

KENDİLİĞİNDEN İYİLEŞEN ASFALT, MİKROKAPSÜLERİN OLUŞTURULMASI VE PERFORMANSA ETKİSİ

SELF-HEALING ASPHALT, FORMATION OF MICROCAPSULAR AND ITS EFFECT ON PERFORMANCE

Bahar NAS 

Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İnşaat Mühendisliği bölümü, Ankara

Geliş Tarihi / Received: 27.10.2020
Kabul Tarihi / Accepted: 26.11.2020

Araştırma Makalesi/Research Article
DOI: 10.38065/euroasiaorg.374

ÖZET

Asfalt kaplama yolları trafiğe ve yağmur ve oksidasyon gibi doğal elementlere maruz kalmaktadır, bu da gevşeme yeteneklerinin azalmasına ve çatlakların başlamasına neden olmaktadır. Asfalt kaplama hizmetinin ömrünü uzatmak için, çatlakların çok fazla büyümesini önlemek için önlemler alınmalıdır. Muhtemel yollardan biri, yenilikçi bakım teknikleri kullanmaktır, asfalt bağlayıcıdaki yaşlanma sürecini tersine çevirmeyi amaçlayan kendi kendini iyileştirme teknolojisidir. Kendiliğinden iyileşen mikrokapsüller, mikro çatlakları özerk bir şekilde onarmak, orijinal mekanik özellikleri geri yüklemek, daha sonra yorulma çatlaklarının büyümesini yavaşlatmak ve döşemenin yorulma ömrünü arttırmak için etkili bir yol gibi görünmektedir. Bu çalışmada; Mikro kapsüllerin özelliklerinin belirlenmesinin ardından, organik yağları içeren farklı mikrokapsül oranları, 50/70 penetrasyon dereceli bitüm içerisine ilave edildi. Süneklik kendiliğinden iyileşme testleri (ASTM D113-07), asfalt mastiklerinin kendi kendini iyileştirme kapasitesini değerlendirmek için, % 8-10 ve % 12 mikrokapsül içeren bitüm örneklerinde yapılmıştır. Gençleştirici içeren mikro kapsüller akıllı kaplamaları gerçekleştirmek için umut verici bir ürün olacaktır. Diğer bir deyişle, mikro çatlakların yayılmasıyla birlikte kabuklar, çatlakların uç stresiyle bölünmüştür ve gençleştiriciler, kılcal hareket altındaki çatlakları hızlı bir şekilde doldurmuşlardır ve çatlakların bu koşul altında iyileşme potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir. Kendi kendine iyileşme kabiliyeti, bakire ve gençleşmiş bitümün özelliklerini karşılaştırarak hizmet ömrü boyunca bitümün hasarını kısmen onarmıştır.

Anahtar Kelimeler: Bitüm, kendi kendini iyileştirme, mikro kapsülleme, gençleştirici

ABSTRACT

Asphalt pavement roads are exposed to traffic and natural elements such as rain and oxidation, causing their relaxation ability to decrease and cracks to begin. In order to extend the life of the asphalt pavement service, measures should be taken to prevent excessive growth of cracks. One of the possible ways is to use innovative maintenance techniques, self-healing technology aimed at reversing the aging process in the asphalt binder. Self-healing microcapsules appear to be an effective way to autonomously repair microcracks, restore original mechanical properties, then slow the growth of fatigue cracks and increase the fatigue life of the flooring. In this study; After determining the properties of the microcapsules, different microcapsule ratios containing organic oils were added to the 50/70 penetration grade bitumen. Ductility self-healing tests (ASTM D113-07) were performed on bitumen samples containing 8-10% and 12% microcapsules to evaluate the self-healing capacity of asphalt mastics. Micro capsules containing rejuvenating will be a promising product to realize smart coatings. In other words, with the spread of microcracks, the crusts are split by the tip stress of the cracks, and rejuvenators have quickly filled the cracks under capillary action, indicating that the cracks have the potential to heal under this condition. Its self-healing ability partially repaired bitumen damage over its service life by comparing the properties of virgin and rejuvenated bitumen.

Keywords: Bitumen, self-healing, microencapsulation, rejuvenating

GİRİŞ

Küresel yol ağı, 5 milyon kilometre AB'de, ABD'de 4,4 milyon kilometre ve Çin'de 3,1 milyon kilometre (16,3 milyon kilometre) (OECD, 2013) uzanıyor (Avrupa Birliği Yol Federasyonu, 2012). Karayolu ağları, mal ve insanların hareketini kolaylaştırarak, büyük bir ekonomik ve sosyal hedefi gerçekleştirmektedir. Sonuç olarak, hükümetler ulusal ve bölgesel karayolu ağlarının geliştirilmesi ve sürdürülmesine büyük yatırım yapmaktadır. 2009 yılında, AB hükümetleri, AB ulaştırma ağı fonunun% 42'sini karayolu ağlarının geliştirilmesi ve sürdürülmesi için harcadı. Küresel karayolu ağının gelişimi ve bakımı, dünya ekonomisinin büyümesi ve rekabet edebilirliği için çok önemlidir.

Klasik bir yol sistemi, 20-40 yıl beklenen servis ömrüne sahip çift veya üçlü asfalt katmanları içerir. Bitümün yaşlanması yıllarca kullanımdan sonra asfaltın arızasına neden olur. Gevşeme kapasitesi azalırken asfalt malzemelerin sertliği artar ve bağlayıcı daha kırılğan malzemelere dönüşür ve bu sorun çatlakların gelişmesine ve nihayetinde agrega ve bağlayıcı arasındaki ara yüzün çatlamasına neden olur (Qiu ve diğ., 2012). Bu fenomenin temel nedeni bitümdeki asfalt / malten oranının artmasıdır. Son araştırmalar, kaldırım malzemelerinin uzun hizmet ömrünün önemini vurgulamaktadır. Kaldırımda kullanılan kendi kendini iyileştiren materyallerin geliştirilmesi, malzeme servisinin potansiyel olarak yol hizmet ömrünü uzatabilecek ve yol bakım faaliyetini önemli ölçüde azaltabilecek bir beklentidir. Kendiliğinden iyileşen veya kendi kendini onarabilen malzeme / sistemin, normallik durumuna getirmek için gerekli ayarlamaları yaparak ve düzensizliklerin ve kusurların oluşumuna karşı koyma kabiliyetiyle malzemenin esas olarak başlangıç özelliklerine geri dönme kabiliyeti olduğu düşünülmektedir. Kendiliğinden iyileşen asfaltla ilgili asıl mesele, harici müdahale olmadan kendini iyileştirebilecek bir asfalt kaplama malzemesinin geliştirilmesidir. Başka bir deyişle, nihai amacımız, hizmet ömründe kendini yenileyecek bir asfalt kaplama malzemesi geliştirmektir. Mevcut bakım prosedürleriyle karşılaştırıldığında, kendi kendini iyileştiren asfalt trafik akışını iyileştirme, taze agrega talebini azaltma, CO2 emisyonlarını azaltma ve yol güvenliğini artırma potansiyeline sahiptir. Onarım, prensip olarak, hasar veya arızaya otomatik olarak başlatılan bir cevaptır. Onarım yapmak için, herhangi bir kendi kendini iyileştirme sisteminin hasarı tespit edip onarabilmesi gerekir. Bununla birlikte, gençleştiricilerin kullanımı, karışımı gençleştirmek için gerekli olan asfalt tabakasına nüfuz etmenin zor olduğu için bir zorluk oluşturmaktadır (Chiu ve Lee, 2006). Bu nedenle, gençleştiricilerin üretim sırasında karışıma kullanımını dahil etmek için kapsülleme yöntemleri alternatif olarak incelenmiştir (Garcia ve ark. 2010). Kendi kendine iyileşme mikrokapsülasyonunun kullanılması, kendi kendini iyileştirme işlemlerinin etkinliğini arttırmak için araştırıldı (Aissa ve ark., 2012). Mikrokapsüller bu nedenle bitüm yaşlanma öyküsü sırasında farklı zamanlarda parçalanabilir. Mikro çatlağın yakınında kalan mikrokapsüller daha sonra daha da yüksek bir çatlak ucu gerginliği ile başka bir mikro çatlak üretildiğinde gençleştiriciyi sızdırabilir. Daha önce gençleştirici içeren mikrokapsüllerin çeşitli kabuk kalınlıkları ve ebat dağılımları ile üretilebileceği bildirilmiştir (Su, Schlagen ve Qiu, 2013). Boyut ve kabuk kalınlığı, mikrokapsüllerin mikromekanik özelliklerinin önemli faktörleridir. İlk olarak, boyut dağılımı ve kapsülleme oranları gibi spesifik gereksinim için mikrokapsüllerin yapısı dikkate alınır; daha sonra bu, servis performanslarını etkiler.

Yukarıdakilerin ışığında, bu çalışmanın amacı gençleştirici ile doldurulmuş mikrokapsüller içeren bitümün kendi kendini iyileştirme yeteneğini araştırmaktır. Bitümlü malzemelerin iyileştirme performansını araştırmak için çeşitli numuneler üretilmiştir. Kendi kendini iyileştirme performansını gözlemlemek için geri kazanım özelliklerini tespit etmek için düşük sıcaklık koşullarında süneklik testi yapılmıştır. Bakire ve gençleşmiş bitümün özellikleri, bitümlü malzemeler için geri kazanımın değerlendirilmesiyle karşılaştırılmıştır.

DENEY YÖNTEMLERİ

Malzemeler

Kendiliğinden iyileşen mikrokapsüller yerinde polimerizasyon yöntemiyle hazırlandı (Sawada ve Urakawa, 2005). Üre ve formaldehit (% 37 sulu), Merck'ten satın alınan kabuk duvarı oluşturan monomerler olarak kullanıldı. Emülgatör olarak kullanılan polivinil alkol (PVA) ve Sodyum dodesil sülfat (SDS) Acros'tan tedarik edildi. Mikrokapsüllerde çekirdek madde olarak yüksek miktarda aromatik içerik içeren hafif organik yağ harmanlanarak bitüm gençleştirici elde edildi. PH ayarlaması için sodyum hidroksit ve sitrik asit kullanılmıştır. 50/70 penetrasyon dereceli bitüm, Türkiye Petrol Rafinerisi Anonim Şirketi Aliğa / İzmir Petrol Terminali'nden temin edilmiştir. Baz bitümün özelliklerini karakterize etmek için, penetrasyon testi ve yumuşama noktası testi gibi geleneksel test yöntemleri uygulanmıştır. Bu testler, Tablo 1'de sunulan ilgili test yöntemlerine uygun olarak gerçekleştirilmiştir.

Tablo 1. Baz bitümün özellikleri

Test	Specification	Results	Specification limits
Penetration (250 °C; 0.1 mm)	ASTM D5 EN 1426	55	50-70
Softening point (°C)	ASTM D36 EN 1427	49.1	46-54
Viscosity at (135°C)-Pa.s	ASTM D4402	412.5	-
TFOT (163 °C; 5h)	ASTM D1754 EN 12607-1	137.5	-
Change of mass (%)		0.04	0.5 (max)
Retained penetration (%)	ASTM D5 EN 1426	51	50
Specific gravity	ASTM D70	1.030	-

Çekirdek Sentezi Ve Mikrokapsüllerin Hazırlanması

Mikrokapsüllerin hazırlanması için, ilk emülsiyon 1000 ml reaktörde yaratılmıştır. 600 ml damıtılmış su; 11 g emülgatör PVA ve 2.5 g yüzey aktif cismi sodyum dodesil sülfat eklenmiş ve iyice karıştırılmıştır. Mikrokapsüllerin kabuğunu oluşturmak için ön polimer oluşturuldu. 18gr üre, ön polimeri elde etmek için sodyum hidroksit kullanarak PH'ı 8-8.5'e ayarlayarak başka bir kapta 55 ° C'de 1 saat boyunca 12gr formaldehit ile reaksiyona girer. Diğer tarafta, 15gr gençleştirici çekirdek bölümünde kullanılmak üzere hazırlanmış organik yağdan oluşmaktadır. Reaktör (emülsiyon içeren) Bir banyoda kurulum hazırlandı ve çekirdek solüsyonu ilave edildi ve 55 ° C'de 30 dakika karıştırıldı. Daha sonra ön polimer yavaşça ilave edildi ve 250 rpm'de karıştırıldı ve sitrik asit kullanarak pH'ı 3'e ayarlarken 4 saat süreyle reaksiyona girmesini bekleyin. Emülsiyon çözeltisi,% 10 metanol içeren su kullanılarak yıkandı ve süzüldü, daha sonra ayrılmış mikrokapsüller, 5 saat boyunca 30 ° C'de bir vakumlu fırında kurutuldu.

Mikrokapsüllerin Karakterizasyonu

Mikrokapsüllerin morfolojisi, Carl Zeiss 300VP mikroskobu kullanılarak elektron mikroskobu (SEM) taranarak incelendi. Numuneler vakumla kurutuldu ve sonra çift yapışkan bantlı alüminyum saplamalar üzerine monte edildi. Daha sonra, QUORUM Q150 kullanılarak bir vakumlu metalizasyon ünitesinde numune yüzeyine bir altın tabakası buharlaştırıldı. Zayıflatılmış Toplam Yansıma-Fourier Dönüşümü Kızılötesi Spektroskopisi (ATR-FTIR) (Perkin Elmer Spectrum BX), 4 cm'lik bir çözünürlükle 4000-500 cm⁻¹ dalga aralığında mikrokapsüllerin kimyasal yapılarını

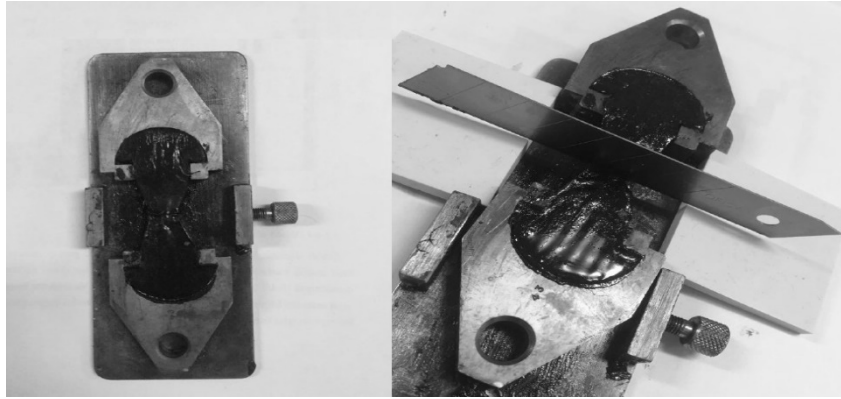
belirlemek için kullanılmıştır Mikrokapsüllerin gençleştirici ile doldurulduğunu doğrulamak için numune başına -1 ve 25 tarama.

İyileşme Performansı

Mikrokapsülün iyileştirici performansı üzerine yapılan çalışmaların çoğu (Su, Qui ve Schlagen, 2013; Li, Zhou ve Pei, 2015) mikrokapsülün performansını değerlendirmek için daha sınırlıydı, ancak asfalt içeren mikrokapsüllerin performansını değerlendirmede. Bu nedenle, mikrokapsüllerin iyileştirme performansını değerlendirmek için bitüm testlerine odaklanmaya karar verdik. Düşük sıcaklık koşulu altında mikrokapsüllerin iyileştirme performansını araştırmak için ASTM D113-07'ye göre yumuşaklık testi kullanılmıştır. Test sıcaklığı 5 ° C idi ve gerilme hızı 1 cm / dak olarak ayarlandı. Testten önce, numuneler yaklaşık 4 mm derinlikte önceden kesilmiş bir çatlığa sahip olacak ve daha sonra Şekil 1'de gösterildiği gibi 4 saat (Qiu, 2009) iyileşecektir. Düşük sıcaklıkta iyileşme verimliliği aşağıdaki Denklem ile ifade edilebilir:

$$HE = \frac{L_{Heal}}{L_{Original}}$$

HE, iyileşme etkinliğinin olduğu durumlarda, Lheal, 4 saat boyunca iyileşmeden sonra önceden kesilmiş çatlak ile numunenin esnekliğidir ve Loriginal, bozulmamış numunenin esnekliğidir.

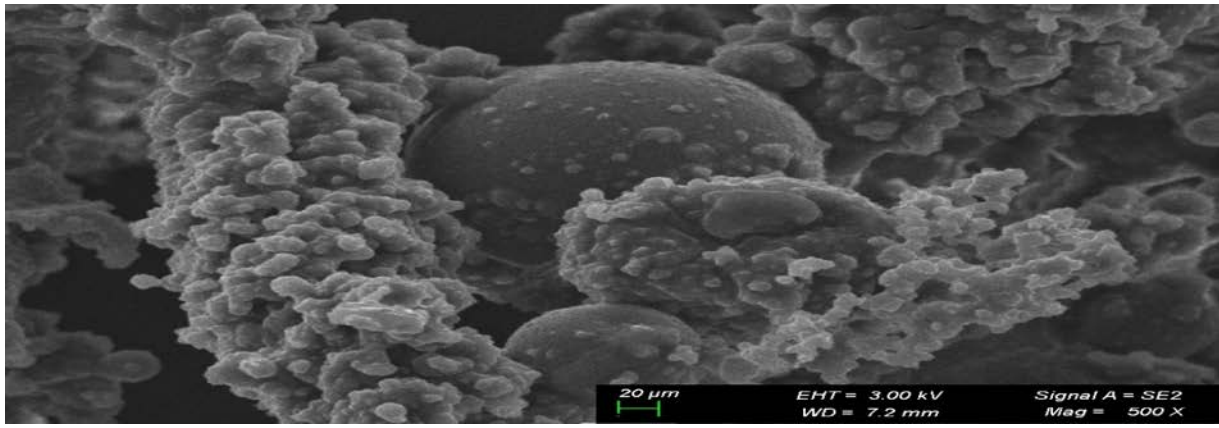


Şekil 1. İyileştirme performansı için numunenin hazırlanması

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Morfoloji

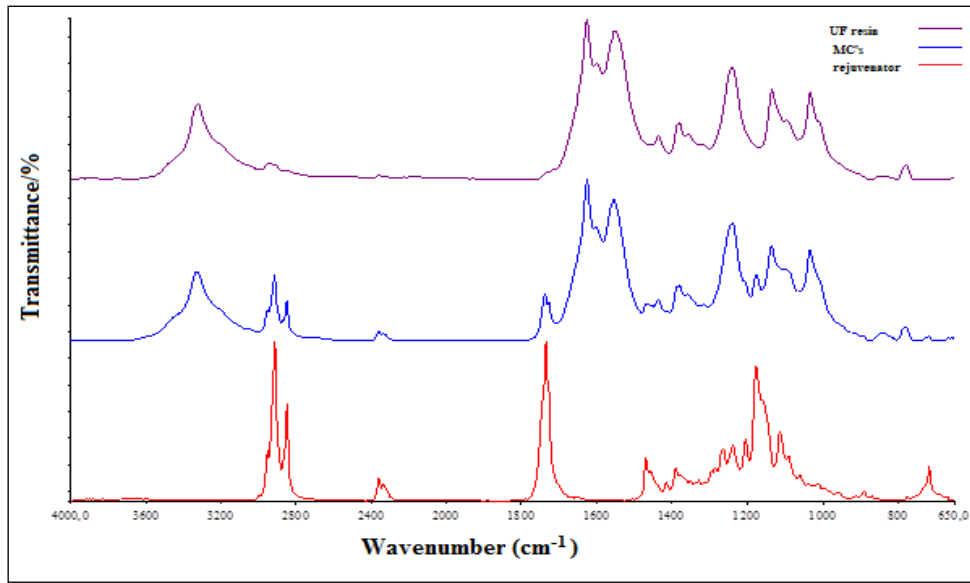
Üre formaldehit (UF) reçinesi, yerinde polimerizasyon yöntemi ile gençleştirici içeren mikrokapsülleri imal etmek için başarıyla uygulanır. Ayrıca, kabuk kalınlığı, yüzey morfolojisi ve ortalama mikrokapsüllerin boyutu, çekirdek / kabuk oranı, ön polimer ekleme hızı ve emülsiyon karıştırma hızının düzenlenmesiyle kontrol edilebilir. Mikrokapsüller, 1500 r.min-1 emülsiyon karıştırma hızları ile imal edilmiş 1 / 2'lik bir çekirdek / kabuk oranıyla üretildi. Şekil 2, mikrokapsüllerin SEM mikrografını göstermektedir. Mikrokapsül yüzeyi pürüzlü ve pürüzlüdür ve yüzeyden çıkıntı yapan UF nanoparçacıklarından oluşur. Çıkıntılı nanopartiküller, mikrokapsüllerin yüzey alanlarını arttırabilir ve yüzey yapışmasını artırabilir. Organik çekirdek malzemenin suda taneciklere dağıldığı ve son olarak ortalama ebatları yaklaşık 100 µm olan mikrokapsüller oluştuğu gözlenmiştir.



Şekil 2. Mikrokapsüllerin morfolojisi

Yapısal Karakterizasyonu

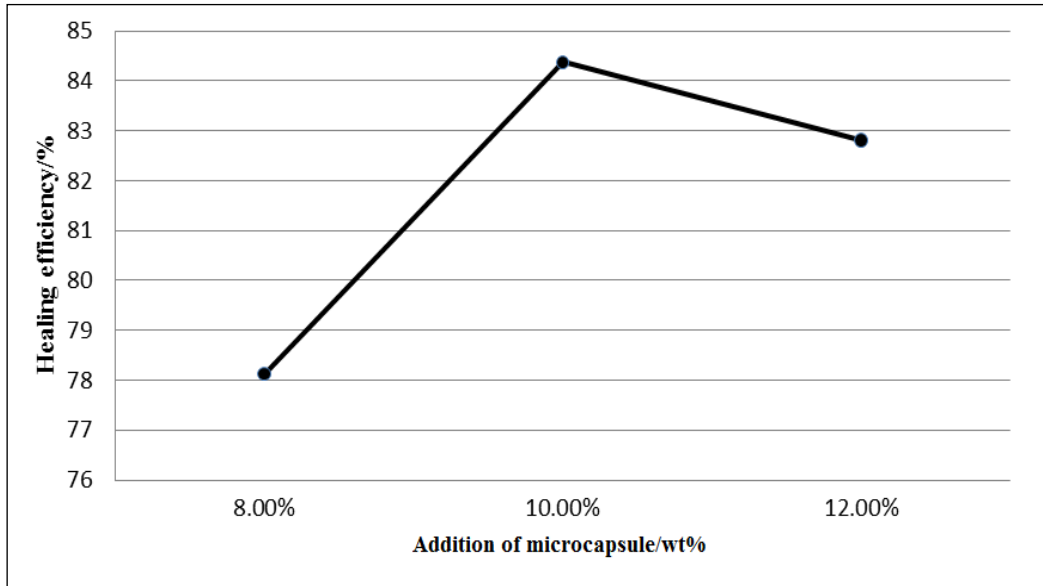
Şekil 3, ön polimerin FTIR spektrumlarını, bir bitüm gençleştirici ve mikrokapsüllerin UF çekirdek / kabuk malzemesinin bir karışımını göstermektedir. Mikrokapsülün, 3017 cm⁻¹'de bir titreşim tepe noktası, 1739 cm⁻¹'de bir emme tepe noktası ve 1176 cm⁻¹'de bir emme tepe noktası gibi bitümlü gençleştirici ile bazı karakteristik absorpsiyon tepe noktalarına sahip olduğunu görebiliriz; kuruldu. Ayrıca, gençleştirici ile en yüksek seviyeye ulaşan bazı aynı özellikler hala mevcuttur, bu da asfalt gençleştiricinin reçine malzemeleriyle başarıyla kaplandığını doğrular.



Şekil 3. Mikrokapsül ve gençleştiricinin FTIR spektrogramı.

Kendi Kendini İyileştirme Performansı

Süneklik testi, düşük sıcaklık koşullarında bitümün kendi kendini iyileştirme performansını araştırmak için ağırlıkça% 8, 10 ve% 12 katkı maddesi mikrokapsülleri ile yapılmıştır. Şekil 4'te gösterildiği gibi, iyileşme etkinliği HE önce arttı ve sonra ilave mikrokapsüller ile azaldı. İyileştirici verim, ilave mikrokapsül miktarı asfaltın ağırlıkça% 10'u olduğunda maksimum% 84.37'ye ulaşmıştır. Yenileyici, asfaltın likiditesini arttırmak için mikro kapsülün içinden aktı ve asfaltın esnekliğini arttırdı. Bununla birlikte, aşırı mikrokapsül, gençleştirici akışından sonra asfaltta çok fazla delik bıraktı ve bu da asfaltın esnekliğinin azalmasına yol açtı.



Şekil 4. Düşük sıcaklık koşullarında (5 ° C) asfaltın mikrokapsüllerle iyileştirme performansı.

SONUÇ

Bitüm içeren mikrokapsüllerin kendi kendine iyileşme ve iyileşme davranışları düşük sıcaklık süneklik testi kullanılarak araştırılmıştır. Elde edilen değerler gençleşmiş bitümün geri kazanım verimini değerlendirmek için belgelenmiştir. Bitümün iyileşme prosedürünü anlamak için mikrokapsüllerin yapısı araştırılmıştır. Test sonuçlarına dayanarak, aşağıdaki sonuçlar çıkarılabilir. (1) Yağlı gençleştirici içeren mikrokapsüller başarıyla üretildi. Bitüm içerisinde homojen olarak dağılırlar. Yağlı gençleştirici kolayca nüfuz edebilir ve bitümün içine yayılabilir. (2) Geri kazanım testi, mikrokapsüllerin düşük sıcaklık koşulları altında bitüm için iyi iyileşme verimine sahip olduğunu gösterdi, ancak iyileştirme verimi önce daha fazla mikrokapsül ekleyerek arttı, sonra daha fazla mikrokapsül içeriği ile ve daha iyi performans göstermek için optimum miktarda mikrokapsül ile azaldı bitümün ağırlıkça% 10'uydu.

KAYNAKÇA

- İssa, B., Therriault, D., Haddad, E. ve Jamroz, W. 2012. Kendi kendini iyileştiren materyal sistemleri: temel yaklaşımlara ve son geliştirilen teknolojilere genel bakış, Adv. Mater. Sci. Müh. doi: 10,1155 / 2012/854203
- Chiu, C. ve Lee, M. 2006. Bitümlü kaplama yüzeyleri için conta gençleştiricilerin etkinliği, J. Test. Eval. 34, 390-394.
- Avrupa Birliği Yol Federasyonu. 2012. Avrupa yol istatistikleri 2012. Avrupa Birliği Yol Federasyonu (ERF), Brüksel.
- Garcia, A., Schlangen, E., Van de Ven, M. ve Sierra-Beltrán, G. 2010. Asfalt betonunda kullanım için gençleştirici içeren kapsüllerin hazırlanması, J. Hazard. Mater. 184, 603-611.
- Liu, R., Zhou, T. ve Pei, J. 2015. Asfalt için gençleştirici içeren mikrokapsüllerin tasarımı, hazırlanması ve özellikleri, Constr. İnşa etmek. Mater. 99, 143-149.
- OECD. 2013. Karayolu trafiği, araçlar ve ağlar. In: Bir bakışta çevre 2013: OECD göstergeleri. OECD, Paris
- Qiu, J., Molenaar, A.A.A., Van de Ven, M, Wu, S. ve Yu, J. Mater. Struct. 45, 777-791.
- Qiu, J., Van de Ven, M., Wu, S., Yu, J. ve Molenaar, A.A.A. 2009. Bitümlü bağlayıcıların kendi kendini iyileştirme yeteneğinin araştırılması, Road Mater. Kaldırım Des. 10 (SI), 81-94.

- Sawada, K. ve Urakawa, H. 2005. Yerinde polimerizasyon yöntemiyle ışığa duyarlı renk üreten mikrokapsüllerin hazırlanması, *Dyes Pigm.* 65 (1), 45-49.
- Su, J.F., Qiu, J. ve Schlangen, E. 2013. Bitüm için gençleştirici içeren kendi kendini iyileştiren mikrokapsüllerin stabilite araştırması, *Polym. Degrad. Stab.* 98, 1205–1215.
- Su, J.F., Schlangen, E. ve Qiu, J. 2013. Asfalt için gençleştirici içeren mikrokapsüllerin tasarımı ve yapımı, *Powder Technol.* 235 (2), 563-571.