

Araştırma Makalesi / Research Article

Karbon Siyahı Katkılı Bitümlerin Taş Mastik Asfalt Karışımlarda Elektriksel İletkenlik Özelliklerine Olan Etkisinin Araştırılması

*¹Cahit GÜRER, ²Ayfer ELMACI

¹Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Afyonkarahisar/Türkiye, cgurer@aku.edu.tr, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-1413-2357>

²Afyon Kocatepe Üniversitesi, Emirdağ Meslek Yüksekokulu, İnşaat Bölümü, Yapı Denetimi Programı, Afyonkarahisar/Türkiye, aelmaci@aku.edu.tr, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7939-0002>

Geliş / Recieved: 14.12.2019;

Kabul / Accepted: 28.12.2019

Öz

Geleneksel bitümlü karışımlar yalıtkan bir özellik göstermektedir bununla birlikte bu tip bitümlü sıcak karışımların iletkenliği karışım içerisine iletken malzemeler ilave edilerek geliştirilebilir. Bu malzemeler bitümlü bağlayıcının içeriğine toz olarak eklenen iletken maddeler olabileceği gibi agregaya eklenen iletken lif ve cüruf gibi maddeler de olabilir. Yalnızca agrega, karbon lifi ve karbon siyahı gibi katkılarla iletken bitümlü karışımlar oluşturulabilir. Fakat asfalt karışımlardaki bitüm miktarı arttıkça iletkenlik özelliğinde azalma meydana gelir. Bu durum özellikle içeriğindeki bitüm miktarı yüksek olan taş mastik asfalt (TMA) gibi bitümlü karışımlarda problem oluşturur. Genellikle taş mastik asfalt karışımlar karayollarının köprü ve tünel gibi kesimlerinde sıklıkla tercih edilmektedir. Bu çalışma kapsamında laboratuvarında 3 farklı seri olarak hazırlanmış TMA numunelerinde elektriksel iletkenlik özellikleri, öz direnç ve sabit elektrik gerilimi (20 Volt) ile Isıtma deneyleri sonucunda bulunan değerler karşılaştırılmış ve TMA karışımlarda karbon lifinin elektriksel özelliklerin geliştirilmesinde oldukça etkili olduğu görülmüştür.

Anahtar kelimeler: Elektriksel iletkenlik, Taş mastik asfalt (TMA), Karbon siyahı, Karbon lifi, Buzlanma önleme.

*¹Sorumlu yazar / Corresponding author

Bu makaleye atıf yapmak için

Gürer, C., & Elmaci, A. (2019). Karbon siyahı katkıli bitümlerin taş mastik asfalt karışımlarda elektriksel iletkenlik özelliklerine olan etkisinin araştırılması. *Journal of Innovations in Civil Engineering and Technology (JICIVILTECH)*, 1(2), 65-74.

Investigation the Effect of Carbon Black Additive Bitumen on Electrically Conductivity Properties of Stone Mastic Asphalt Mixtures

Abstract

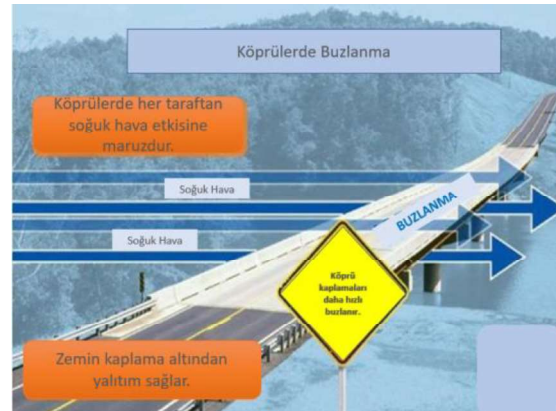
Conventional bituminous mixtures have insulating properties, although the conductivity of such bituminous hot mixtures can be improved by adding conductive materials into the mixture. These materials may be conductive materials added to the contents of the bituminous binder, such as dust, sickles, conductive fibers and slag added to the aggregate. Conductive bituminous mixtures can only be formed with additives such as aggregate, carbon fiber and carbon black. However, as the amount of bitumen in the asphalt mixes increases, the conductivity decreases. This situation creates problems especially in bituminous mixtures such as stone mastic asphalt (SMA) with high bitumen content. Stone mastic asphalt pavements are frequently applied in sections such as bridges and tunnels where icing occurs most rapidly. In this thesis, electrical conductivity properties, resistivity and heating via constant electric voltage (20 Volt) tests results were compared with the samples prepared in 3 different series and it was concluded that the carbon fiber was found to be highly effective in the development of electrical properties in the SMA mixtures.

Keywords: *Electrical conductivity, Stone mastic asphalt (SMA), Carbon powder, Carbon fiber, Anti-icing.*

1. Giriş

Kış aylarındaki kar, buz fırtınası, buzlanma vb. etkiler karayolu ulaşımında önemli problemlere neden olmakta özellikle köprü, tünel ve düşey kurp gibi yol kesimlerinde trafik sıkışıklığına ve havalimanlarında uçuş iptallerine neden olabilmekte bu da büyük maddi ve manevi kayıplara yol açmaktadır (Liu, Wu, Ye, Qiu, & Li, 2008; Wu, Mo, Shui, & Chen, 2005). Bundan dolayı yol yüzeyindeki kar ve buzlanmanın zamanında kaldırılması ve yolun güvenli bir şekilde trafiğe açılması geçmişten bu yana en çok ilgi duyulan konuların başında gelmektedir (García, Schlangen, van de Ven, & Liu, 2009; Minsk, 1968). Özellikle karlı ve buzlanmanın olduğu havalarda, yüksek taşıt hızlarında yol yüzeyi ile tekerlek bandajı arasında oluşan sürtünme direnci çok küçük değerlere ineabilmektedir. İngiltere’de yapılan bir çalışma kaplamanın kayma direnci değerinde %10’luk bir iyileştirmenin, yağışlı havalarda meydana gelen trafik kazalarında %13’lük bir azalma sağladığını ortaya koymuştur (Gürer, Düşmez, Boğa, & Akbulut, 2019; Gürer, Düşmez, & Demirci, 2015). Buzlanma ile zamanında müdahale sonucu trafik kazaların engellenmesi ve azaltılması, ileriye dönük büyük bir maddi -manevi kazanım olacaktır. Karayollarında buzlanma ile mücadelede acil eylem planı yetersiz olan yerel yönetimler ve yol idareleri bu tip olağanüstü hava koşullarına yeterince hızlı müdahale edememektedirler. Kimyasal madde ve tuz kullanımı, görünüşte düşük maliyetli bir çözüm olarak görülmekte bununla birlikte yalnızca hava

sıcaklığının çok düşük olmadığı şartlarda fayda sağlamaktadır (Ağar & Kutluhan, 2005). Köprüler, karayollarının yatay ve düşey kurp kesimleri, yonca kavşaklar, tüneller ve hastane acil servis ulaşım yolları, kaldırımlar vb. yol kesimleri kar birikmesi ve buzlanma açısından en kritik kesimleri oluşturmaktadır. Özellikle köprü ve tünel gibi yol kesimlerinde, yüksek yük taşıma kapasitesi, daha uzun ömürlü oluşu ve daha az bakım gerektirmelerinden dolayı taş mastik asfalt (TMA) karışımlar tercih edilmektedirler. Asma köprü ve tünel gibi karayolu geçişleri buzlanmanın diğer yol kısımlarına göre daha gerçekleştiği kesimlerdir. Özellikle köprüler her yönden hava şartlarına açık yapılar olduğu için köprülerde buzlanma, normal yol kesimlerine göre daha hızlı meydana gelir (Şekil 1).



Şekil 1. Köprülerde buzlanma (Shepherd, 2017).

Geleneksel olarak kullanılan, kimyasal solüsyon ve tuz uygulama gibi buzlanma ile mücadele yöntemleri köprü gibi yapıların metal ve betonarme taşıyıcı sistemlerine zarar vererek, tafisi güç durumlara neden olabilirler. Bundan dolayı bu gibi kesimlerde son

yıllarda iletken kablo ile kaplama ısıtma sistemleri, asfalt ve solüsyon püskürtme gibi sistemler giderek artan oranlarda uygulanmaya başlamıştır (Gürer et al., 2015). Köprü kaplamaları TMA karışımlardan oluştuğu için yüksek bitüm yüzdesi elektriksel iletkenlik özelliği üzerinde azaltıcı etki yapmaktadır. Dolayısıyla TMA gibi bitümlü karışımları elektriksel iletken hale getirmede bitüm fazının da iletken olması veya iletken materyaller içermesi bu açıdan bakıldığında oldukça önemlidir. Bu sayede iletkenlik özelliği bitüm film kalınlığının artışıyla birlikte azalmamış olacaktır. Bu çalışmanın literatürdeki en önemli farkı ilk kez bağlayıcı fazının da iletkenliğe katkıda bulunan TMA karışımlardan oluşmasıdır (Gürer & Gürgöze, 2017). Bu çalışmada TMA karışımlarda bitüm yüzdesi artışıyla iletkenliğin azalmasını önlemek için karbon siyahı katkılı bitüm numunesi hazırlanarak bu bağlayıcı ile TMA karışımlar üretilmiş ve elektriksel iletkenlik üzerinde olan etkileri belirlenmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Materyal

Çalışmada mineral filler ve ince agrega olarak Afyonkarahisar'da faaliyet gösteren KOLSAN AŞ'den temin edilmiş kireçtaşı ve iri agrega olarak Kütahya Bölgesinden temin edilmiş bazalt kökenli agrega kullanılmıştır. Kullanılan agregaların özellikleri Tablo 1'de verilmiştir. Bağlayıcı malzeme olarak Afyonkarahisar Asfalt üretim tesislerinden temin edilmiş B50/70 penetrasyon bitümü kullanılmış olup

bitüm özellikleri Tablo 2'de verilmiştir. Ve bu bitüm ayrıca ağırlıkça %14 karbon siyahı ile 2 saat süre ile 185 °C'de, tam kesmeli bir karıştırıcıyla 1800 dev/dk hızda karıştırmak suretiyle modifiye edilmiş ve bağlayıcı olarak kullanılarak iletken TMA karışım numuneleri üretilmiştir. %14 karbon tozu miktarı halen devam eden 17.KARİYER.206 nolu AKÜ BAPK projesinin 2.ara rapor sonuçlarındaki bulgular esas alınarak belirlenmiştir (Gürer, Akbulut & Boğa, 2018). Bitümlerin modifiye edilmesinde kullanılan karbon siyahları ise ÖZERBAND Konveyör Sanayi AŞ'den temin edilmiştir. Çalışmada kullanılan üç farklı iletken TMA numune serilerine ait özellikler Tablo 3'te ve gradasyon aralıkları ise Tablo 4'de verilmiştir.

2.2. Yöntem

Çalışmanın yöntem akış şeması Şekil 2'de verilmiştir. Deneysel çalışma kapsamında TMA numuneler üzerinde iki elektrot yöntemi ile öz direnç ölçümü ve 20 Volt DC gerilim altında ısınma deneyleri yapılmıştır. Isınma deneyleri tekli ve aynı seriden ikili numunelerin birleştirilmesi ile tekrarlanmıştır.

Tablo 1. TMA karışımlarda kullanılan agrega özellikleri

Agrega Deneyleeri	Kireçtaşı (İnce Fraksiyon)	Bazalt (Kaba Fraksiyon)
İri Agregada Hacim Özgöl Ağırlık (>No:4) (gr/cm ³)	2,721	2,673
İri Agregada Zahiri Özgöl Ağırlık (>No:4) (gr/cm ³)	2,730	2,772
İnce Agregada Hacim Özgöl Ağırlık (No:4-200) (gr/cm ³)	2,186	-
İnce Agregada Zahiri Özgöl Ağırlık (No:4-200) (gr/cm ³)	2,592	-
Mineral Filler Zahiri Özgöl Ağırlık (<No:200) (gr/cm ³)	2,560	
Su Emme Deneyi (%) (>No:4)	0,4	4,0
Su Emme Deneyi (%) (No:4 – No:200)	4,0	8,7
Los Angeles Aşınma Kaybı (%)	23,1	15,8
Darbelenme Kaybı (%)	5,03	3,50
NaSO ₄ Donma Kaybı (%)	0,69	7,53
Karbon Siyahı BET Yüzey Alanı (m ² /gr)		87,1492

Tablo 2. Saf bitüm özellikleri

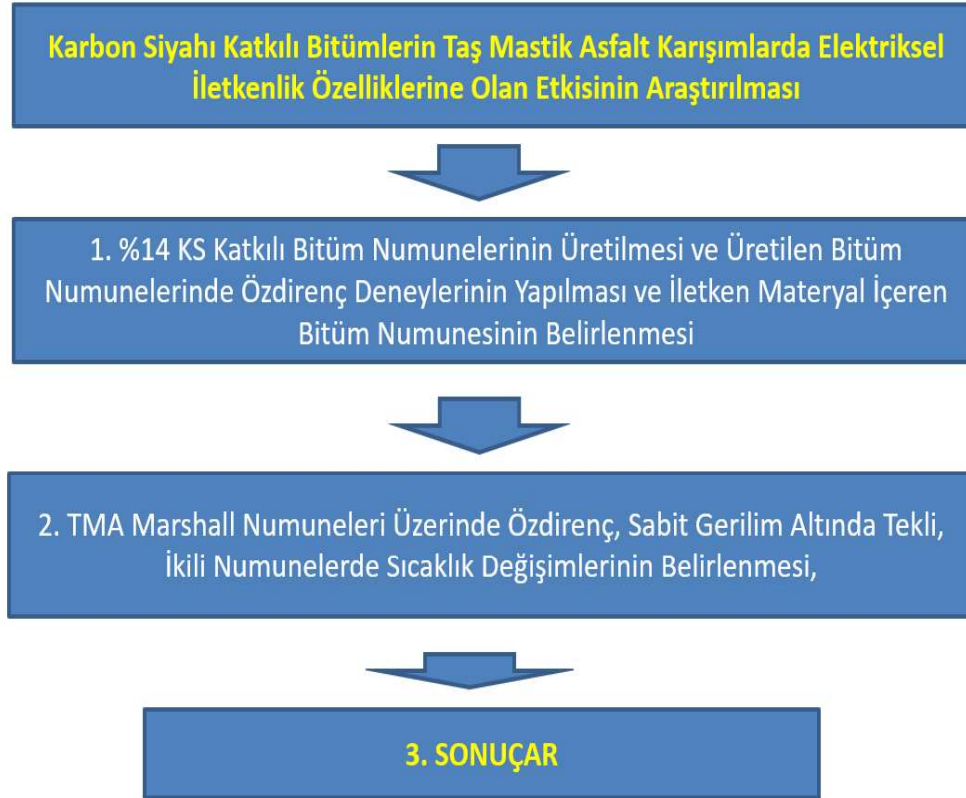
Özellikler	Değerler	Standartlar
Temin Edilen Rafineri	Aliağa	-
Penetrasyon Sınıfı	50/70	-
Penetrasyon (25 °C' de)	55,1	ASTM D5-06e1
Özgöl Ağırlık	1,035	ASTM D70-09e1
Yumuşama Noktası (°C)	49,1	ASTMD36/D36M-09
Isıtma Kaybı (%)	2,2	ASTM D6-95
Parlama Noktası (°C)	289	ASTM D5-06e1
Düktilite (5cm/dk)	>100 cm	ASTM D113-07
Viskozite (135 °C) (cP)	250.0	
Viskozite (165 °C) (cP)	67,8	ASTM D4402-06

Tablo 3. TMA Numune serilerine ait özellikler

Seri	Karbon Lifi	%14 Karbon Siyahı Katkılı Bitüm
1	✓	
2	✓	✓
3		✓

Tablo 4. TMA Serilerinin gradasyon özellikleri

Elek Boyutu		%EG	% Kalan
inc	mm		
1	25	100	0
¾	19	100	0
½	12,5	100	0
3/8	9,5	85	15
No:4	4,75	35	65
No:10	2	25	75
No:40	0,425	17	83
No:80	0,180	13	87
No:200	0,075	10	90

**Şekil 2.** Yöntem akış şeması

3. Bulgular

için tüm numunelerde iki elektrot ile dıştan temas yöntemiyle özdirenç ölçümleri yapılmıştır.

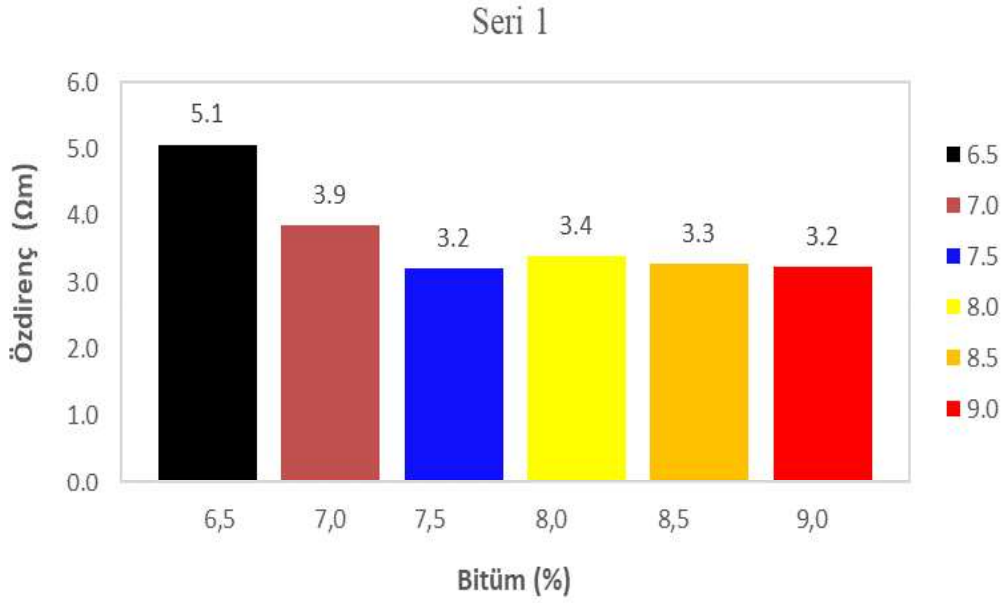
3.1 Özdirenç Ölçüm Sonuçları

Üretilen TMA Marshall numunelerinde %14 karbon siyahı katkıli bitümün iletkenlik üzerindeki etkisini belirlemek

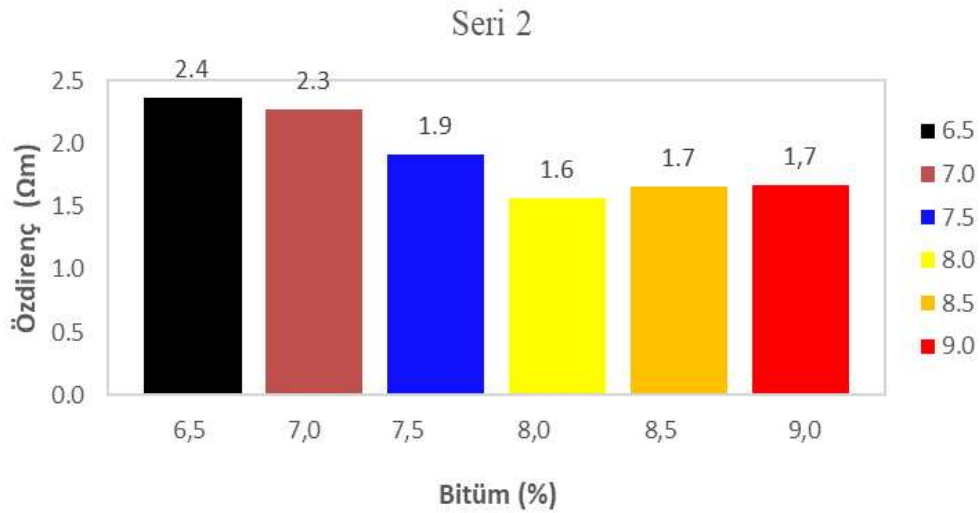
Şekil 3 ve 4'de görüldüğü gibi %14 karbon siyahı katkıli bitümle üretilen numunelerde %8,0 bitüm oranında

öz direnç değerinin 1,7 $\Omega.m$ değerine düştüğü, oldukça iyi iletken malzeme haline geldikleri görülmektedir. Yalnızca karbon lifi içeren Seri 1 numunelerine göre iki kat daha iyi iletken haline gelmişlerdir (Şekil 3). Seri

3 numunelerinde, iletken bileşen olarak, yalnızca %14 KS katkılı bitüm kullanımı TMA numunelerinin iletken hale gelmesini sağlayamamıştır. Bundan dolayı Seri 3'e ait grafik verilememiştir.



Şekil 3. Seri 1 TMA numunelerinin öz direnç değişimleri



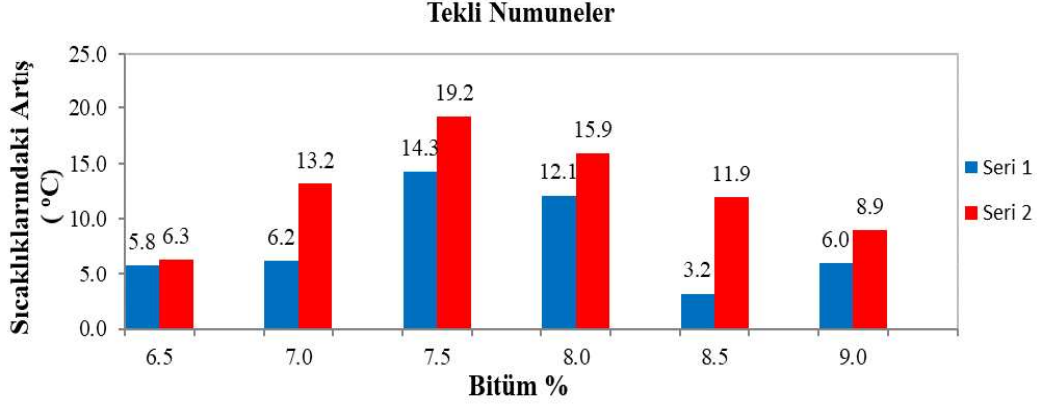
Şekil 4. Seri 2 TMA numunelerinin öz direnç değişimleri.

3.2 Sabit Gerilim Altında Tekli Numunelerin Sıcaklık Artışlarının Belirlenmesi

Bu deney kapsamında tekli numunelere 20 Volt gerilim verilerek sıcaklıklarda meydana gelen değişimler kızılötesi

termometre ile numune ortasındaki üç noktadan ölçülerek 10 dk'lık elektrik gerilimine tabi tutulan asfalt briketi

numunelerindeki sıcaklık değişimleri, bitüm yüzdelere göre, belirlenmiştir (Şekil 5).



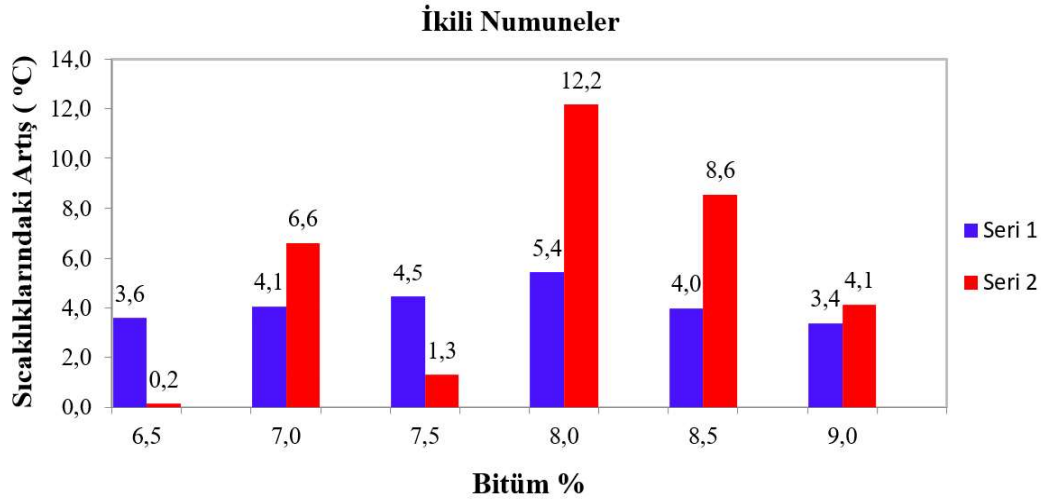
Şekil 5. Tekli TMA numunelerin sabit gerilim altında sıcaklık değişimleri

En yüksek sıcaklık artışları, Seri 1 'de %8,0 bitüm oranında 5,4 °C olarak, Seri 2 numunelerinde, %7,0 bitüm oranında 7,2 °C olarak belirlenmiştir. Her iki seriye ait numunelerde 8,0'ın üzerine çıkmasıyla numunelerde ortalama sıcaklık artışlarında azalma görülmektedir. Karbon siyahı katkılı bitümle üretilen numunelerde görülen sıcaklık artışları genel olarak Seri 1 numunelerine göre daha yüksektir.

3.3. Sabit Gerilim Altında İkili Numunelerin Sıcaklık Artışlarının Belirlenmesi

İkili numunelerde sabit gerilim altında sıcaklık artışlarını belirlemek için 30 Volt sabit DC gerilim 10 dk boyunca birbirine temas ettirilmiş numunelere uygulanmış ve numunelerdeki sıcaklık değişimleri belirlenmiştir. Numunelerin uzunlukları arttığı için direnç değeri artmış ve sıcaklık değerlerindeki artışlarda, tekli

numune ölçümlerine göre azalma görülmüştür. Bununla birlikte %14 karbon siyahı katkılı bitümlerle üretilen TMA numunelerindeki (Seri 2) sıcaklık artışlarının Seri-1 numunelere göre oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Yalnızca %6,5 bitüm oranında Seri 2 numunesindeki sıcaklık artışı düşüktür. Karbon siyahı katkılı bitümün Seri 2 numunelerinin sıcaklık artışlarının yüksek oluşunda etkili olduğu düşünülmektedir (Şekil 6).



Şekil 6. İkili TMA numunelerin sabit gerilim altında sıcaklık değişimleri

4. Sonuçlar

4. Sonuçlar ve Tartışma

Yapılan deneysel çalışmalar neticesinde, şu sonuçlara ulaşılmıştır:

- Karbon siyahı katkılı bitüm kullanımı aynı gradasyon ve iletken madde içeriğine sahip TMA numunelerini iki kat daha iletken hale getirmiştir.
- Tüm numunelerde bitüm yüzdesinin artmasıyla birlikte iletkenlik değerlerinin de, bitüm türüne bakılmaksızın arttığı, fakat artış değerinin karbon siyahı katkılı bitüm kullanılan Seri 2 numunelerinde daha fazla olduğu görülmüştür. Bitüm yüzdesinin artmasıyla birlikte işlenebilirliğin artması ve bu sayede karışım içerisindeki karbon liflerinin daha homojen dağılması iletkenliğin de artmasına neden olmuştur.
- Malzemeleri iletken hale çevirmede karbon lifi en çok kullanılan ve araştırılan malzemelerin başında gelmektedir. Bununla birlikte karbon lifi oldukça pahalı bir malzemedir. Karbon siyahı katkılı bitüm kullanılarak, karışım içerisindeki karbon lifi iletken bileşeni azaltılabilir. Bu sayede iletken TMA birim maliyeti de azalmış olur.
- Özellikle köprü gibi karayollarında buzlanmanın çok daha çabuk ve hızlı olduğu kesimlerde TMA karışımlar kaplama olarak tercih edilmektedir. Bu tip yol kesimlerinde iletken TMA kullanımında karbon siyahı katkılı bitümlerle uygulama yapılması tercih edildiğinde buzlanma tehlikesiyle hiç karşılaşılmaya biliniz.
- Bundan sonraki çalışmalarda yalnızca bitüm fazı ile karışımların iletken hale

dönüştürülmesi üzerine daha detaylı araştırmalar yapılmalıdır.

Teşekkür

Yazarlar çalışmaya 17.KARİYER.206 ve 18.KARİYER.214 nolu projelerle katkı sağlayan Afyon Kocatepe Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon birimine, Özerband Konveyör San. A.Ş.'ye, KOLSAN A.Ş.'ye, Afyonkarahisar Belediyesi Asfalt Üretim Tesislerine, DowAksa İleri Kompozit Malzemeler San. Ltd. Şti'ye teşekkür ederler.

5. Kaynaklar

- Ağar, E., & Kutluhan, S. (2005). Karayollarında kış bakımı, kar ve buz kontrolü. *TMMOB İstanbul Bülten*, 76, 10-16.
- García, Á., Schlangen, E., van de Ven, M., & Liu, Q. (2009). Electrical conductivity of asphalt mortar containing conductive fibers and fillers. *Construction Building Materials*, 23(10), 3175-3181.
- Gürer, C., Düşmez, C., Boğa, A. R., & Akbulut, H. (2019). *Elektriksel iletkenlik özelliği olan asfalt betonu geliştirilmesi: Afyon Kocatepe Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi Sonuç Raporu* (Rapor No. 15.MUH.14). Retrieved from <http://ebap.aku.edu.tr/index.php?act=gest&act2=projeler&durum=tamam>
- Gürer, C., Düşmez, C., & Demirci, B. (2015). Buzlanma ile mücadelede modern yöntemler. *Elektronik Mesleki Gelişim ve Araştırma Dergisi (EJOIR)*. 1(özel sayı), 43-52.
- Gürer, C., & Gürgöze, H. (2017). Investigation the characteristics of conductive asphalt concrete with carbon fibre. *International Journal of Innovative Research In Science, Engineering and Technology (IJIRSET)*, 6(10), 57-63.

- Gürer, C., Akbulut, H., & Boğa, A. R. (2018). *Elektriksel iletken bitümlü bağlayıcı özelliklerinin araştırılması: Afyon Kocatepe Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi 2. Ara Raporu*. (Rapor No. 17.KARİYER.206).
- Liu, X., Wu, S., Ye, Q., Qiu, J., & Li, B. (2008). Properties evaluation of asphalt-based composites with graphite and mine powders. *Construction Building Materials*, 22(3), 121-126.
- Minsk, L. D. (1968). Electrically conductive asphalt for control of snow and ice accumulation. *Highway Research Record* (227).
- Shepherd, M. (2017, December 19). *The science behind why bridges ice before roads*. Retrieved September 20, 2019, from <https://www.forbes.com/sites/marshallshepherd/2017/12/19/the-science-of-why-bridges-ice-before-roads/#705f470c7cd0>
- Wu, S., Mo, L., Shui, Z., & Chen, Z. (2005). Investigation of the conductivity of asphalt concrete containing conductive fillers. *Carbon*, 43(7), 1358-1363.