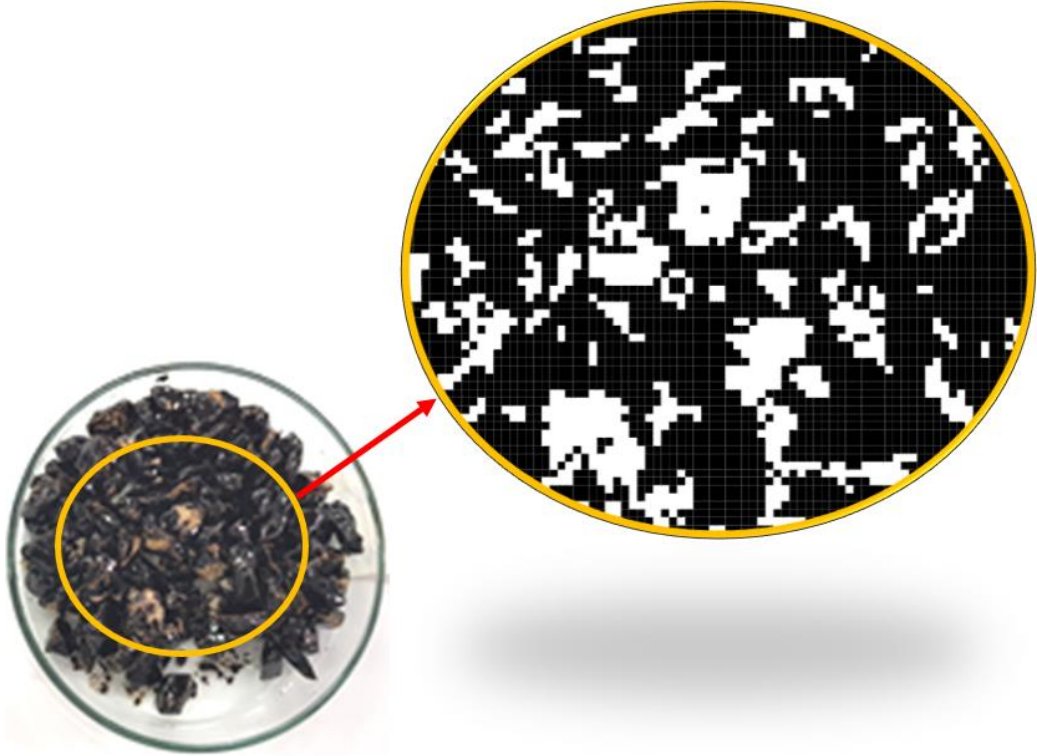
Soyulma mukavemeti deney çalışmaları için her bir numuneden ikişer adet üretilmiş ve sonuçlar değerlendirilirken aynı özelliğe sahip numunelere ait değerlerin ortalamaları alınmıştır. Numunelerin içeriklerine göre yapılan isimlendirme Tablo 4'te, deney çalışmasına ait görseller Şekil 5'te verilmiştir. Geleneksel olarak agreg-a-bitüm arasındaki soyulma mukavemeti TS EN 12697-11'e göre, deney sonundaki tüm agreg-a danelerinin soyulmamış yüzeylerinin, bütün yüzeye oranının en yakın %5'e yuvarlanması ile tespit edilir [7]. Ancak bu değer, günümüzde birçok alanda yaygın olarak kullanılan görüntü işleme yöntemleri ile tespit edilebilmektedir (Şekil 6). Buna uygun olarak soyulma mukavemeti değerleri Şekil 7'de, görüntü işleme yöntemleri kullanılarak daha hassas olarak tespit edilmiş ve bulunan değerler gözle de kontrol edilmiştir.

Tablo 4. Numune isimlendirmelerine göre numunelerin içerikleri.

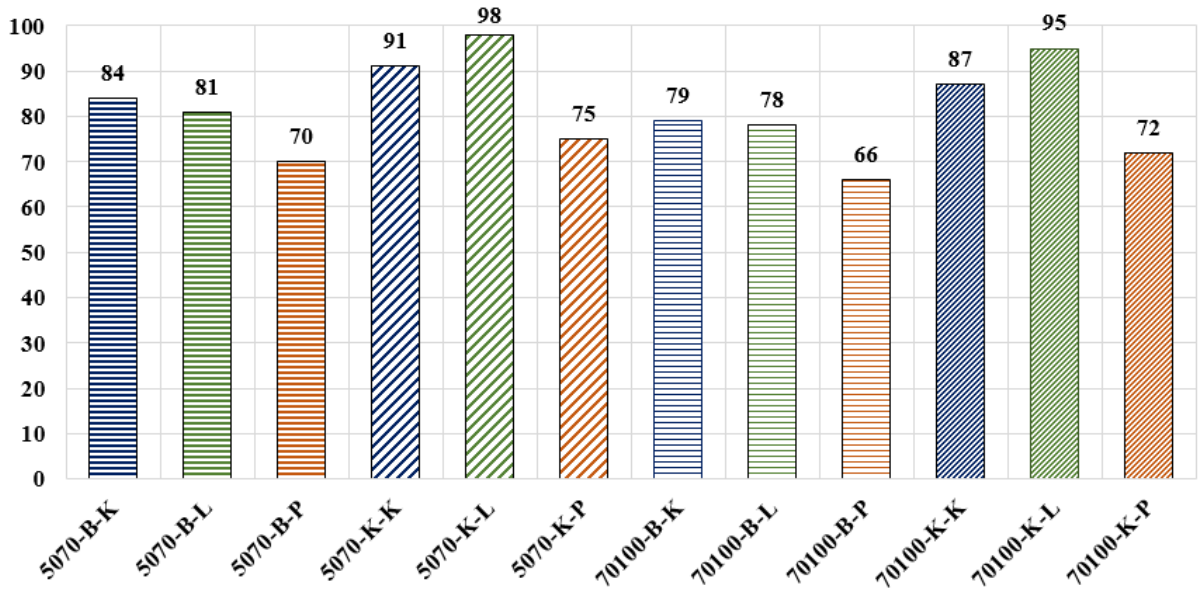
Numune Adı	Bitüm Sınıfı	Agreg-a Tipi	Katkı
5070-B-K	50/70	Bazalt	Katkısız
5070-B-L	50/70	Bazalt	Atık lastik
5070-B-P	50/70	Bazalt	PVC talaşları
5070-K-K	50/70	Kireçtaşı	Katkısız
5070-K-L	50/70	Kireçtaşı	Atık lastik
5070-K-P	50/70	Kireçtaşı	PVC talaşları
70100-B-K	70/100	Bazalt	Katkısız
70100-B-L	70/100	Bazalt	Atık lastik
70100-B-P	70/100	Bazalt	PVC talaşları
70100-K-K	70/100	Kireçtaşı	Katkısız
70100-K-L	70/100	Kireçtaşı	Atık lastik
70100-K-P	70/100	Kireçtaşı	PVC talaşları



Şekil 5. Soyulma deneyi görüntüleri.



Şekil 6. Görüntü işleme yöntemleri kullanılarak soyulma mukavemeti değerinin tespiti.



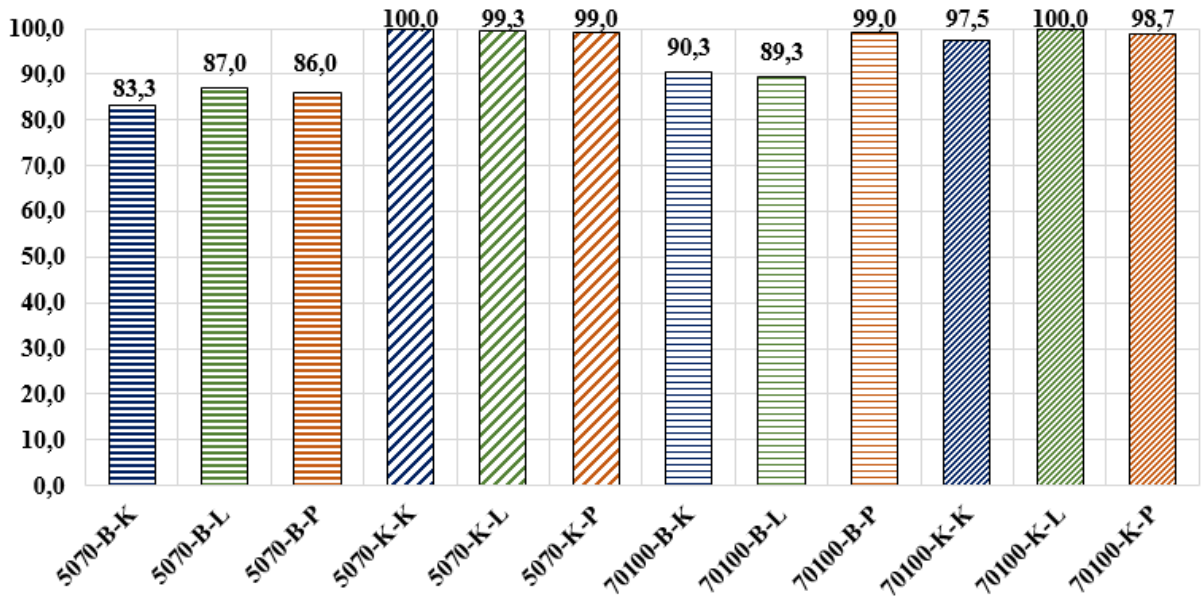
Şekil 7. Soyulma mukavemeti değerleri (%).

Deney sonuçlarına göre, atık lastik ile modifiye edilmiş olan bitüm ve kireçtaşı en iyi performansı sağlamıştır. PVC talaşı atıklarının soyulma performansına olumlu etkisi bulunmamaktadır. Soyulma mukavemeti bağımlı değişken, agrega, bitüm ve katkı türleri bağımsız değişken olarak düşünüldüğünde, ikili değerlendirmelerde farklı sonuçlar ortaya çıkabilmektedir. Katkı maddesi, bitüm ile agreganın bağlanmasına olumlu etki gösteriyorsa kaplamanın soyulma mukavemetini de arttıracaktır. PVC talaşı katkının soyulma mukavemetini arttırmıyor olmasına, mevcut karıştırma sıcaklığında PVC'nin yeterli bağlayıcı özellik gösterememiş olması neden olarak gösterilebilir. Atık lastikler hem 50/70 hem de 70/100 bitüm ile kireçtaşı agrega arasında iyi bir bağlayıcı olarak çalışmakta ve soyulma mukavemetini arttırmaktadır. Kireçtaşı agrega yüzeyinin bazalt agrega yüzeyine göre daha fazla gözenekli yapıda olması, soyulma mukavemeti açısından kireçtaşının bazalta göre daha iyi sonuçlar vermesini sağlamaktadır. Ayrıca literatürdeki bazı çalışmalarda kireçtaşının bazalta göre bitümle daha iyi uyum sağlamasının nedenlerinden birinin de pH (asidik-bazik) uyumu olduğu düşünülmektedir [8-10].

Vialit yapışma mukavemeti için yapılan deneysel çalışmalarda yine her bir numuneden üçer adet üretilmiş ve sonuçlar değerlendirilirken aynı özelliğe sahip numunelere ait değerlerin ortalamaları alınmıştır. Numunelerin isimlendirmeleri soyulma mukavemetindeki isimlendirmelerle aynıdır (Tablo 4). Deney çalışmasına ait görseller Şekil 8'de, adezyon yüzdeleri Şekil 9'da verilmiştir.



Şekil 8. Vialit yapışma deneyi görüntüleri.



Şekil 9. Vialit yapışma (adezyon) mukavemeti değerleri (%).

Deney sonuçları incelendiğinde, kireç taşı ile üretilen numuneler yapışma performansı bağlamında daha iyi sonuçlar vermektedir. Kireçtaşı agregalar bazalt agregalara göre daha gözenekli bir yapıya sahip olduklarından dolayı, bitüm bu gözenekli yapıya daha iyi tutunabilmekte ve adezyon kuvvetinde artış sağlanabilmektedir. Katkılar, kireçtaşı agrega ile daha iyi bağlayıcı özellik göstermekte ve bu sayede adezyon kuvvetini arttırdığı gözlemlenmektedir. Kullanılan katkıların 70/100 bitümün kıvamı nedeniyle, bitüm içerisinde daha homojen dağıldığı ve bu sebeple etkileşiminin arttığı düşünülmektedir. Kireçtaşı bütün katkı ve bitüm türleri için şartname sınır değerlerini sağlamaktadır. Masif yapısı ve düzgün yüzeyinden dolayı bazalt agregalar adezyon açısından sorun yaratmakta, ancak 70/100 bitüm ile daha iyi sonuç verebilmektedir.

4. Sonuçlar ve Yorumlar

Çalışma kapsamında maliyeti bitümlü sıcak karışım (BSK) kaplamalara göre daha düşük olan ve ülkemizde özellikle il ve köy yollarında yaygın olarak uygulanan sathi kaplamalarda kullanılabilecek çevresel atıklarla modifiye edilmiş bitüm ile agregalar arasındaki ilişkisi kapsamında değerlendirmeler yapılmıştır. Sathi kaplamaların performanslarının değerlendirilmesinde sıklıkla kullanılan soyulma mukavemeti ve Vialit yapışma (adezyon) mukavemeti deneyleri esas alınmıştır.

Sathi kaplamalar yapısı itibarıyla çevresel şartlardan BSK'lara göre daha fazla etkilenirler. Ancak yapılacak yolun hızlıca hizmete açılması gerektiğinden, yolun sınıfına da uygun olarak, başlangıçta sathi kaplama uygulaması yapılarak gelecek yıllarda BSK'ya dönüştürülebilmektedir. Bu sayede meydana gelebilecek oturmalar ve ondülasyonlar gözlemlenerek BSK uygulaması sırasında var olan bozulmaların telafi edilmesi de sağlanabilmektedir. Literatürde, yapılan çalışmaların daha çok BSK kaplamalar üzerine yoğunlaştığı, sathi kaplamalar üzerine gerçekleştirilen araştırmaların oldukça az olması da göz önünde bulundurularak yapılan bu çalışmanın literatüre etkin bir katkısının olacağı açıktır.

Çalışmada soyulma ve yapışma mukavemeti bağımlı değişken, agrega, bitüm ve katkı türleri bağımsız değişken olarak ele alınmıştır. Agregalar ülkemizde oldukça yaygın kullanılan kireçtaşı ve bazalt; bitüm olarak 50/70 ve 70/100 penetrasyonlu bitümler; katkı olarak ise %10 atık lastik ve %1 PVC bitüm ile modifiye edilerek kullanılmıştır.

Soyulma ve yapışma mukavemeti deneyleri, Karayolları Teknik Şartnamesi (KTS) esas alınarak, şartnamede belirtilen standartlara uygun olarak gerçekleştirilmiştir [11]. Her bir tür numuneden soyulma deneyi için ikişer tane, yapışma deneyi için üçer tane ve birer tane yedek hazırlanmıştır. Gerçekleştirilen deneysel çalışmalar görüntü işleme teknikleri ile desteklenmiştir.

Deneysel çalışmalardan elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibi sıralanabilir:

Vialit yapışma mukavemeti deneylerinde, kireçtaşı numuneleri bazalt numunelere göre daha iyi performans göstermiştir. Kireçtaşı ile üretilen numunelerde agregat-bitüm adezyonu daha fazla çıkmaktadır. Bu durum agreganın yapısı ile açıklanabilir. Kireçtaşı agregalar gözenekli yapısı sayesinde bitümün agregat yüzeyine tutunmasını sağlamakta ve böylelikle adezyonu arttırmaktadır.

Penetrasyon değerlerine bağlı olarak, 50/70 ve 70/100 bitümün agregat ve bitüm adezyonuna etkileri farklılık göstermektedir. 50/70 bitüm kireçtaşı agregalarla daha fazla adezyon sağlarken, 70/100 bitümün bazalt agregalarla olan adezyonu daha fazladır. 70/100 penetrasyonlu bitümde, kıvamından dolayı ilave edilen atık katkıları bitüm içerisinde daha homojen dağılabilmekte ve bu sayede adezyon kuvvetinde 50/70 bitüme oranla daha fazla artış gözlemlenmektedir.

Katkı olarak kullanılan atık lastik ve PVC talaşları, agregat ve bitüm arasındaki adezyon kuvvetini arttırmaktadır. Ayrıca atıklar kireçtaşı agregalarda daha iyi performans göstermektedir. Özellikle bazalt türü agregalarda düşük olan adezyonu, kullanılan atık lastik ve PVC talaşları arttırmaktadır. Ancak atık lastiklerin olumlu etkisi, PVC talaşlarına oranla daha fazladır.

Soyulma mukavemeti açısından, atık lastik ile modifiye edilmiş olan bitüm ve kireçtaşı en iyi performansı sağlarken, PVC talaşlarının soyulma performansına olumlu etkisi gözlemlenmemiştir.

Çalışma sonucunda, atık lastik ile modifiye edilmiş bitüm ve kireçtaşı agregat kullanılarak üretilen sathi kaplamanın soyulma ve yapışma mukavemeti açısından performansının diğerlerine göre en yüksek olduğu tespit edilmiştir. Kaynakların etkin kullanımı ve sürdürülebilirlik kapsamında, atık lastik kullanımı ile çevresel bir atık değerlendirilirken, atık lastiğin bitüme karışmasının oldukça kolay olması sayesinde, asfalt karışım tesisinde yapılacak düşük maliyetli teknik değişiklikler ile üretim yapılması sağlanabilecektir. Böylelikle hem üretilen sathi kaplamaların performansının ve dolaylı olarak trafik güvenliğinin artması sağlanacak, hem de sürdürülebilir kalkınma çalışmalarına destek verilmiş olacaktır.

Teşekkür

Bu makale çalışması, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından 2016-1116 proje numarası ile desteklenen projeden üretilmiştir.

Kaynaklar

- [1] Kuloğlu N, Kök BV, Öndaş M. Sathi kaplamalarda kusma olayına etki eden faktörler. 4. Ulusal Asfalt Sempozyumu, 2004; Ankara, Türkiye. pp. 141-148.
- [2] Yol Ağı Bilgileri; <http://www.kgm.gov.tr/Sayfalar/KGM/SiteTr/Kurumsal/YolAgi.aspx>; Karayolları Genel Müdürlüğü, 2019.
- [3] Türkyılmaz A. Esnek Üstyapılı Karayollarında Koruyucu Bakım Yöntemlerinin İncelenmesi. Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 2007.
- [4] Gürer C. Sathi kaplamaların performansına etki eden parametrelerin incelenmesi ve performans modeli geliştirilmesi. Yüksel Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, 2010.
- [5] Sağlık A, Arıkan Öztürk E. Türkiye’de sathi kaplamalarda kullanılan bitümlerin performans sınıflarının belirlenmesi. Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi 2014; 29(4): 689-698.
- [6] Gürer C, Kardeş M. Sathi kaplama agregalarının adezyon özelliklerinin araştırılması. Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi 2014; 10(2): 1-11.
- [7] TS EN 12697-11; Bitümlü karışımlar-Deney metodları-Sıcak karışımli asfalt için-Bölüm 11: Agregat ve bitüm arasındaki bağlanmanın tayini. Türk Standardları Enstitüsü, 2012.
- [8] Radenberg M, Nytus N, Diedel R, Miehl M, Boetcher S. New findings in relation to adhesion. 6th Eurasphalt & Eurobitume Congress; 1-3 June 2016; Prague, Czech Republic. pp. 1-12.
- [9] Labib ME, Hefer A, Little D. Surface Chemistry at the Bitumen-Aggregate Interface. International Conference on Advanced Characterisation of Pavement and Soil Engineering Material, Athens, Greece, 2007.
- [10] Curtis CW. Investigation of asphalt-aggregate interactions in asphalt pavements. American Chemical Society, Fuel, 1992; 37: 1292-1297.
- [11] Karayolu Teknik Şartnamesi. Karayolları Genel Müdürlüğü, T.C. Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, 2013.