

Bitümlü bağlayıcı ve agregaların arasındaki adezyon üzerine Cocamide Diethanolamide kimyasalının etkisi

Effect of Cocamide Diethanolamide chemical on adhesion between bituminous binder and aggregates

Öznur KARADAĞ^{1*}, Mehmet SALTAN²

^{1,2,3}İnşaat Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, Türkiye.
oznurkaradag92@gmail.com, mehmetaltan@sdu.edu.tr

Geliş Tarihi/Received: 17.02.2020
Kabul Tarihi/Accepted: 22.06.2020

Düzeltilme Tarihi/Revision: 01.06.2020

doi: 10.5505/pajes.2020.93797
Araştırma Makalesi/Research Article

Öz

Agregalar ve bitümlü bağlayıcı arasında oluşan adezyonun azalması sonucunda üstyapıda çatlaklar, çukurlar ve sökülmeler meydana gelmektedir. İlk kez bu çalışmada agrega ile bitümlü bağlayıcı arasındaki adezyonu artırmak için Cocamide Diethanolamide kimyasalının kullanılabilirliği incelenmiştir. Bitümlü bağlayıcıya %1, %3, %5, %7 ve %9 oranlarında ilave edilen Cocamide Diethanolamide kimyasal malzemesinin 2000 devir/dk, 165 °C ve 1 sa. süreyle yüksek devirli sıcaklık kontrollü karıştırıcı kullanılarak homojen olarak karışımı sağlanmıştır. Farklı oranlarda Cocamide Diethanolamide ile modifiye edilmiş bitümlü bağlayıcılar üzerinde geleneksel bitüm deneylerine ilaveten, yapışma ve soyulma deneyleri gerçekleştirilmiştir. Çalışmada kullanılan malzemenin bitümlü bağlayıcı ve agrega arasında oluşan adezyona olan etkisini incelemek için Vialit, Nicholson ve Kaliforniya yapışma ve soyulma deneyleri yapılmıştır. Vialit deneyinin sonuçlarına göre bitümlü bağlayıcıya ilave edilen Cocamide Diethanolamide malzemesinin miktarı arttıkça, bitümlü bağlayıcı ve agregalar arasındaki yapışma özelliğinin %87.5 oranında arttığı gözlemlenmiştir. Nicholson ve Kaliforniya soyulma deneylerinde ise, %5 Cocamide Diethanolamide ile modifiye edilmiş bitümlü bağlayıcının agregalar üzerinde önemli derecede etkili olduğu gözlemlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Cocamide Diethanolamide, Bitüm deneyleri, Adezyon, Soyulma.

Abstract

As a result of the decrease in adhesion formed between aggregates and bituminous binder, cracks, potholes and raveling occur in the pavement. In order to increase the adhesion between aggregates and bituminous binder, the usability of Cocamide Diethanolamide which is chemical material was examined for the first time. Cocamide Diethanolamide is added to bituminous binder at a rate of 1%, 3%, 5%, 7% and 9% and homogeneously mixed using a high shear temperature-controlled mixer at 2000 rpm for 165 °C and 1 hour. In addition to the conventional bitumen experiments on the bituminous binders which are modified with different ratios of Cocamide Diethanolamide, adhesion and stripping tests were carried out. Vialit, Nicholson and California adhesion and stripping tests were carried out to examine the effect of the material used in the study on adhesion formed between bituminous binder and aggregate. According to the results of the Vialit test, it has been observed that the adhesion between the bituminous binder and aggregates increased by 87.5% as the amount of the Cocamide Diethanolamide material added to bituminous binder increased. In the Nicholson and California stripping tests, it was observed that bituminous binder which modified with 5% Cocamide Diethanolamide has significantly effective on aggregates.

Keywords: Cocamide Diethanolamide, Bitumen tests, Adhesion, Stripping.

1 Giriş

Yol üstyapılarının inşasında, bitümlü sıcak karışımlar yaygın şekilde kullanılmaktadır. Bitümlü sıcak karışımların performansı üzerinde, karışımda kullanılan bitümlü bağlayıcının ve agregaların özellikleri, hava boşluğu, agrega gradasyonu, çevresel faktörler etkili olmaktadır. Ayrıca, taşıma gücü zayıf zeminin iyileştirilememesi, agrega gradasyonunun şartname değerleri aralığında belirlenmemesi, malzeme seçiminin iyi yapılmaması, işçilik hataları, uygun sıkıştırma işleminin gerçekleştirilmemesi gibi yapım hatalarının da sıcak karışım asfalt performansı üzerinde etkili olduğu bilinmektedir. Asfalt karışımlar, yağış veya yüzey sularının yüzey çatlaklarından sızması ya da yeraltı suyunun yükselmesiyle hava boşluklarının suyla dolmasından dolayı suyun olumsuz etkilerine maruz kalabilmektedir. Üstyapıda suyun bulunması bitümlü bağlayıcı ve agrega arasında oluşan adezyonun azalmasına neden olmaktadır [1]-[3]. Agrega ve suyun polaritesi yüksek; bitümlü bağlayıcının polaritesi ise düşüktür. Bu yüzden agregalar, bitümlü bağlayıcıya kıyasla su

ile daha kolay ve kuvvetli bağ oluşturur. Su, hem agreganın bitümlü bağlayıcı ile kaplanmasını hem de kaplanmış agreganın bitümlü bağlayıcı ile arasındaki bağı olumsuz etkiler. Bitümlü bağlayıcı ile kaplı agrega suya maruz kaldığı zaman, su bitümlü bağlayıcı tabakasına sızarak bitümlü bağlayıcıyı agregadan ayırır [4]. Bunun sonucunda üstyapılarda öncelikle soyulma, sökülme ve çukurlar oluşmakta; suyun yoğunlaşması durumunda ise tekerlek izi şeklinde bozulmalar görülmektedir. Bu durumun oluşmasını etkileyen faktörler; iç faktörler (bitüm, agrega ve karışımda kullanılan malzemelerin özellikleri) ve dış faktörler (trafik ve hava koşulları) olarak ikiye ayrılmaktadır [5]-[6].

Üstyapıda meydana gelen bu bozulmaları en aza indirmek, agrega ve bitümlü bağlayıcılar arasındaki adezyonu artırmak için çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Arslan ve diğ. [7] organik esaslı çinkofosfat bileşiği (OEÇFB) ile modifiye edilmiş bitümlü bağlayıcıların, soyulma direncini %30'dan %95'e artırdığını belirtmişlerdir. Böylece yol kaplamalarında su sebebiyle meydana gelen soyulma probleminin OEÇFB katkı malzemesi ile azaltılabileceği sonucuna ulaşmışlardır. Gürü [8] mangan

*Yazışılan yazar/Corresponding author

abietat bileşiği ile modifiye edilmiş bitümlü bağlayıcıların soyulma direncini önemli oranda iyileştirdiğini vurgulamıştır. Azarhoosh ve diğ. [9] sıcak karışımli asfaltta nem hassasiyeti ve yorulma çatlağı gibi üstyapıda görülen sorunların miktarını ve sıklığını etkileyen en etkili parametrelerinin, asfalt bağlayıcı ve agrega arasındaki adezyon olduğunu belirtmişlerdir. Bu yüzden bitümlü bağlayıcı ve agrega arasındaki adezyonu artırmak için nano-TiO₂ kullanmışlardır. Nano-TiO₂ ile modifiye edilmiş bitümlü bağlayıcı ve agregalar arasında oluşan adezyonun arttığını gözlemişlerdir. Hamedi ve diğ. [10] bitümlü bağlayıcı ve agrega arasında oluşan adezyonu etkileyen mekanizmaları geliştirerek, nem hasarında sıcak karışımli asfaltın hassasiyetini azaltmak için nano-çinko oksitini (ZnO) etkilerini değerlendirmişlerdir. Nano ZnO ile modifiye edilmiş bitümlü bağlayıcının asitliğinin azaldığını ve buna bağlı olarak modifiyeli bitümlü bağlayıcı ve granit gibi asidik agregalar arasında oluşan adezyonun arttığını gözlemişlerdir. Buna ilaveten şartlandırılmış koşullarda bitümlü bağlayıcı ve agregalar arasındaki adezyonun gelişmesinde nano ZnO'nun etkisinin fazla olduğunu açıklamışlardır. Cui ve diğ. [11] bitümlü bağlayıcı ve agrega arasında oluşan adezyonun, karışımda kullanılan agrega özelliklerinin etkisini değerlendirmişlerdir. Kullanılan agreganın kimyasal yapısının, karışımın suya karşı gösterdiği direnci etkilediğini belirtmişlerdir. Ayrıca su hassasiyetine karşı agregaların kimyasal yapısının porozitesinden daha önemli olduğunu vurgulamışlardır. Bu çalışmaya ilaveten, Horgnies ve diğ. [12] agrega minerolojisinin, bitümlü bağlayıcı ve agregalar arasında oluşan adezyon üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu gözlemişlerdir. Literatürdeki çalışmalar ele alındığı zaman, bitümlü bağlayıcı ve agregalar arasında oluşan adezyonu artırmak için, bitümlü bağlayıcının farklı malzemeler ile modifiye edildiği görülmüştür ya da agregaların adezyon üzerine etkisi değerlendirilmiştir. Bu çalışmada, bir sürfaktan (yüzey aktif malzeme) olan Cocamide Diethanolamide kimyasal malzemesinin sahip olduğu yapıya özelliğinden yararlanılmıştır. Cocamide Diethanolamide kullanılarak modifiye edilmiş bitümlü bağlayıcılar ile agrega arasında oluşan adezyonun artması hedeflenmiştir. 2000 devir/dk, 165 °C ve 1 sa. süresince %1, %3, %5, %7 ve %9 oranlarında Cocamide Diethanolamide ile bitümlü bağlayıcı modifiye edilmiştir. Cocamide Diethanolamide ile modifiye edilmiş bitümlü bağlayıcıların agregalarla adezyonu artırması amaçlanmıştır. Böylece asfalt karışımları oluşturan agrega ve bitümlü bağlayıcı arasında oluşan adezyonun yeterince sağlanamamasından dolayı meydana gelen çatlakların azaltılması hedeflenmiştir.

2 Materyal

2.1 Agrega

Çalışmada kullanılan kireçtaşı agregalar, Isparta İlinde bulunan Erk İnşaat Şantiyesinden temin edilmiştir. Deneysel çalışmalarda kullanılan kireçtaşı agregalar üzerine Birim Hacim Ağırlığı [13], Su Emme, Los Angeles Aşınma Deneyi [14] ve Mikro-Deval Aşınma Deneyi [15] gerçekleştirilmiştir. Kaba, ince ve filler agrega üzerine uygulanan deney sonuçları ile Karayolu Teknik Şartnamesine (2013) [16] göre aşınma tabakası için belirlenen sınır değerler Tablo 1'de gösterilmiştir.

2.2 Bitümlü bağlayıcı

Isparta İli Belediye Fen İşleri Müdürlüğünden 50/70 penetrasyon sınıfına sahip bitümlü bağlayıcı temin edilmiştir. Çalışmada kullanılan bitümlü bağlayıcı üzerine penetrasyon

(TS EN 1426), yumuşama noktası (TS EN 1427) (halka-bilye) ve özgül ağırlık (TS EN 15326 + A1) deneyleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 1. Agregaların fiziksel özellikleri.

Table 1. Physical properties of aggregates.

Özellikler	Kaba Agrega	İnce Agrega	Filler	KTŞ Sınır Şartı (%)
Özgül Ağırlık (gr/cm ³)	2.701	2.606	2.501	
Dayanıklılık (Los Angeles aşınma kaybı) (%)	18.5	-	-	<27
Dayanıklılık (Mikro-Deval Aşınma Kaybı) (%)	9.9	-	-	<20

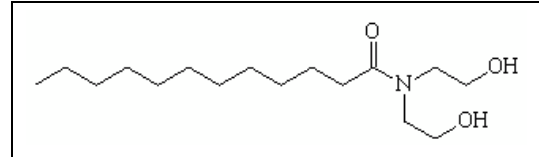
Tablo 2. Bitümlü bağlayıcının özellikleri.

Table 2. Properties of bituminous binder.

Deney	50/70 Bitüm Sınıfı	Standart	Sınır Değerleri
Penetrasyon (25 °C)	55	TS EN 1426 [18]	50-70
Yumuşama Noktası	49.8	TS EN 1427 [19]	46-54°C
Özgül Ağırlık (gr/cm ³)	1.021	TS EN 15326+A1 [20]	0.99-1.05

2.3 Cocamide Diethanolamide

Cocamide Diethanolamide (CDEA), CH₃(CH₂)_nC(=O)N(CH₂CH₂OH)₂ kimyasal formülüne sahip sürfaktan yani yüzey aktif malzemesi olarak bilinmektedir (Şekil 1).



Şekil 1. Cocamide Diethanolamide kimyasal yapısı.

Figure 1. Chemical structure of Cocamide Diethanolamide.

Su ve sulu çözeltilerde yüzey gerilimini çoğunlukla azaltan kimyasal bileşiktir. Şampuan, el sabunları gibi kişisel bakım ürünleri, kozmetik ürünlerinde köpürtme ve yapışma faktörü olarak kullanılan viskoz bir sıvıdır (Şekil 2).



Şekil 2. Cocamide Diethanolamide'nin görünümü.

Figure 1. View of Cocamide Diethanolamide.

Bu malzeme ile modifiye edilmiş bitümlü bağlayıcının yapışma özelliğinin artmasıyla, agregaya ve CDEA ile modifiye edilmiş bitümlü bağlayıcı arasındaki adezyonun güçlenmesi beklenmektedir. Çalışmada kullanılan kimyasal malzemenin özellikleri Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. Cocamide Diethanolamide'nin özellikleri.

Table 3. Properties of Cocamide Diethanolamide.

Özellikler	Değerler
Kaynama Noktası	169-275 °C
Erime Noktası	<10 °C
Özgül Ağırlık (gr/cm ³)	0.99

3 Yöntem

3.1 Agregaya deneyleri

TS EN 1097-6 standardına göre, kaba agregaların ve ince agregaların özgül ağırlık ve su emme tayini gerçekleştirilmiştir. TS EN 1097-7 standardına göre fillerin özgül ağırlık tayini belirlenmiştir.

Yol kaplamalarında kullanılacak agregalar, sıkıştırma sırasında ve trafik yükleri etkisi altında kırılmaya ve aşınmaya karşı dirençli olmalıdır. Erichsen ve diğ. [21] farklı test yöntemleri kullanarak agregaların aşınma durumunun bilinmesinin yol inşaatında kullanılan agregaların gerçek aşınmasını anlamak için önemli olduğunu belirtmişlerdir. ASTM C 131-03 standardına göre kaba agregalar üzerine Los Angeles deneyi yapılmıştır.

Cooley ve James [22] suyun aşındırıcı etkisi altında bazı agregaların aşınma direncinin zayıf olmasından dolayı Los Angeles aşınma deneyinin yanı sıra Mikro-Deval aşınma deneyi gerçekleştirilmiştir. Mikro-Deval Aşınma deneyinde su etkisiyle agregaya parçacıkları ve küçük çelik bilyeler arasında oluşan aşınma hareketiyle agregaların aşınma direnci ve dayanıklılık ölçümü sağlanmaktadır. Mikro-Deval aşınma deneyi TS EN 1097-1 Standardı takip edilerek gerçekleştirilmiştir.

3.2 Bitümün modifiye edilmesi

Bitümlü bağlayıcının Cocamide Diethanolamide (CDEA) kimyasal malzemesi ile modifikasyonunu sağlamak için yüksek devirli, sıcaklık kontrollü mekanik karıştırıcı kullanılmıştır. CDEA kimyasalının bitüm ile modifikasyonunda farklı parametreler (devir sayısı, sıcaklık, süre) denenmiştir. Farklı parametrelerle hazırlanmış karışımlar üzerinde gerçekleştirilen geleneksel bitüm deney sonuçlarına göre en uygun parametreler 2000 devir/dk, 165 °C ve 1 sa. olarak belirlenmiştir. %1, %3, %5, %7 ve %9 oranında CDEA ile bitümlü bağlayıcı bu koşullar altında homojen şekilde karıştırılarak modifiye edilmiştir. Farklı oranlarda elde edilen modifiye bitümlü bağlayıcı üzerine yumuşama noktası ve penetrasyon deneyi gerçekleştirilmiştir.

3.3 Vialit deneyi

Karayolu Teknik Şartnamesine (2013) göre vialit deneyi, agregaya ve bitümlü bağlayıcı arasındaki yapışmanın suyun etkisi altında nasıl değiştiğini belirlemek için gerçekleştirilir. 19 mm'den geçip 9.5 mm'lik elek üzerinde kalan agregalar yıkandıktan sonra 110 °C'lik etüvde bir gün süre ile kurutulur. Kullanılacak bitümlü bağlayıcı deneye başlamadan en az 2 sa. önce 145 °C 150 °C'lik etüvde ısıtılır. Mıdır sericisine agregalar yerleştirildikten sonra levhalar üzerine 40 g bitüm düzgün şekilde yayılır. Daha sonra mıdır sericinin hareketli levhası

çekilir ve agregaların bitüm üzerine serbest şekilde düşmesi sağlanır. Agregaların bitüm levhası üzerinden düşmesini engellemek için oda sıcaklığında 2-3 dk. bekletilir. Agregaya serilmiş levha üzerinden üç defa iki yönde olacak şekilde toplam altı geçiş yapılır. Silindirlenmiş deney levhaları 35 °Csu banyosunda 24 sa. bekletilir. Su banyosundan çıkarılan deney levhalarına 50 cm yükseklikten 10 sn. ara ile çelik bilye düşürülür. Aynı cins malzeme kullanılarak gerçekleştirilen üç deney sonucunun ortalaması alınır [16].

3.4 Nicholson soyulma deneyi

Yılmaz ve diğ. [23] soyulmanın agregaya yüzeyi ile bitümlü bağlayıcı arasındaki adhesif bağın suyun etkisi ile kırılması sonucu oluştuğunu açıklamışlardır. Boyutu 10-6.3 mm arasında olan 600 g agregaya numunesinden 6.3 mm elek üzerinde kalan 150 adet agregaya numunesi yıkandıktan sonra 110±5 °C'lik, bitümlü bağlayıcı ise 150±5 °C'lik etüve yerleştirilir. Agreganın ağırlıkça %5'ine eşit miktarda bitümlü bağlayıcı ilave ederek agregaların homojen karışımı sağlanır. Karışım iki petri kabına eşit miktarda aktarılır ve 24 sa. süresince karışımın üzerinde en az 3 cm su olacak şekilde 60 °C'lik etüve bırakılır. Daha sonra petri kaplardaki sular değiştirilerek yandan gelen ışık altında gözle incelenir. Karayolu Teknik Şartnamesine (2013) göre agregaların en az %60'ın soyulmadan kalması gerekmektedir [16].

3.5 Kaliforniya soyulma deneyi

Çalışmada Nicholson soyulma deneyinin yanı sıra Kaliforniya soyulma deneyi yapılmıştır. 9.5 mm (3/8) elekten geçen 2.36 mm (No. 8) eleğin üstünde kalan agregalar üzerinde gerçekleştirilen soyulma deneyidir. Minimum 30 dk. 110 °C sıcaklıkta etüvde ısıtılan 60±1 g agregaya metal karıştırma haznesinin içine yerleştirilir. 149±15 °C sıcaklığında bitümlü bağlayıcı ısıtılır ve daha sonra kullanılacak olan miktarı aşağıda verilen (1) eşitliği ile hesaplanır.

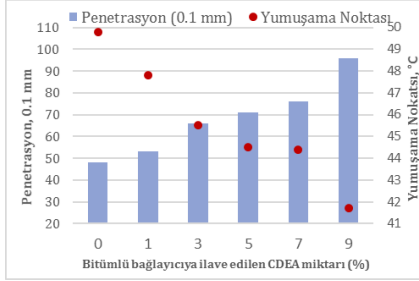
$$\text{Kullanılacak Bitüm Miktarı} = \left(\frac{2.65}{\text{Agreganın Özgül Ağırlığı}} \right) \times 3.6 \quad (1)$$

93 °C ve 121 °C sıcak plaka üzerine ısıtılmış agregaya haznesi yerleştirilir, hesaplanan bitümlü bağlayıcı miktarı ilave edilir ve cam baget yardımıyla agregalar tamamen bitümlü bağlayıcı ile kaplanana kadar karıştırılır. Karıştırma işlemi tamamlandıktan sonra sıcak plaka üzerinden numune ve kap alınır daha sonra hazırlanan numune 1 veya 2 sa. oda sıcaklığında soğumaya bırakılır. 15 ile 18 sa. süre ile 60 °C sıcaklıktaki etüve numune bırakılır ve numune kabından çıkarılarak cam kavanoza yerleştirilir. 25±16 °C oda sıcaklığında numune soğumaya bırakılır. 25±16 °Coda sıcaklığında 175±4 mL damıtılmış ya da deiyonize edilmiş su ilave edilir. Kavanozların kapağı sıkıca kapatıldıktan sonra, 15 dk. boyunca dakika da 35 tur atan ve 43±2 rpm'deki deney cihazına yerleştirildikten sonra deney başlatılır. Daha sonra kavanozdaki numunelerin bir floresan ışığı yardımıyla soyulma yüzdeleri görsel olarak tahmin edilir [17].

4 Araştırma bulguları

Çalışmada, referans ve farklı oranlarda (%1, %3, %5, %7 ve %9) CDEA ile modifiye edilmiş bitümlü bağlayıcılar üzerinde gerçekleştirilen penetrasyon ve yumuşama noktası deney sonuçları Şekil 3'te verilmiştir. Penetrasyon deneyinin sonucunda, referans bitümlü bağlayıcıya göre %9 CDEA ile modifiye edilmiş bitümlü bağlayıcının penetrasyon değerinin %100 arttığı gözlemlenmiştir. Elde edilen sonuca göre CDEA ile

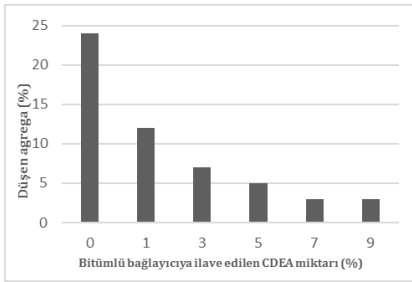
modifiye edilmiş bitümlü bağlayıcının kıvamı azalmıştır. Referans bitümlü bağlayıcıya göre, %9 CDEA ile modifiye edilmiş bitümlü bağlayıcının %16.27 oranında yumuşama noktası değerinin düştüğü görülmüştür. Bitümlü bağlayıcıların kıvamını belirlemek için gerçekleştirilen penetrasyon ve yumuşama noktası deneyinin sonuçları birbirini desteklemektedir.



Şekil 3. Penetrasyon ve yumuşama noktası deney sonuçları.

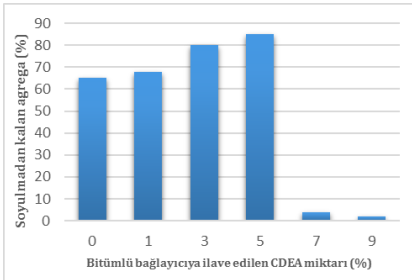
Figure 3. Test results of penetration and softening point.

CDEA ile modifiye edilmiş bitümlü bağlayıcılar ve agregalar arasında oluşan adezyonu belirlemek için gerçekleştirilen Vialit, Nicholson ve Kaliforniya yapışma ve soyulma deneylerinin sonuçları Şekil 4-6'da verilmiştir.



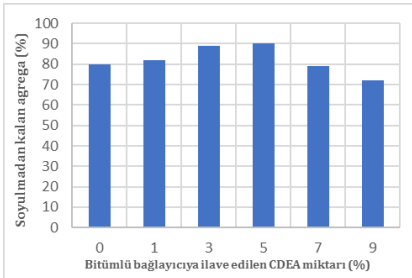
Şekil 4. Vialit deneyinin sonuçları.

Figure 4. Vialit test results.



Şekil 5. Nicholson soyulma deneyinin sonuçları.

Figure 5. Nicholson stripping test results.



Şekil 6. Kaliforniya soyulma deneyinin sonuçları.

Figure 6. California stripping test results.

Şekil 4'te verilen deney sonuçlarına göre, bitümlü bağlayıcıya ilave edilen CDEA miktarı arttıkça, bitümlü bağlayıcının agregalara yapışma özelliğinin %87.5 arttığı gözlemlenmiştir. %7 ve %9 CDEA ile modifiye edilmiş bitümlü bağlayıcılardan düşen agrega yüzdesi eşittir. Nicholson soyulma deneyinin sonuçlarında, referans bitümlü bağlayıcıya göre, %9 CDEA kullanılarak modifiye edilmiş bitümlü bağlayıcının %96.92 oranında soyulma yüzdesinin arttığı görülmüştür. Bu durum, katkı malzemesi olarak kullanılan Cocamide Diethanolamide kimyasalının içerdiği yağ asitleri nedeniyle %5'ten daha yüksek oranlarda kullanımının, bağlayıcının soyulma özelliği üzerinde olumsuz etkiye yol açtığı şeklinde yorumlanmıştır. CDEA ile modifiye edilmiş bitümlü bağlayıcının agregalara yapışma özelliğinin arttığı gözlemlenmesine rağmen soyulma yüzdesi arttığı gözlemlenmiştir. Nicholson soyulma deneyine ilaveten Kaliforniya soyulma deneyi yapılmıştır.

Referans bitümlü bağlayıcıya göre, %9 CDEA ile modifiye edilmiş bitümlü bağlayıcının soyulma yüzdesinin %10 oranında arttığı gözlemlenmiştir. %9 CDEA ile modifiye edilmiş bitümlü bağlayıcının agregalara yapışma özelliğinin arttığı gözlemlenmesine rağmen hem Nicholson hem de Kaliforniya soyulma deney sonuçlarına göre soyulma yüzdesi artmıştır. Gerçekleştirilen soyulma deneylerinin sonuçlarına göre Nicholson soyulma deneyinde %100 soyulma gözlemlenmesine rağmen Kaliforniya soyulma deneyinde gözlemlenmemiştir. Bunun sebebi olarak Nicholson soyulma deneyinde agrega ve bitüm karışımının üzerine 3 cm saf su ilave ederek, 16 sa. boyunca 60 °C sıcaklığa sahip etüvde bekletilirken, Kaliforniya deneyinde su ilavesi olmadan bekletilmesidir. Kaliforniya deneyinde su ilavesi, karışımlar etüvden çıkarıldıktan sonra yapılmıştır. Fakat bu deneyde soyulma özelliği, 60 °C sıcaklığa sahip etüvde su ile bekletilen karışımlar kadar olumsuz etkilenmemiştir. Cocamide Diethanolamide kimyasal malzemesinin hem suya hem de 60 °C sıcaklığa sahip etüvde oluşan neme karşı hassas olduğu düşünülmektedir. Elde edilen sonuçlardan bitümlü bağlayıcıya %5 Cocamide Diethanolamide ilavesinin bitümlü bağlayıcı ve agrega üzerinde önemli derecede olumlu etki yaptığı daha sonra artan oranlarda bu etkinin tersine döndüğü görülmektedir.

5 Sonuçlar

Penetrasyon deneyinin sonucunda, referans bitümlü bağlayıcıya göre %9 CDEA ile modifiye edilmiş bitümlü bağlayıcının penetrasyon değerinin %100 arttığı gözlemlenmiştir. Bu yüzden CDEA ile modifiye edilmiş bitümlü bağlayıcıların soğuk iklimli bölgelerde kullanılma ihtimali olduğu düşünülmektedir. Vialit deney sonucuna göre, bitümlü bağlayıcıya ilave edilen CDEA miktarı arttıkça, bitümlü bağlayıcının yapışma özelliğinin %87.5 oranında arttığı gözlemlenmiştir. Nicholson ve Kaliforniya soyulma deneylerinde soyulma yüzdeleri sırasıyla %96.92 ve %10 oranında artmıştır. Farklı oranlarda CDEA ile modifiyeli karışımların 35 °C'lik su banyosunda 24 sa. bekletildikten sonra yapışma özelliğinin, 60 °C'de karışım üzerine su ilavesi olup olmamasına bağlı olarak soyulma yüzdesinin arttığı gözlemlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre kullanılan malzemenin 60 °C sıcaklıkta oluşan neme ve suya karşı hassas olduğu düşünülmektedir. Elde edilen sonuçlardan bitümlü bağlayıcıya %5 Cocamide Diethanolamide ilavesinin bitümlü bağlayıcı ve agrega üzerinde önemli derecede olumlu etki yaptığı ancak daha sonra artan oranlarda bu etkinin tersine döndüğü görülmektedir. Vialit deneyinin sonucuna göre, %7 ve %9 CDEA ile modifiye edilmiş bitümlü bağlayıcıların 35 °C

sıcaklıkta yapışma özelliğini kaybetmediği için en iyi yapışma bu oranlarda görülmüştür. CDEA malzemesi ile modifiye edilmiş bitümlü bağlayıcıların agregalara yapışma özelliğinde pozitif etki sağlamasından dolayı sathi kaplamalarda kullanılabileceği düşünülmektedir. Sathi kaplamalarda CDEA ile modifiyeli bağlayıcı kullanımının uygun olup olmadığını anlamak için, sonraki çalışmalarda yağışa ve farklı sıcaklığa maruz kalan sathi kaplamaların performansı değerlendirilecektir. Türkiye, Güney Afrika Cumhuriyeti ve Yeni Zelanda gibi sathi kaplamalı yol üstyapılarının çok kullanıldığı ülkeler için ekonomik analiz ayrı bir çalışma olarak yapılabilir. Bitümlü bağlayıcıya ilave edilen CDEA miktarı arttıkça, bitümlü bağlayıcının yapışma özelliğinin arttığı gözlemlenmiştir. Bitümlü kaplamalarda ara yüzey tabakası olarak kullanılan ve sürekli yapı sağlayan tabakaya astar tabakası denilmektedir. Tabaka yüzeyin belli bir miktar altında olduğundan hava sıcaklığından ve sudan etkilenmez. Astar malzemesi olarak genellikle sıvı asfaltlar ve su bazlı emülsiyon asfalt astar kullanılır. %5 CDEA ile modifiye edilmiş bitümlü bağlayıcıların, kaplama tabakası ile temel yüzeyi arasındaki adezyonu sağlayan ve temel yüzeyindeki serbest taneleri bağlayan bir örtü tabakası olan astar tabakasında kullanımının daha iyi yapışma ve performans sağlayabileceği yazarlar tarafından düşünülmektedir.

6 Conclusions

In the result of the penetration test, it was observed that the penetration value of the bituminous binder modified with 9% CDEA increased by 100% compared to the reference bituminous binder. Therefore, it is thought that bituminous binders modified with CDEA may be used in the cold climates. According to the vialit test result, it was observed that as the amount of CDEA added to the bituminous binder increased, the adhesion property of the bituminous binder increased by 87.5%. In Nicholson and California stripping tests, the stripping percentage increased by 96.92% and 10%, respectively. It was observed that the adhesion property of mixtures modified with CDEA in different proportions after 24 hours in a 35°C water bath and the stripping percentage depending on whether there was water on the mixture at 60°C temperature increased. According to the obtained results, the used material is thought to be sensitive to moisture and water at 60°C. From the obtained results, it is seen that the addition of 5% Cocamide Diethanolamide to the bituminous binder has a significant positive effect on the bituminous binder and aggregate, but then this effect reversed at increasing rates. According to the results of the vialit test, the best adhesion was seen at these rates, since bituminous binders modified with 7% and 9% CDEA did not lose their adhesion properties at 35°C. It is thought that bituminous binders modified with CDEA material can be used in chip seal due to their positive effect on the adhesion to aggregate. The economic analysis can be done as a separate work for the countries like Turkey, South Africa and New Zealand which use chip seal pavements. It has been observed that as the amount of CDEA which added to bituminous binder increases, the adhesion property of the bituminous binder increases. The layer that is used as the interface layer in bituminous coatings and provided a continuous structure is called as prime coat. Since the layer is slightly below the surface, it is not affected by weather temperature and water. Liquid asphalts and water-based emulsion asphalt primers are generally used as primer materials. It is thought by the authors that the use of bituminous binders modified with 5% CDEA in the primer coat

which is a cover layer that provided the adhesion between the coating layer and the base course and binds the free grains on the base course may provide better adhesion and performance.

7 Yazar katkı beyanı

Öznur KARADAĞ ve Mehmet SALTAN fikrin oluşması, tasarımın yapılması başlıklarında; Öznur KARADAĞ literatür taraması, Mehmet SALTAN elde edilen sonuçların değerlendirilmesi, sonuçların incelenmesi, yazım denetimi ve içerik açısından makalenin kontrol edilmesi başlıklarında katkı sunmuşlardır.

8 Etik kurul onayı ve çıkar çatışması beyanı

Hazırlanan makalede etik kurul izni alınmasına gerek yoktur. Hazırlanan makalede herhangi bir kişi/kurum ile çıkar çatışması bulunmamaktadır.

9 Kaynaklar

- [1] Karadağ Ö. Cocamide Diethanolamide ile Modifiye Edilmiş Bitüm Kullanılarak Hazırlanan Numunelerin Temel Mühendislik Özelliklerinin Superpave Hacimsel Karışım Tasarımı Yardımıyla İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, Türkiye, 2019.
- [2] Doğan O. Esnek Üstyapılı Devlet Yollarındaki Bozulmaların Bulanık Mantık ile Tahmini. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, 2006.
- [3] Hanlı E. Esnek Yol Üstyapısında Oluşan Bozulmalar ve Değerlendirmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, 2009.
- [4] Çubuk M, Gürü M, Çubuk MK, Arslan D. "Bitümün özelliklerinin organik esaslı magnezyum katkı maddesi ile geliştirilmesi". *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 28(2), 257-264, 2013.
- [5] Hamed GH, Tahami SA. "The effect of using anti-stripping additives on moisture damage of hot mix asphalt". *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 81, 90-97, 2018.
- [6] Zhang J, Apeagyei AK, Airey GD, Grenfell JR. "Influence of aggregate mineralogical composition on water resistance of aggregate-bitumen adhesion". *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 62, 45-54, 2015.
- [7] Arslan D, Gürü M, Çubuk MK. "Bitüm ve bitümlü karışımların performans özelliklerinin organik esaslı çinkofosfat bileşiği ile geliştirilmesi". *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 27(2), 459-466, 2012.
- [8] Gürü M. "Improvement of adhesion of bitumen-aggregate coatings by additives". *Cellulose Chemistry and Technology*, 38, (1-2), 129-140, 2004.
- [9] Azarhoosh A, Moghaddas NF, Khodaii A. "Evaluation of the effect of nano-TiO₂ on the adhesion between aggregate and asphalt binder in hot mix asphalt". *European Journal of Environmental and Civil Engineering*, 22(8), 946-961, 2018.
- [10] Hamed GH, Nejad FM, Oveisi K. "Estimating the moisture damage of asphalt mixture modified with nano zinc oxide". *Materials and Structures*, 49(4), 1165-1174, 2010.
- [11] Cui S, Blackman BR, Kinloch AJ, Taylor AC. "Durability of asphalt mixtures: effect of aggregate type and adhesion promoters". *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 54, 100-111, 2014.

- [12] Horgnies M, Darque-Ceretti E, Fezai H, Felder E. "Influence of the interfacial composition on the adhesion between aggregates and bitumen: investigations by EDX, XPS and peel tests". *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 31(4), 238-247, 2011.
- [13] Türk Standartları Enstitüsü. "Agregaların Mekanik ve Fiziksel Özellikleri için Deneyler-Bölüm 6: Tane Yoğunluğunun ve Su Emme Oranının Tayini". Ankara, Türkiye, TS EN 1097-6, 2013.
- [14] ASTM International. "Standart Test Method for Resistance to Degradation of Small-Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine". West Conshohocken, PA, ASTM C 131-03, 2000.
- [15] Türk Standartları Enstitüsü. "Agregaların Mekanik ve Fiziksel Özellikleri için Deneyler-Bölüm 1: Aşınmaya Karşı Direncin Tayini (Mikro-Deval)". Ankara, Türkiye, TS EN 1097-1, 2002.
- [16] Karayolları Genel Müdürlüğü. "Karayolu Teknik Şartnamesi". Ankara, Türkiye, KTŞ, 2013.
- [17] California Test 206. "Specific Gravity and Absorption of Coarse Aggregate". California Test 302, 2014.
- [18] Türk Standartları Enstitüsü. "Bitüm ve Bitümlü Bağlayıcılar-İğne Batma Derinliği Tayini". Ankara, Türkiye, TS EN 1426, 2015.
- [19] Türk Standartları Enstitüsü. "Bitüm ve Bitümlü Bağlayıcılar-Yumuşama Noktası Tayini-Halka ve Bilye Yöntemi". Ankara, Türkiye, TS EN 1427, 2015.
- [20] Türk Standartları Enstitüsü. "Bitüm ve Bitümlü Bağlayıcılar-Yoğunluk ve Özgül Kütle Tayini-Kapiler Kapaklı Piknometre Deneyi". Ankara, Türkiye, TS EN 15326 + A1, 2010.
- [21] Erichsen E, Ulvik A, Sævik K. "Mechanical degradation of aggregate by the Los Angeles, the micro-deval and the nordic test methods". *Rock Mechanics and Rock Engineering*, 44(3), 333-337, 2011.
- [22] Cooley Jr LA, James RS. "Micro-Deval testing of aggregates in the Southeast". *Transportation Research Record*, 1837(1), 73-79, 2003.
- [23] Yılmaz E, Kesimal A, Erçıkıdı B, Kaya R. "Seslidere Taş Ocağından Üretilen Kayanın Üstyapı Malzemesi Olarak Kullanılabilirliği". *III Ulusal Kırmataş Sempozyumu*, İstanbul, Türkiye, 3-4 Aralık 2003.