

## **KAZINMIŞ ASFALT MALZEMELERİN BETON KARIŞIMINDA İNCE AGREGA YERİNE İKAME EDİLMESİNİN FARKLI ORTAM ISISI ALTINDAKİ BETONLARIN BASINÇ DAYANIMLARINA ETKİSİ**

**M. Fatih ŞAHAN<sup>1\*</sup>, Uğur CANPOLAT<sup>2</sup>**

<sup>1-2</sup> Adiyaman Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Adiyaman, Türkiye

Geliş Tarihi/Received Date: 24.04.2021 Kabul Tarihi/Accepted Date: 08.07.2021 DOI: 10.54365/adyumbd.927197

### **ÖZET**

Bu çalışmada ömrünü tamamlamış, karayolu kaplamalarının kazınması sonucu ortaya çıkan kazınmış asfalt malzemelerin (KAM) hiçbir işlemle geçirilmeksizin sadece elenmek suretiyle beton karışımında ince agregaya yerine kullanılabilirliği araştırılmıştır. Bu amaç doğrultusunda, ince agregaya yerine toplam beton hacminin % 5, 10, 15 ve 20 oranlarında ince KAM ikame edilerek 100 mm'lik küp numuneler üretilmiştir. Kür sonunda sudan çıkarılan numuneler 24 saat süreyle farklı ortam ısılarında, bir set 25°C, bir set 50°C ve bir set de 75°C ısıda bekletilmiştir. Basınç testleri sonucunda gerek ince KAM ikamesinin artması gerekse ortam ısının artması ile basınç dayanımında azalmalar gözlemlenmiştir. Elde edilen veriler ince KAM katkılı betonların üretilebileceğini ve kullanılacağını göstermiştir. İnce KAM'ın betonda kullanılması ile karayollarının yenilenmesi veya tamiri sonucunda ortaya çıkan atıkların maliyetsiz olarak geri dönüştürülmesi sağlanmış olacaktır. Böylece hem ülke ekonomisine katkıda bulunulacak hemde doğal agregaya kaynaklarının hızlı tükenmesi engellenecek ve doğal ortamın korunmasına katkı sağlanacaktır.

*Anahtar Kelimeler: Geri dönüşüm, Kazınmış asfalt malzeme, Basınç dayanımı, Sıcaklık etkisi*

## **THE EFFECT OF SUBSTITUTING SCRAPED ASPHALT MATERIALS FOR FINE AGGREGATE IN CONCRETE MIXTURE ON THE COMPRESSIVE STRENGTH OF CONCRETES UNDER DIFFERENT AMBIENT TEMPERATURES**

### **ABSTRACT**

In this study, the usability of Reclaimed asphalt pavement (RAP), which is the result of the scraping of the road pavements, was investigated in concrete mix instead of fine aggregate by sieving without any treatment. For this purpose, 100 mm cubic samples were produced by substituting fine RAP at 5, 10, 15 and 20% of the total concrete volume instead of fine aggregate. Samples removed from water at the end of curing were kept at different ambient temperatures for 24 hours, one set at 25 ° C, one set at 50 ° C and one set at 75 ° C. As a result of the pressure tests, decreases in compressive strength were observed with both the increase of the fine RAP substitution and the increase in the ambient temperature. The data obtained showed that fine RAP substituted concretes can be produced and used. With the use of thin RAP in concrete, it will be ensured that the waste generated as a result of the renewal or repair of highways can be recycled without cost. Thus, along with the contribution to the national economy, the rapid depletion of natural aggregate resources will be prevented and also contributed to the protection of the natural environment.

*Keywords: Recycling, Reclaimed asphalt pavement, Compressive strength, Temperature effect*

<sup>\*1</sup> e-mail: [mfs@adiyaman.edu.tr](mailto:mfs@adiyaman.edu.tr) ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3334-3945> (Sorumlu Yazar),

<sup>2</sup> e-mail: [cnpltugur@gmail.com](mailto:cnpltugur@gmail.com) ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3916-6302>

## 1. Giriş

Zaman içerisinde değişen ve teknolojiyle gelişen dünyamızda her geçen gün yeni bir ihtiyaç ve farklı beklentiler ortaya çıkmaktadır. İnşaat sektörü de bu değişim dünyasında bir parçadır. Kendi içerisinde gelişmekle beraber yeniliklere daha açık hale gelmektedir. Özellikle beton üzerine yapılan çalışmalar inşaat alanının yapı taşı niteliğinde olan çalışmalardır. İhtiyaçların artması ve ihtiyaca uygun tasarım yönünden farklı betonlar üretilmektedir. Beton bu değişim sayesinde farklı bir sektör konumuna gelmiştir. Betona farklı nitelik kazandırmak yapısını değiştirmekle mümkündür. Beton içerisinde mevcut yapı malzemelerine oranla, beton içerisine katılan katkı niteliğinde malzemeler elbette betona farklı özellik yükleyecektir. Beton içerisine ikame edilen bu malzemelerle amaca uygun beton üretimi yapılmaktadır. Ayrıca yapılan bazı çalışmalarda ekonomiklik sağlamak adına beton içerisine yapı malzemeleri katılmaktadır.

Ömrünü tamamlamış asfalt yolların, üst kaplaması kazınarak alınır ve alınan kaplamanın yerine yeni asfalt karışımı serilerek sıkıştırılır. Kazınan asfalt kaplamalar genelde atık malzeme depolama sahalarında toplanmaktadır. Açık sahalarda depolanan kazınmış asfalt malzemeler zamanla, içerisindeki petrol esaslı bitümün, farklı iklim koşullarına bağlı olarak akması sonucu yeraltı sularına zarar verebilmekte ve yeraltı sularımız kirlenebilmektedir. Karayollarının bakım ve onarım esnasında faydasal ömrünü tamamlamış olan yol üstü yapısında kullanılan asfalt kaplamanın bazı işlemlerden geçirilip yeniden değerlendirilmesi gerekmektedir [1]. Ömrünü tamamlamış asfalt kaplamaların kazınarak geri dönüştürülmesi işlemi yeni malzeme ihtiyacında azalma meydana gelerek olumlu etki sağlamaktadır. Ayrıca yeniden değerlendirilen bu atıkların atık sahalarında depolanmasının da önüne geçilerek çevreyi korumaya katkı sağlanmış olunur [2]. Kazınmış atık asfalt malzemelerin beton içerisine agrega yerine ikame edilmesiyle hem atık depolama sahalarının oluşumu engellenebilir hem de doğal agrega kaynakları korunarak ekonomik avantaj elde edilebilir [3].

Atık malzemelerin değerlendirilerek beton karışımında kullanılabilirliği üzerine son zamanlarda pek çok çalışma yapılmış olup, yapılan çalışmalarda inşaat mühendisliği açısından cazip gelmiştir. Beton içerisinde kullanılan atık malzemeler agrega veya katkı olarak değerlendirilmektedir. Kazınan asfaltın tekrar beton karışımına dâhil edilmesi, agregayla beraber kullanılmasıyla gerek doğal agrega kaynakları korunmuş olup gerekse ekonomik olarak fayda sağlanmış olacaktır [3].

Akçaözöğlü [4] yaptığı çalışmada atık PET şişe kırıklarının betonda agrega yerine ikame edilemeyeceğini araştırmıştır. Deneylerde sadece atık pet şişe kullanmış ve pet ve kum agregası diye iki grup beton üzerinde incelemeler karşılaştırmalar yapmıştır. Deneyler sonucunda, atık pet şişe kırıklarının depreme dayanıklılık açısından kullanılabilirliği, hafif beton üretiminde agrega olarak kullanılabilirliğini araştırmış ve olumlu sonuçlar elde etmiştir. Akyıldız [5] yaptığı çalışmada beton içerisine ikame edilen bor atığı ve zeolit mineralinin dayanıma etkisi ve betonun kullanılabilirliğini araştırmıştır. Hazırlanan numunelerde taze beton deneyleri yapılmış, farklı kür sürelerinde havuzda bekletildikten sonra sertleşmiş beton deneylerine tabi tutulup betonun fiziksel özellikleri araştırılmıştır. Çelik ve Gürdal [6] yaptıkları çalışmada yerfıstığı kabuğunun beton içerinde agrega yerine kullanılmasının mekanik mukavemete etkisini araştırmışlardır. Yerfıstığı kabuğu agregası sayesinde ağırlığı düşük, mukavemeti yerinde beton üretimi amaçlanmıştır. Yerfıstığı kabuğu kullanılarak üretilen beton numunelere süneklik bakımından artış gözlemlenmiştir. Demirdağ ve Gündüz [7] yaptıkları çalışmada cüruf gibi volkanik kökenli malzemelerin beton içerinde TS ve ASTM standartlarına göre uygunluğunu araştırmış ve hafif beton agrega olarak kullanılabilirliğini araştırmışlardır. Gürer ve ark. [8] yapıları çalışmada inşaat sektöründe geri dönüşüm olarak kullanılacak atıkları araştırmışlardır. Dünya üzerinde atık değerlendirme örneklerini incelemiştir. Özer [9] yaptığı çalışmada atık malzemelerin, tuğla tozu, uçucu kül, mermer tozu gibi mineral katkı malzemelerin betonda kullanılmasının basınç, eğilme, aşınma, gibi etkilere karşı dayanım ve dayanıklılığını incelemiştir. Deneylerde bu katkı minerallerini çimento yerine ikame etmiştir. Deneyler neticesinde uçucu kül hariç diğer katkı malzemelerin betonun işlenebilirliğini ve dayanımını azalttığını saptamıştır. Öztürk [10] çalışmasında atık su filtre kekinin betonda değerlendirilmesini araştırmıştır. Karışımlarda çimento yerine %15, 30 ve 60 oranlarında atık su filtre keki ikame ederek farklı beton karışımları üretilmiştir.

Üretilen karışım numunelerinde taze ve sertleşmiş beton deneyleri yapılmıştır. Deneyler sonucunda atık su filtre kekinin betonda olumsuz bir etkiye sebep olmadığı, dayanımı azaltma yönünde bir artış göstermediğini gözlemlenmiştir. Betonun fiziksel ve mekanik durumu dikkate alındığında atık su filtre keki katkılı betonların kullanılabilir olduğunu saptamıştır. Işıkdağ [3] yaptığı çalışmada kazınmış asfalt kırıklarının betonda agregaya yerine kullanılmasını incelemiş ve beton yollar için kullanılabilirliğini araştırmıştır. Yaptığı deneylerde, 4-16 mm ve 16-31.5 mm boyutlarında atık asfalt kırıklarını agregaya yerine %0, 25, 50, 75 ve 100 oranlarında kullanarak 300, 350 ve 400 dozajlı beton numuneler üretmiştir. Üretilen numuneler üzerinde taze ve sertleşmiş deneyler yapılmıştır. Akpınar [11] yaptığı çalışmada bitüm kaplı agregaların doğrudan beton içerisinde kullanılarak beton yollara uygunluğunu araştırmıştır. Asfalt kırıklı betonların yaygınlaşmasıyla ekonomiye katkı sağlayıp sağlamayacağını araştırmıştır. Farklı karışımlar oluşturularak asfalt parçacıklı beton numuneler üretmiştir. Gergerli [12] yaptığı çalışmada karayollarından temin edilen kazınmış asfalt yığınları alıp herhangi bir işleme tutulmaksızın sadece eleme ile farklı boyutlarda agregaya elde etmiştir. Elde ettiği agregalardan iri agregayı beton içerisine belirli oranlarda ikame edip elde edilecek betonun saha betonu olarak kullanılabilirliğini araştırmayı hedeflemiştir. Çalışmasında beş farklı karışım ve üç farklı ortam ısısı altında deneyler yapılmıştır. Deneysel çalışması neticesinde kazınmış asfalt ikameli betonların bir bütün halini aldığını ve dağılmadığını gözlemlenmiştir. Sonuç olarak kazınmış asfalt ikameli betonların saha betonu olarak kullanılabilirliği sonucuna varmıştır. Canpolat [13] çalışmasında karayollarından yenilenmesi sonucu ortaya çıkan atık malzeleri ellemek suretiyle artaya çıkan ince malzemeyi beton içerisinde ince agregaya yerine ikame etmiştir.

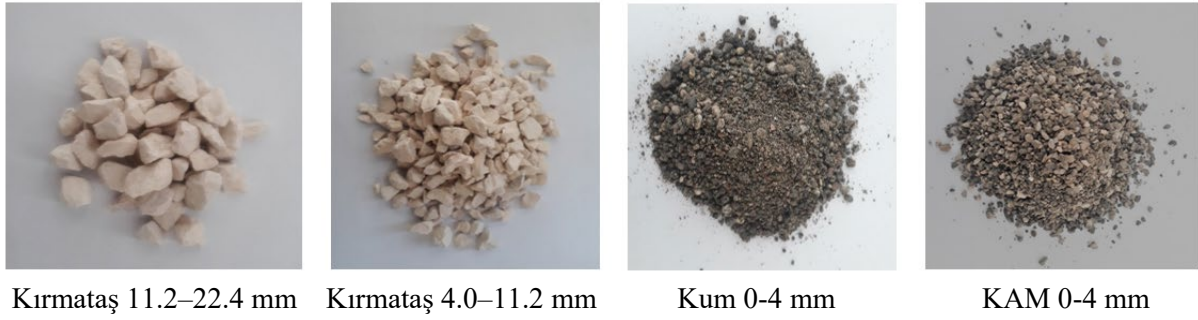
Yukarıdaki verilen çalışmalardan anlaşıldığı üzere gerek çeşitli endüstriyel atıkların gerekse farklı malzemelerin beton içerisinde agregaya yerine kullanıldığı çalışmalara çokça rastlanmaktadır. Yapılan literatür incelemesi sonucunda atık asfalt kırıklarının agregaya yerine kullanıldığı çalışmaya rastlanmıştır. Olmasına rağmen kazınmış asfalt malzemelerin ince agregaya yerine kullanılarak üretilen beton numunelerinin farklı ortam ısılarındaki (25°C, 50°C ve 75°C) statik ve dinamik davranışlarının araştırıldığı herhangi bir çalışmaya yazarın bilgisi dahilinde rastlanmamıştır.

Bu çalışmada asfalt yolların yenilenmesi sonucunda ortaya çıkan atık malzemelerin geri dönüştürülerek saha betonlarında kullanılması ve böylece doğal agregaya kullanımının azaltılmasına katkı sağlaması amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda kazınmış asfalt malzemeler hiçbir işlemle geçirilmeksizin sadece elenmek suretiyle, beton içerisinde ince agregaya yerine ikame edilmiştir. Deneylerde kullanılan kazınmış asfalt malzeme 0-4 mm ebatlarında olup, ince agregaya yerine %5, 10, 15 ve 20 oranlarında ikame edilmiştir. Karışımlarda kaba agregaya 12-19 mm, orta agregaya 5-12 mm, ince agregaya olarak 0-4 mm boyutlarında dere kumu seçilmiştir. Beton karışımı için CEM II 42.5 R Portland çimentosu kullanılmış ve çimento dozajı olarak 350 kg/m<sup>3</sup> alınmıştır. Üretilen numuneler farklı ısı koşullarında (Bir set 25°C, bir set 50°C ve bir set 75°C) bekletilerek ince KAM ikameli betonların davranışları araştırılmıştır.

## 2. Materyal ve Metod

Yapılan deneysel çalışmada, hâlihazırda bulunan kazınmış asfalt malzemenin (KAM) beton içerisinde ince agregaya yerine genel karışımın hacimce %5, 10, 15 ve 20 oranlarında ikame edilmesiyle betonlar üretilmiştir. Üretilen bu betonların, farklı ortam ısılarına (oda şartları (25°C), 50°C ve 75°C) maruz bırakılarak davranışlarının araştırılması beton dayanım özelliklerinin belirlenmesi adına yapılan çalışmalardır.

Hazırlanan beton karışımlarında iri agregaya %60 ince agregaya ise %40 oranında kullanılmıştır. Kullanılan iri agreganın %50'si 11.2-22.4 mm boyutlarında kırmataş, %50'si ise 4.0-11.2 mm boyutlarında kırmataştır. Beton üretimlerinde Karayolları 57. Şube Şefliği'nden temin edilen KAM kullanılmıştır. Beton karışımlarında kullanılan malzemeler Resim 1'de verilmiştir.

**Resim 1.** Beton karışımlarında kullanılan malzemeler

Beton karışımında kullanılan çimento dozajı ise  $350 \text{ kg/m}^3$  olarak belirlenmiştir. Beton karışımı için kontrol numuneleri (3 adet), CEM II/A-M(P-LL)42.5 R Portland Kompoze çimento çimentosu (Ç), dere kumu 0–4 mm (K), 11.2–22.4 mm kırmataş (KT I) ve 4–11.2 mm kırmataş (KT II) kullanılarak hazırlanmıştır. Hazırlanan beton karışımlarında iri agrega (KT I ve KT II) %60 ince agrega (K) ise %40 oranında kullanılmıştır. Kullanılan iri agreganın %50'si 11.2–22.4 mm boyutlarında kırmataş, %50'si ise 4.0–11.2 mm boyutlarında kırmataştır. İnce KAM ikameli karışımlarda (K) dere kumunun yerine toplam beton hacminin, hacimce %5 (KAM 5), %10 (KAM 10), %15 (KAM 15) ve %20 (KAM 20) oranlarında KAM kullanılmış ve ince KAM ikameli 4 farklı karışım elde edilmiştir. Burada Kontrol ve her farklı ince KAM ikame oranları için 3 numune üretilmiştir.  $25^\circ\text{C}$  ısıya maruz kalacak 3 adet küp numune,  $50^\circ\text{C}$  ısıya maruz kalacak 3 adet küp numune ve  $75^\circ\text{C}$  ısıya maruz kalacak 3 adet küp numune olmak üzere toplamda 45 adet küp numune üretilmiştir (Şekil 1). Hazırlanan karışımlardaki agregaların hacim oranları Çizelge 1'de verilmiştir. Beton karışımları için kullanılan agregaların özellikleri ise Çizelge 2'de verilmiştir.

%0 KAM İkameli (Kontrol)	%5 KAM İkameli (KAM 5)	%10 KAM İkameli (KAM 10)	%15 KAM İkameli (KAM 15)	%20 KAM İkameli (KAM 20)
25°C, 50°C ve 75°C ısılarının herbiri için 3'er olmak üzere toplamda 9 adet	25°C, 50°C ve 75°C ısılarının herbiri için 3'er olmak üzere toplamda 9 adet	25°C, 50°C ve 75°C ısılarının herbiri için 3'er olmak üzere toplamda 9 adet	25°C, 50°C ve 75°C ısılarının herbiri için 3'er olmak üzere toplamda 9 adet	25°C, 50°C ve 75°C ısılarının herbiri için 3'er olmak üzere toplamda 9 adet

**Şekil 1.** Üretilen Numune Sayıları ve Dağılımları**Çizelge 1.** KAM ikameli Karışımlardaki Agrega Hacim Oranları

Karışımlar	Dane Boyutlarına göre Agregaların Hacim Oranları (%)			
	Kum (K) (0–4 mm)	Kırmataş (KT II) (4–11.2 mm)	Kırmataş (KT I) (11.2–22.4 mm)	Kazınmış Asfalt Malzeme (KAM) (0–4 mm)
%0 KAM İkameli (Kontrol)	40	30	30	0
%5 KAM İkameli (KAM 5)	35	30	30	12.5
%10 KAM İkameli (KAM 10)	30	30	30	25
%20 KAM İkameli (KAM 20)	25	30	30	37.5
%30 KAM İkameli (KAM 30)	20	30	30	50

Çizelge 2. Beton Karışımları İçin Kullanılan Agregaların Özellikleri

Malzeme	Özgül Ağırlık (t/m <sup>3</sup> )	Su Emme Oranları (%)	Doğal Nem Oranları (%)	Hacimce Agregasyon oranları (%)
Kırmataş 11.2–22.4 mm (KT I)	2.60	1.70	0.08	30
Kırmataş 4–11.2 mm (KT II)	2.60	1.80	0.08	30
Kum 0–4 mm (K)	2.70	1.75	0.90	40
Kazınmış Asfalt Malzeme 0–4 mm (KAM)	2.3	1.25	0.015	

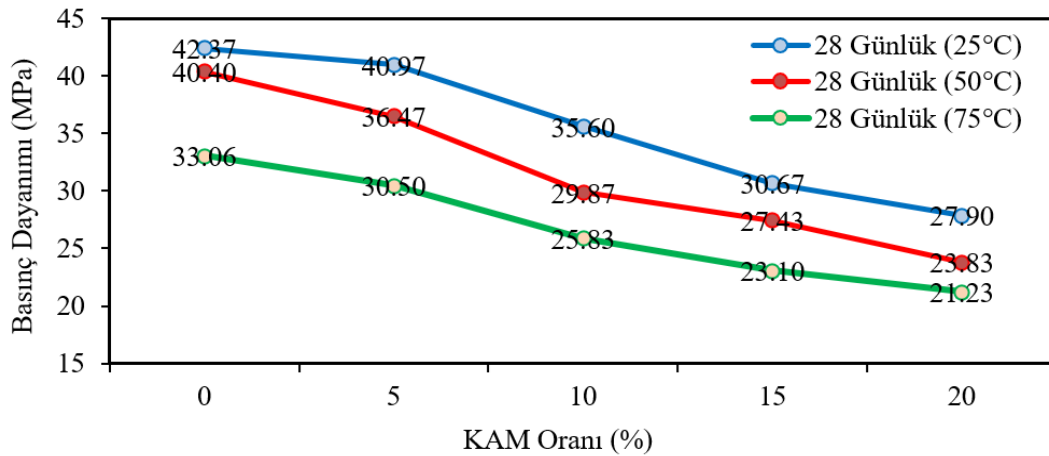
DeneySEL çalışmada basınç dayanımlarının belirlenmesi amacıyla kontrol karışımı ve farklı ince KAM ikame oranlarında hazırlanan 100 mm'lik küp numuneler 24 saat oda ısısında bekletildikten sonra kalıplardan çıkarılmış ve 28 gün süreyle havuzda küre tabi tutulmuştur. Küp numuneler, 28. günün sonunda kür havuzundan çıkarılarak her bir farklı karışım için birer set oda ısısında, birer set 50°C ısıdaki etüvde ve birer set ise 75°C ısıdaki etüvde 24 saat süreyle bekletildikten sonra basınç dayanımı deneylerine [14] tabi tutulmuştur.

### 3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Farklı ince KAM ikame oranlarında üretilen küp numunelerin 28 günlük kür sonunda 24 saat süreyle ısıya maruz kalmış haldeki basınç dayanımları Çizelge 3'te basınç dayanımlarının ısı ile değişim grafiği ise Şekil 2'de verilmiştir.

Çizelge 3. Isıya Maruz Kalmış Haldeki KAM ikameli Betonların Basınç Dayanımları

Karışımlar	Ort. Basınç Dayanımı (MPa)			Basınç Dayanımındaki Azalmalar (%)		
	25°C ısıda	50°C ısıda	75°C ısıda	25°C ısıda	50°C ısıda	75°C ısıda
KONTROL	42.37	40.40	33.06	0	0	0
KAM 5	40.97	36.47	30.50	-3.30	-9.74	-7.73
KAM 10	35.6	29.87	25.83	-15.97	-26.07	-21.85
KAM 15	30.67	27.43	23.10	-27.62	-32.10	-30.12
KAM 20	27.9	23.83	21.23	-34.15	-41.01	-35.77

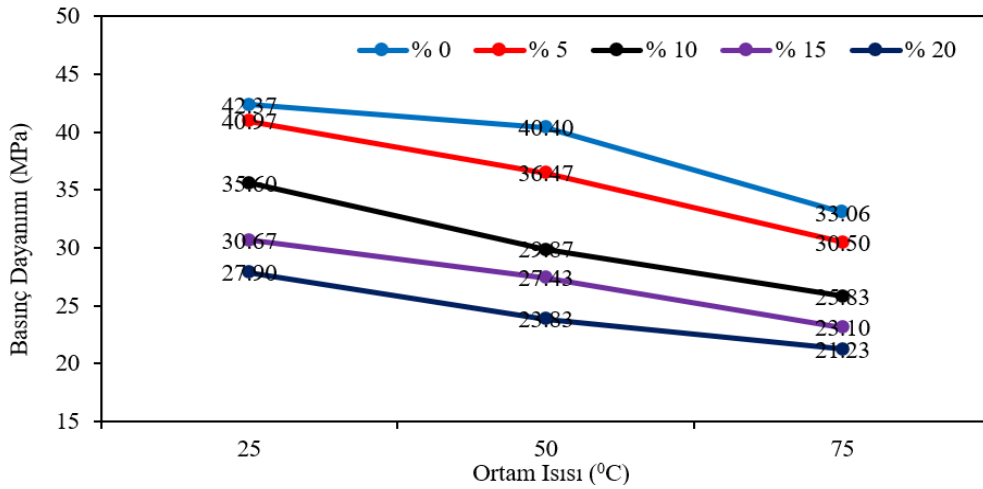


Şekil 2. Isıya Maruz Kalmış Haldeki KAM İkameli Betonların Basınç Dayanımlarının İkame Edilen KAM Oranı ile Değişimi

Çizelge 3'te verilen değerler ile Şekil 2'de verilen grafik incelendiğinde 25°C ısıya maruz Kontrol numunelere %5 oranında KAM ikame edilmesiyle elde edilen numunelerin basınç dayanım değerinde %3.3 oranında azalma gözlemlenmiştir. Kontrol numunelere %20 oranında KAM ikame edilmesiyle elde edilen numunelerin basınç dayanım değerinde %34.15 oranında bir azalma gözlenmiştir. 50°C ısıya maruz Kontrol numunelere %5 oranında KAM ikame edilmesiyle elde edilen numunelerin basınç dayanım değerinde %9.74 oranında azalma gözlemlenirken Kontrol numunelere %20 oranında KAM ikame edilmesiyle elde edilen numunelerin basınç dayanım değerinde %41.01 oranında bir azalma gözlenmiştir. Benzer şekilde 75°C ısıya maruz Kontrol numunelere %5 oranında KAM ikame edilmesiyle elde edilen numunelerin basınç dayanım değerinde %7.73 oranında azalma gözlemlenirken Kontrol numunelere %20 oranında KAM ikame edilmesiyle elde edilen numunelerin basınç dayanım değerinde %35.77 oranında bir azalma gözlenmiştir. Şekil 3'teki grafikte yer alan tüm değerler incelendiğinde kür sonunda maruz bırakılan ısının 25-75°C arasında olması durumunda ikame edilen KAM oranının artması beton basınç dayanımına olumsuz etkimekte ve betonun basınç dayanımını azaltmaktadır. Bu azalma oranı 25°C, 50°C ve 75°C ısılar için sırasıyla 34.15, 41.01 ve 35.77'dir. Buradan görüleceği üzere basınç azalması maruz kalınan 25°C, 50°C ve 75°C ısılarından bağımsız olup tamamen ikame edilen KAM miktarında bağlıdır. KAM ikameli beton karışımında yer alan 0-4 mm dane boyutundaki agregaların yüzeyleri bitüm ile kaplıdır. Betonun agrega ile çimento hamurundan oluşan iki fazlı bir kompozit malzeme olduğu dikkate alındığında; Betonun agrega ile çimento hamurundan oluşan iki fazlı bir kompozit malzeme olduğu dikkate alındığında; heterojen bir malzeme olan betonun dayanımı çimento hamurunun, agreganın ve ara yüzeyin dayanımlarına bağlıdır. Ancak agrega ile çimento ara yüzeyinin sertleşmiş betondaki en kritik bölge olduğu düşünülmektedir [15]. Yüzeyleri bitüm ile kaplanmış olan agregaların çimento hamuru ile oluşturduğu arayüzeylerin dayanımlarının bitümsüz agregalardaki ara yüzey dayanımlarından daha az oldacağı tahmin edilmektedir. Bu durum dikkate alındığında KAM ikameli numunelerin dayanımlarının Kontrol numunelerine göre daha düşük çıkmasının nedeninin bazı agregaların yüzeylerinin bitüm ile kaplı olduğu ve bu durumun çimento hamuru ile agrega arasındaki arayüzeyin dayanımının daha düşük olmasına sebep olmasından kaynaklanmaktadır.

Şekil 3'de 28 günlük kür sonunda farklı ısılara maruz kalmış beton numunelerinde agrega yerine ince KAM ikame edilmesiyle elde edilen basınç dayanımlarının maruz kalınan ısıya göre değişimlerinin grafiksel karşılaştırması verilmiştir. Şekil 3 incelendiğinde kam miktarına ve ortam ısısına bağlı olarak basınç dayanımında azalmalar görülmüştür. Kontrol numunelerinde oda şartları ortamı ısısında basınç dayanımı 42.37 MPa iken, 24 saat 75 °C ısıda bekletilen numunelerde dayanım 33.06 MPa değerine gerilemiştir. Aynı şekilde, beton içerisine katılan kazınmış asfalt malzeme miktarına bağlı olarak %5 kam takviyeli beton numunelerde oda şartlarında 40.97 MPa dayanıma sahip iken, 75 °C ısıda dayanım 30.5 MPa değerine düşmüştür. %10 kam içeren beton numunelerde oda şartlarında 35.6 MPa dayanıma sahip iken, 75 °C ısıda dayanım 25.83 MPa dayanım değerine düşmüştür. %15 kam içeren beton numunelerde oda şartlarında 30.67 MPa dayanıma sahip iken, 75 °C ısıda dayanım 23.1 MPa dayanım değerine düşmüştür. %20 kam içeren beton numunelerde oda şartlarında 27.9 MPa dayanıma sahip iken, 75 °C ısıda dayanım 21.23 MPa dayanım değerine düşmüştür. Kam miktarına ve ortam ısısına bağlı olarak basınç dayanımlarındaki değişimler görülmektedir. %5 kam ikameli numunelerde oda şartları ortamı ısısında basınç dayanımı %3 azalma gösterirken, 24 saat 50 °C ısıda bekletilen numunelerde dayanım %9.7 oranında, 24 saat 75 °C ısıda bekletilen numunelerde dayanım %7.7 oranında azalmıştır. Aynı şekilde, beton içerisine katılan kazınmış asfalt malzeme miktarına bağlı olarak kam takviyeli beton numunelerde dayanımda düşüş gözlemlenmiştir. %10 kam ilaveli numunelerde oda şartları ortamında bekletilen numunelerde basınç dayanımında %15.97 azalma gösterirken, 24 saat 50 °C ısıda bekletilen numunelerde dayanım %26.07 oranında, 24 saat 75 °C ısıda bekletilen numunelerde dayanım %21.85 oranında azalmıştır. %15 kam içeren beton numunelerde oda şartları ortamında bekletilen numunelerde basınç dayanımında %27.62 azalma gösterirken, 24 saat 50 °C ısıda bekletilen numunelerde dayanım %32.10 oranında, 24 saat 75 °C ısıda bekletilen numunelerde dayanım %30.12 oranında azalmıştır. %20 kam içeren beton numunelerde oda şartları ortamında bekletilen numunelerde basınç dayanımında %34.15 azalma gösterirken, 24 saat 50 °C ısıda bekletilen numunelerde dayanım %41.01 oranında, 24 saat 75 °C ısıda bekletilen numunelerde dayanım %35.77 oranında azalmıştır. %20 kam içeren beton

numunelerinin dayanım değerlerinin 25°C'deki Kontrol numuneleri ile karşılaştırması yapıldığında 50°C'deki numunelerde basınç dayanımı %43.76 azalarak 23.83 MPa'a 75°C'deki numunelerde ise basınç dayanımı %49.86 azalarak 21.23 MPa'a düşmüştür. Görüldüğü üzere oda ısısına göre dayanımın en fazla azaldığı ısı 75°C olarak ortaya çıkmıştır. Beton içerisine eklenen kazınmış asfalt malzeme betonda dayanımı yarıya düşürmeye yakın derecede olumsuz etkilemiştir. Üç farklı ortam ısısında kırılan numunelere ait sonuçlardan anlaşılacağı üzere sıcaklığın artması beton dayanımında azalmaya sebebiyet vermiştir. Çimento hamurunun ısıtma boyunca oldukça kararsız bir bileşen olduğu düşünüldüğünde sıcaklık etkisi ile önemli fiziksel ve kimyasal dönüşümler geçirecektir. Bu dönüşümler 100 °C ve altındaki ısılarda serbest suyun buharlaşması ile 100 °C'nin üstündeki ısılarda ise hen bağlı suyun kaybolması hem de kimyasal bozulması olarak gerçekleşecektir [16]. Bu çalışmada beton numuneleri 24 saat süreyle 25°C ile 75°C ısıya maruz kaldığından basınç dayanım azalmasının serbest suyun buharlaşması sonucu olduğu düşünülmektedir.



Şekil 3. KAM ikameli Betonların Basınç Dayanımlarının Maruz Kalınan Isı ile Değişimi

Elde edilen basınç dayanımı değerleri dikkate alındığında, agrega yerine ince KAM ikame miktarının artırılmasıyla basınç dayanımının azaldığı gözlenmiştir. Buna rağmen kazınmış asfalt malzeme kullanımı sonucunda elde edilen betonun yeterli basınç dayanımına sahip olduğu görülmüştür.

#### 4. Sonuç

Bu çalışmada, eskijen yolların kazınması sonucu ortaya çıkan asfalt kaplamaların betonda agrega yerine ikame edilebilme potansiyeli araştırılmıştır. Atık malzemelerin dönüştürülmesine katkı sağlamak için yapılan bu çalışmada, kazınmış asfalt malzeme hiçbir işleme tabi tutulmadan sadece elenerek 0 – 4 mm arasında kalanı alınmış ve %5, 10, 15 ve 20 oranlarında ince agrega yerine ikame edilerek 350 dozajlı betonlar üretilmiştir. Üretilen bu betonlar farklı ortam ısılarına maruz bırakılarak deneylere tabi tutulmuştur.

Yapılan çalışmada küp numunelere uygulanan basınç deneyinde kazınmış asfalt malzemeni artmasıyla birlikte basınç dayanımında ciddi azalmalar meydana gelmiştir.

Kontrol numuneleri ve ince KAM ikameli beton numunelerin basınç dayanımları maruz bırakılan ortam ısısının (50-750C) artması sonucunda azaldığı belirlenmiştir. Bu durumun oluşmasındaki temel etkenin maruz bırakılan 50-750C ortam ısısının betondaki serbest suyun azalması ve yok olmasına sebebiyet vermesi sonucunda beton içerisindeki boşlukların arttığı ve böylece basınç dayanımının azaldığı sonucuna varılmıştır. Kam miktarının artması sonucu basınç dayanımı azalırken ortam sıcaklığına bağlı olarak numunelerde oluşan çatlaklar kılcal düzeye inmiştir.

Ortam ısısının artmasıyla oluşan çatlak boyutu da kılcal düzeyde seyretmiştir. İnce KAM ikamesinin artmasıyla numuneler basınç etkisi altında göçmüş olsa dahi bir bütün olarak dağılmama özelliği göstermiştir.

Sonuç olarak beton içerisine ikame edilen asfalt malzemenin saha betonları olarak kullanılabilir olduğu ve bu sayede yüksek dayanım gerektirmeyen betonların üretilebileceği kanaatine varılmıştır. Bu durumun sonucunda karayollarının bakım ve onarımı esnasında ortaya çıkan atık malzemenin geri dönüştürülmesi sağlanmış olunarak doğal kaynakların korunmasına ve ülke ekonomisine katkıda bulunulacaktır.

### Çıkar Çatışması Beyanı

Makalemiz ile ilgili herhangi bir kurum, kuruluş, kişi ile mali çıkar çatışması yoktur ve yazarlar arasında çıkar çatışması bulunmamaktadır

### Kaynaklar

- [1] Salta İ. Bitümlü karışımların geri dönüşüm yöntemlerinin incelenmesi, Yüksek lisans tezi. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi; 2010
- [2] Güngör AG, Orhan F, Kaşak S, Dost Y. Kazılmış Asfalt Kaplamaların Yeniden Kullanılması, Karayolu 1. Ulusal Kongresi, Ankara, 2008
- [3] Işıkdağ B. Atık asfalt kırıklarının beton yollarda agrega yerine kullanılmasının araştırılması, Doktora tezi. Eskişehir: Eskişehir Osmangazi Üniversitesi; 2009
- [4] Akçaözoğlu S. Atık pet şişe kırıklarının hafif beton agregası olarak kullanılabilirliği, Doktora tezi. Adana: Çukurova Üniversitesi; 2008
- [5] Akyıldız A. Beton üretiminde bor atıklarının puzzolan materyal olarak kullanılabilirliğinin araştırılması, Yüksek lisans tezi. Tekirdağ: Namık Kemal Üniversitesi; 2012
- [6] Çelik Ç, Gürdal E. Yerfıstığı kabuğunun agrega olarak kullanım olanakları, İTÜ Dergisi, 2005;4 (1):37-46
- [7] Demirdağ S, Gündüz L. Volkanik Cürufkların inşaat Endüstrisinde Hafif Beton Agregası Olarak Değerlendirilme Kriterleri, 3. Ulusal Kırmataş Sempozyumu, Ankara, 2003
- [8] Gürer C, Akbulut H, Kürklü G. İnşaat Endüstrisinde Geri Dönüşüm ve Bir Hammaddede Kaynağı Olarak Farklı Yapı Malzemelerinin Yeniden Değerlendirilmesi, 5. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, İzmir, 2004
- [9] Özer YF. Bazı endüstriyel atıkların betonun mekanik özellikleri etkisi, Yüksek lisans tezi. Trabzon: Karadeniz Teknik Üniversitesi; 2012
- [10] Öztürk S. Isparta atık su arıtma tesisi filtre keki atığının betona katılabilme olanaklarının araştırılması, Yüksek lisans tezi. Isparta: Süleyman Demirel Üniversitesi; 2013
- [11] Akpınar AF. Asfalt kırığı agregalı betonların mekanik özellikleri, Yüksek lisans tezi. Eskişehir: Eskişehir Osmangazi Üniversitesi; 2005
- [12] Gergerli AD. İri Agregaya Yerine İkame Edilmiş Kazınmış Asfalt Kaplamalı Betonlarda Dayanım Değerlendirmesi Yüksek Lisans Tezi. Adıyaman: Adıyaman Üniversitesi; 2018
- [13] Canpolat U. Kazınmış Asfalt Malzemelerin Beton Karışımında İnce Agregaya Yerine İkame Edilmesinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi. Adıyaman: Adıyaman Üniversitesi; 2020
- [14] Popovics S. Strength and Related Properties of Concrete-A Quantitative Approach, John Wiley and Sons Inc, USA. 1998
- [15] Beton – Sertleşmiş Beton Deneyleri – Bölüm 3: Deney Numunelerinde Basınç Dayanımının Tayini. Türk Standartları Enstitüsü, TS EN 12390-3; 2010
- [16] Khoury GA. Compressive strength of concrete at high temperatures: a reassessment. Magazine of Concrete Research, 1992;44 (161): 291-309