

Nano malzemelerle modifiye edilmiş bitümlü sıcak karışım ve bitüm performansının analizi

ÖZET

Bu çalışmada, üstyapının dayanımını artırmak için kullanılan malzemelerin özelliklerinin iyileştirilmesi amacıyla, bitümlü bağlayıcılar nano malzemelerle modifiye edilmiştir. Çalışmanın amacı, nano modifikasyon ile BSK üstyapıların performansını artırmak ve oluşacak bozulmaların önüne geçmektir. Modifiye bitümlü bağlayıcıların performansı, Superpave™ karışım tasarımına uygun olarak bitümlü bağlayıcı deneyleri yardımıyla, tekerlek izi dayanımı ve yorulma çatlaklarına karşı dirençleri ile belirlenmiş ve bu modifiye bağlayıcılar kullanılarak BSK karışımların performansı İndirekt Çekme Dayanımı ile belirlenmiştir.

Çalışmada, bitüm çoğul duvarlı karbon nanotüp (MWCNT) ve %50 oranında silika ile modifiye edilmiş karbon nanotüp (SiO₂dopedCNT) ile modifiye edilmiştir. Nano malzemeler saf bitümle ağırlıkça %1, 3 ve 5 oranında karıştırılmıştır. Modifiye edilmiş bitümlerin tekerlek izi ve yorulma performansları belirlenmiştir. Nano modifiye edilmiş bitümlerle hazırlanan BSK numunelerinin optimum bitüm oranları belirlenmiştir ve bu optimum bitüm oranları ile laboratuvar ortamında karışımlar hazırlanmıştır. Modifiye edilmiş BSK numunelerinin nem hassasiyeti Modifiye Lottman testi ile belirlenmiştir. Ayrıca nano modifiye edilmiş bitümler ile Nano malzemelerle elde edilen bitümlerin taramalı elektron mikroskobu ve enerji dağılımlı X-ray spektrometresi görüntüleri ile nano modifikasyonun homojen olarak gerçekleştirilip gerçekleştirilmediği değerlendirilmiştir.

Bitüm, nano malzemelerle yüksek devirli karıştırıcı kullanılarak 4000 devir/dakika hızda ve 160 °C sıcaklıkta 2 saat boyunca homojen olarak karıştırılmıştır. Modifikasyon sonucunda elde edilen bitüm kullanılarak Superpave™ karışım tasarımına göre bitümün ve bitümlü sıcak karışımın performansı değerlendirilmiştir. Öncelikle Isparta Bölgesi için yüksek ve düşük sıcaklık verileriyle bağlayıcı sınıfı seçilmiştir. Daha sonra modifiye edilmiş bitümün üzerinde dönel ince film halinde ısıtma deneyi, basınçlı yaşlandırma kabı, dinamik kesme reometresi, kiriş eğilme reometresi ve dönel viskozimetre deneyleri ile performans dereceli sınıfları kontrol edilmiştir. Ayrıca bu deneyler yardımıyla bitümün tekerlek izi dayanımı ve yorulma çatlaklarına karşı dayanımı karşılaştırılmıştır. Nano malzemelerle modifiye edilmiş bitüm kullanılarak hazırlanan bitümlü sıcak karışımların AASHTO T 283'e göre nem hassasiyeti değerlendirilmiştir.

Sonuçta, en iyi performansı %3 oranında SiO₂dopedCNT içeren bitüm modifikasyonu göstermiştir. Tüm modifiye bitümlerin Performans Derecelendirme (PG) sınıfları PG 64-22 olarak belirlenmiştir. Buna göre,

- Tüm modifikasyonlarda penetrasyon azalmıştır. SiO₂dopedCNT modifikasyonları için ise yumuşama noktası artmıştır.
- %3 oranında SiO₂dopedCNT ile modifiye edilmiş bitüm en düşük sünme sertliği göstermiştir. Bunun sonucunda termal çatlaklara karşı dayanımı en yüksek modifikasyon olarak belirlenmiştir.
- %5 oranında SiO₂dopedCNT ile modifiye edilmiş bitüm RTFOT yaşlandırması sonrası en yüksek tekerlek izi dayanımını göstermiştir. Elastik davranış ve tekerlek izi performansı modifiye edilmemiş bitüme kıyasla artmıştır.
- %3 oranında SiO₂dopedCNT ile modifiye edilmiş bitüm PAV yaşlandırması sonrası en yüksek yorulma dayanımı göstermiştir.

- %3 oranında SiO₂dopedCNT ile modifiye edilmiş bitüm ve %1 oranında MWCNT ile modifiye edilmiş bitümün karıştırma ve sıkıştırma sıcaklıkları azaltılmıştır. Bunun sonucunda enerji tasarrufu elde edilmiştir.
- Optimum bitüm oranı en düşük %3 oranında SiO₂dopedCNT ile modifiye edilmiş bitüm için %3.97 olarak belirlenmiştir. Bu da maliyeti düşürecektir.
- %3 oranında SiO₂dopedCNT ile modifiye edilmiş bitüm en yüksek neme karşı dayanım göstermiştir.

Taramalı elektron mikroskobu ve enerji dağılımlı X-ray spektrometresi görüntüleri ile nano malzemelerin bitüm içerisinde homojen olarak dağıldığı, topaklanmaların boyutunun 4 µm'den daha küçük olduğu belirlenmiştir. Tüm sonuçlar karşılaştırıldığında %3 oranında SiO₂dopedCNT ile modifiye edilmiş bitümlü karışımların en iyi sonucu verdiği görülmüştür.