Atık Asfalt Kaplamalarının Beton Yol Yapımında Kullanımı
Use of Reclaimed Asphalt Pavement in Concrete Road

T. Uygunoğlu, S. Çetin
Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Afyonkarahisar

İ.B. Topçu
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Eskişehir

ÖZET Atık asfalt kırıklarının agrega olarak betonda kullanılması doğal agrega tüketimini ve beton maliyetini azaltır. Bitümlü bir malzeme olan atık asfalt kırıklarının su emme kapasitesinin doğal agregaya göre daha düşük olması taze betonda su gereksinimini azaltmakta ve işlenebilirlik artmaktadır. Yapılan bu çalışmada atık asfalt kırıklarının beton numunelerde agrega yerine en uygun kullanım oranları araştırılmıştır. Deneylerde, atık asfalt kırıkları 0-12 mm boyutlarında ve %0, 25, 50 ve 100 oranlarında kırmataş agregası yerine kullanılmıştır. Taze ve sertleşmiş beton numuneleri üzerinde fiziksel, mekanik ve dayanıklılık deneyleri yapılarak numunelerin özelikleri belirlenmiştir. Taze betonda çökme değerleri hesaplanırken, 7 ve 28 günlük sertleşmiş beton üzerinde yapılan deneylerde ultrases geçiş süresi, basınç dayanımı ve birim ağırlık değerleri belirlenerek elastisite modülü değerleri hesaplanmıştır. Elde edilen deney sonuçlarına göre asfalt atığı kullanımı dayanımlarda, fiziksel ve mekanik özelliklerde azalmalara neden olmuştur.

ABSTRACT The use of reclaimed asphalt pavement (RAP) in concrete reduces the consumption of natural aggregate and cost of concrete. The water absorption of waste crushed asphalt is lower than the water absorption of natural aggregate owing to the bituminous structure; this reduces the water demand in fresh concrete. In this study, the optimum use of RAP particles as aggregate in concrete has been investigated. In the experiments, concretes have been produced with 0-12 mm waste crushed asphalt at the replacement ratios of 0, 25, 50, 75 and 100 %. The destructive, nondestructive and durability tests have been conducted on fresh and hardened specimens to determine physical and mechanical properties. The slump values were obtained in fresh concrete and ultrasound pulse velocity, compressive strengths were obtained in concrete at the end of 7th and 28th days. According to experimental results, asphalt waste caused the reduction of strength, physical and mechanical properties.

1 GİRİŞ

Karayollarında yenileme ve bakım çalışmaları sırasında, eski yol kaplamaları, freze adı verilen makineler ile yol yüzeyinden kazınmakta ve yine bu makineler yardımı ile belirli boyutlarda kırılarak belediye şantiyelerinde veya boş arazilerde atık malzeme olarak depolanmaktadır (Asphalt Ins., 2006). Bu atık malzemeler miktarlarının oldukça fazla olması nedeniyle çevre kirliliğine yol açmaktadır (Krietch, 1991).

Üretim sırasında ortaya çıkan atıkların kullanılabilirliği endüstriyel açıdan kazanç olduğu kadar çevresel açıdan da bir sorunun giderilmesi anlamını taşımaktadır (Herrador vd., 2012). Bu nedenle asfalt atıklarının değerlendirilmesi konusunda bulunabilecek alternatifler ülke ekonomisine kaynak

sağlayacağı gibi bu atıkların çevre kirletici özelliğini de büyük oranda ortadan kaldıracaktır (Oikonomou, 2005). Atık asfalt kırıklarının beton içerisinde doğal agrega yerine kullanılması sonucunda da çevre kirliliği önlenebilir ve ülke ekonomisine büyük katkı sağlanabilir (Huang vd., 2013, Decker ve Young, 1996). Dünya ülkelerinin neredeyse tümünde yol yapım ve genişletme çalışmalarının her geçen gün arttığı göz önünde bulundurulursa agrega gereksiniminin buna bağlı olarak artması kaçınılmazdır (Hanks ve Magni, 1989). Atık asfalt kırıklarının agrega olarak betonda kullanılması doğal agrega tüketimini ve nakliye masraflarını azaltabilecek etkiye sahip olması nedeniyle, beton maliyeti düşecektir. Bitümlü bir malzeme olan atık asfalt kırıklarının su emme kapasitesinin doğal agregaya göre düşük olması taze betonda su gereksinimini azaltır ve işlenebilirlik artar, ayrıca çeşitli çalışmalar incelendiğinde, sertleşmiş betonda tokluk artmakta ve çatlak oluşumunun azaldığı görülmektedir (Akpınar, 2005). Asfalt kırıkları yolların yenilenmesi ve bakımı sırasında ortaya çıkan atık malzemelerdir, bu malzemelerin esnek ve rijit kaplamalarda yeniden kullanılması mümkündür. Rijit bir kaplama olan beton yollarda, sıcaklık ve nem farkından ve trafik yükleri nedeniyle oluşan gerilmeler altında, beton plakta çatlaklar görülebilmektedir. Bu çatlakları önlemek için beton yolu, serbest plaklar durumuna getiren derzlerin, belirli ve uygun aralıklarda yapılmaları gerekmektedir. Ayrıca, betona yüzeye yakın biçimde çelik teller konarak veya yine yüzeye yakın bir şekilde hasır donatıları yerleştirerek bu çatlamalar en az düzeye indirgenebilir ve beton çekme direnci yükseltilebilir. Beton yolun, yol çeşitleri arasında çelik donatı kabul eden tek kaplama tipi olması, büyük bir avantaj olarak görülmektedir. Beton yollarda çatlak oluşumunu önleyici diğer bir yöntem ise agrega yerine şekil değiştirme kapasitesi daha yüksek çeşitli malzemeler kullanılarak beton tokluğunun artmasını sağlamaktır. Bu durum, yapılan çalışmada detaylı bir şekilde incelenerek, atık asfalt kırıklarının agrega yerine kullanılmasının betonda çatlak oluşumuna etkileri araştırılmıştır (Topçu ve Işıkdağ, 2006). Beton yol yapımında çimento miktarının en az 350 kg/m^3 olması şartnamelerde yer almaktadır. Buna ilaveten, çimentodaki alkali miktarı ve kullanılacak agreganın reaktivitesi, alkali–silika reaksiyonu olasılığına karşı dikkate alınmalı, gereken standard deneyler önceden yapılmalıdır. Beton Kaplama için beton en az C 30/37, sınıfında ve eğilme dayanımı da en az 4.0 MPa olmalıdır. Su/çimento orantısı 0.45'i geçmemesi önerilmiştir (Topçu ve Işıkdağ 2006; Rezende vd., 2014).

Atık malzemelerin betonda kullanımı son zamanlarda oldukça popüler hale gelmiştir (Sagoe-Crentsil vd., 1996; raair vd., 2002). Betonda kullanılan atık malzemeler kaba ve ince agrega veya katkı olarak değerlendirilmektedir (Etxeberria vd., 2007; Wagih vd., 2013). Asfalt kırığı agregası kaplamanın tamamen veya kısmen sökülmesi ile elde edilip endüstri uzmanlarına göre asfalt kaplama endüstrisi geri dönüşüm açısından lider durumdadır (Topçu ve Işıkdağ 2006). Her yıl 73 milyon ton asfalt kaplama tekrar kullanılmaktadır. Atık asfalt kaplamalar yol yapımı haricinde yol yatağı, şev ve toprak dolgularda kullanılır. Her yıl, eski yollardan sökülen asfalt kaplamaların % 80'i farklı şekilde yeni kaplama üretimlerinde değerlendirilir (Fuchs, 2002). Öte yandan devamlı gelişim gösteren inşaat sektörünün agrega talebi gün geçtikçe artmaktadır. Ülkemizde yıllık yaklaşık 290 milyon ton civarında agrega üretimi olduğu bildirilmektedir (Işıkdağ, 2009; Huang vd., 2013). Bu üretim büyük oranda taşocaklarında yapılmaktadır. Bu üretimde doğaya müdahale sonucu olumsuz çevresel etkiler oluşabilmektedir. Oysaki asfalt kırığı agregalarının betonda da kullanılabilirliği söz konusudur (Hisari vd., 1999). Bu çalışmada, asfalt kırığı agregalarının belirli oranlarda beton içindeki kırmataş agregasıyla yer değiştirilmesi sonucunda dayanım değerleri araştırılmıştır.

2 DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Çalışmada, 0-6 kırma kum (KK), 6-12 mm kırma taş-I (KT-I) ve 12-22 mm kırmataş-II (KT-II) olmak üzere üç farklı boyutta kireçtaşı kökenli agrega kullanılmıştır. Agregaların özgül ağırlıkları KK için 2.65, KT-I için 2.70 ve KT-II için 2.72 olarak belirlenmiştir. Afyonkarahisar asfalt şantiyesinden temin edilen geri dönüşüm asfalt kaplama agregaları (RAP) beton içerisinde kullanılan KK ve KT-I'in toplamı yerine %25, %50 ve %100 oranlarında yer değiştirilerek beton karışımlarına ilave edilmiştir. RAP'ın özgül ağırlığı 2.6 olarak belirlenmiştir.

Laboratuar ortamında betonyerde hazırlanan beton karışımları 350 dozlu ve 0.45 su/çimento oranında üretilmiştir (Tablo

1). Çimento ağırlığının %1 oranında da hiperakışkanlaştırıcı katkı kullanılmıştır.

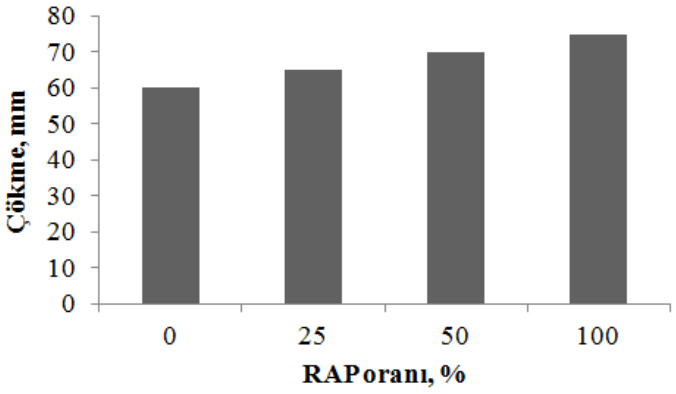
Tablo 1. Birim hacim bileşen miktarları, kg

Seri	Çimento	Su	KK	KT-I	KT-II	RAP
0	350	158	763	525	646	0
25	350	158	575	393	646	313
50	350	158	381	262	646	627
100	350	158	0	0	646	1254

Beton üretimini takiben Abrams konisiyle çökme deneyi gerçekleştirilmiştir. Daha sonra 150x150x150 mm boyutlarında kalıplara dökülen betonlar 24 sa sonra kalıptan alınarak standart koşullarda su içerisinde 7 ve 28 güne kadar kürlenmiştir. Kür işlemi sonrasında tek eksenli basınç ve yarmada çekme dayanımları 7 ve 28. günlerde belirlenmiştir. Ayrıca ultrases hızı ve Schmidt çekiciyle yüzey sertliği deneyleri de yapılmıştır.

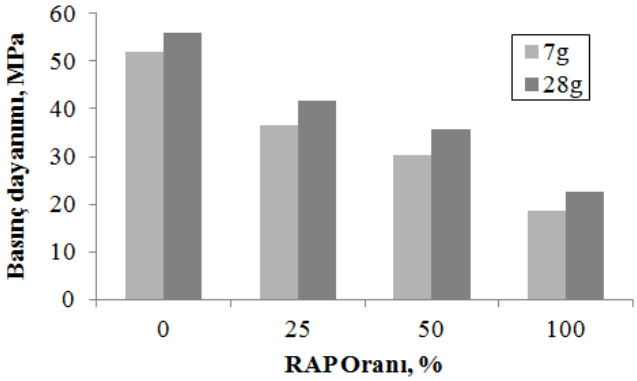
3 DEĞERLENDİRME

Yol betonlarının dayanıklılığı açısından mümkün olduğunca az hidrate suyu içermeleri gerekmektedir. Dolayısıyla bu durum da işlenebilirliğe dorudan etki etmektedir. Bir miktar kimyasal katkı kullanımıyla işlenebilirlik de arttırılabilir. Belirli oranlarda RAP içeren betonların çökme değerleri Şekil 1'de sunulmuştur.



Şekil 1. RAP'lı betonların çökme değerleri

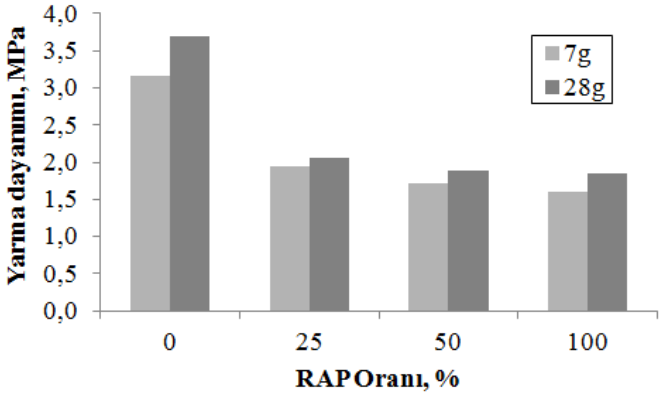
Kontrol serilerinin çökme değerleri 60 mm iken RAP kullanımıyla betonların işlenebilirlikleri artmış ve %100 RAP kullanılan betonlarda 75 mm çökme elde edilmiştir. RAP agregalarının yüzeylerinin bitümle kaplı olması sonucunda beton içindeki diğer bileşenler ve kendi aralarındaki sürtünmeler nispeten azalmakta ve bu da betonun daha kolay hareket edebilmesini sağlayarak işlenebilirliğin artmasını sağlamaktadır. Belirli oranlarda RAP içeren betonların basınç dayanımları Şekil 2'de sunulmuştur.



Şekil 2. RAP'lı betonların basınç dayanımları

Betonların 7 ve 28 günlük dayanımları incelendiğinde, tüm serilerdeki dayanım gelişimi yaklaşık aynıdır. Ancak 7 ve 28 günlük betonların basınç dayanımları RAP oranı arttıkça düşmeye başlamıştır. 28 günlük kontrol betonuyla karşılaştırıldığında, %25, 50 ve 100 oranındaki RAP'li betonlardaki dayanım kaybı sırasıyla %26, %36 ve %59 oranındadır. Yol yapımında kullanılacak betonların 28 günlük küp basınç dayanımlarının en az 37 MPa olması tavsiye edilmiştir. Buna göre %25 RAP içeren serilerin 28 günlük beton dayanımı 41.6 MPa iken %50 RAP içeren betonların basınç dayanımı da 35.7 MPa değerindedir. Dolayısıyla basınç dayanımı açısından %25-%50 arasında RAP oranı yol betonlarında kullanılabilir (Topçu, 1997).

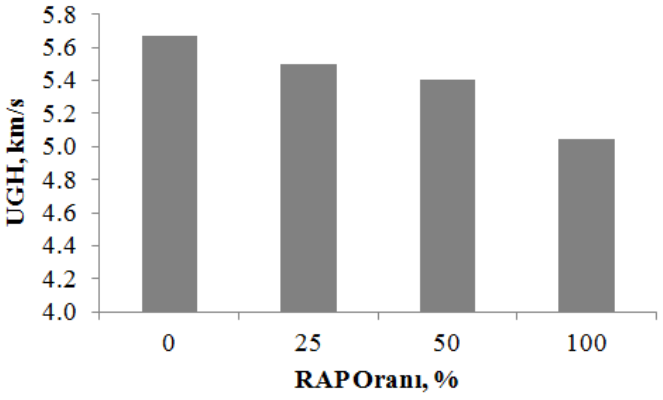
Yarma dayanımları açısından da RAP içeren betonlar basınç dayanımına benzer özelikler göstermişlerdir (Şekil 3). Tamamen RAP kullanılan betonların yarmada çekme dayanımları 1.85 MPa iken kontrol betonların yarmada çekme dayanımları 3.7 MPa'dır. Yarmada çekme dayanımı açısından en az 2 MPa olması önerilen yol betonlarında %25 ve %50 arasında RAP kullanımıyla bu kriter de sağlanmış olmaktadır.



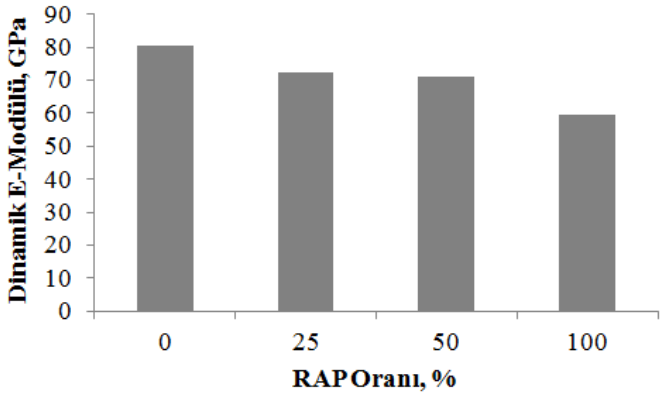
Şekil 3. RAP'lı betonların yarma dayanımları

Ultrases geçiş hızı (UGH) beton gibi malzemelerin boşluk yapısının tahmin edilmesinde kullanılan ölçüm yöntemlerinden birisi olup, bu değerin artmasıyla daha dolu ve yoğun bir malzeme olduğu, bunun sonucunda da dayanımının daha yüksek olacağı düşünülmektedir. UGH değeri açısından 4.5 km/s üzerinde olması yüksek kalitede beton olduğunun göstergesidir. Tüm seriler bu değer üzerinde olduğundan kaliteli beton sınıfındadırlar (Şekil 4). RAP oranıyla birlikte beton içerisinde boşukların bir miktar arttığı düşünülebilir. Buradaki azalma boşluk artışından çok bitümle kaplı agregaların sesin iletimine engel olduğu, bu nedenle de ses geçiş hızının azaldığı sonucuna varılmıştır. Çünkü bitüm gibi polimerik malzemeler sesin geçişini azaltan malzeme grubundadırlar.

RAP içeriğine göre betonların dinamik elastisite modülü (E-Modülü) değerlerinin RAP artışıyla birlikte azaldığı Şekil 5'te görülmektedir. Agregaların yüzeylerinin bitümle kaplı olup agrega-çimento arayüzeyindeki aderansı (kenetlenmeyi) azalttığından betonun yük altındaki şekil değişiminin artışına ve buna bağlı olarak da E-modülünün azalmasına neden olmuştur.



Şekil 4. RAP'lı betonlarda ultrases ses hızı değişimi



Şekil 5. RAP'lı betonların E-modüllerinin değişimi

4 SONUÇLAR

Bu çalışmada, atık asfalt kırıklarının beton yol yapımında kırmataş yerine belirli oranlarda katılarak özellikle dayanım bakımından kullanımı araştırılmıştır. Elde edilen bulgular sonucunda aşağıdaki sonuçlar çıkarılmıştır:

- Bitüm kaplı agrega yüzeyleri sayesinde düşük aynı su/çimneto oranındaki kırmataşlı betonlara göre işlenebilirliği arttırdıkları görülmüştür.
- Agrega yüzeylerinin bitümle kaplı olması agrega-çimento aderansını zayıflattığından basınç ve yarma dayanımlarının azalmasına neden olmuştur.
- Kontrol betonuyla karşılaştırıldığında, %25, 50 ve 100 oranındaki RAP'li betonlardaki dayanım kaybı sırasıyla %26, %36 ve %59 oranındadır.
- Bitüm gibi polimerik malzemeler sesin geçişini azaltan malzeme grubunda olup, agregalar da bu malzemeyle kaplı olduklarından betondaki ultrases geçiş hızının azalmasına neden olmuşlardır.
- Betonların dinamik elastisite modülü değerlerinin RAP artışıyla birlikte azaldığı görülmüştür.

Yenilenen yollarda malzemelerinin taşınması, maliyetin artmasında önemli etkenler arasındadır. Finansal yönden incelenecek olursa, yol yapım maliyetlerini arttıran en önemli etkenlerden birisi agreganın inşaat alanına nakliyesidir. Malzeme kaynağı ve inşaat sahası arasındaki uzaklıklar inşaat maliyetlerine ilave bir yük getirmektedir. RAP istenilen boyutlarda kırıldıktan sonra inşaat sahasına yakın yerde bulunabilecek mobil beton santrallerinde değerlendirilerek doğal agrega için gerekli

ulaşım maliyetini düşürebilecek niteliktedir. Sonuç olarak, basınç ve yarma dayanımı açısından %50 oranına kadar şartnamelerde önerilen sınır değerleri sağladığı ve bu nedenle de beton yol yapımında kullanılabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

TEŞEKKÜR

Yazarlar, bu çalışmayı 16.MUH.ALTY.05 nolu projeyle destekleyen Afyon Kocatepe Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri birimine teşekkürlerini sunarlar.

KAYNAKLAR

Akpınar, A.F., (2005), Asfalt kırığı agregalı betonların mekanik özelikleri, Yük.lis.tezi, Eskisehir Osmangazi Ünv., Fen Bil. E, İnsaat Muh. ABD, 79s.

Asphalt Institute, (2006), Asphalt concrete cold recycling user guide, 55 p.

Decker, D.S. and Young, T.J., (1996), Handling RAP in an HMA facility, Proceedings of the Canadian Technical Asphalt Association

Etxeberria, M., Marí, A., and Vázquez, E. (2007). Recycled aggregate concrete as structural material, Materials and Structures, 40(5), 529-541.

Fraair, A.L., Pietersen, H.S. and de Vries, J., (2002), Performance of Concrete with Recycled Aggregates, Proc. of the Int Conf on Sustainable Concrete Construction, Dundee, Scotland, 187–198.

Fuchs, F., (2002), Avrupa ve dünyada beton yol yapım çalışmaları, Ulusal Beton Yollar Kongresi, CD.

Hanks, A.J. and Magni, E.R., (1989), The use of bituminous and concrete material in granular base and earth, Materials Information Report.

Herrador, R., Pérez, P., Garach, L., and Ordóñez, J. (2012). "Use of Recycled Construction and Demolition Waste Aggregate for Road Course Surfacing." *J. Transp. Eng.*, 138(2), 182-190.

Hisari, Y., Sano, M., Yagishita, F. and Yamada, M., (1999), Studies on the reprocessing of waste asphalt concrete for recycling', Proc. of the Concrete Institute of Australia 19th Biennial Conf., Sydney, 62–92

Huang, B., Shu, X. and Li, G., (2005), Laboratory investigation of Portland cement concrete containing recycled asphalt pavements, Cement and Concrete Research, 35, 2008-2013.

Işıkdağ, (2009), Atık Asfalt Kırıklarının Beton Yollarda Agrega Yerine Kullanılmasının Arastırılması, Doktora tezi, Eskisehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bil. Ens., İnsaat Muh. ABD, 156s.

Krietch, A.J., (1991), Evaluation of RAP as clean fill. Asphalt Institute.
Oikonomou, N. D. (2005). Recycled concrete aggregates, Cement and Concrete Composites, 27(2), 315-318.

Rezende, L. R., Silveira, L. R., Araújo, W. L., and Luz, M. P. (2014). "Reuse of fine quarry wastes in pavement: Case study in Brazil." J. Mater. Civ. Eng., 26(8), 1-9.

Sagoe-Crentsil, K.K., Brown, T., Mak, S.L. and Taylor, A., (1996), Engineering Properties and Performance of Concrete made with Recycled Construction Aggregates, Proceedings of the National Symposium on the Use of Recycled Materials in Engineering Construction, Sydney, May, 132–135.

Topcu, I.B. (1997). "Physical and Mechanical Properties of Concretes Produced With Waste Concrete". Cement and Concrete Research, vol 27, pp 1817-1823.

Topcu, İ.B. ve Isıkdağ, B., (2006), Atık asfalt kırıklarının agrega olarak beton yollarda değerlendirilmesi, TCMB Cimento ve Beton Dunyası, 11, 72-85.

Wagih, A.M., El-Karmoty, H.Z., Ebid, M., Okba, S.H., (2013), Recycled Construction And Demolition Concrete Waste As Aggregate For Structural Concrete, HBRC Journal, 9(3), 193-200.