
Araştırma Makalesi / Research Article

Rijit Yol Kaplama Beton İnşasında Ahlat Taşının Kullanılabilirliği

Abdulrezzak BAKIŞ*

Bitlis Eren Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Bitlis

Özet

Bölge mimarisinde kullanım alanı yaygın olan ve yöresel ismiyle Ahlat taşı olarak bilinen ignimbritler; Nemrut kraterinin patlaması sonucunda oluşan, bolca pumis ve volkanik cam içeren, piroklastik kayalardandır. Ahlat taşının basınç dayanımı çok düşük olup beton üretiminde agrega olarak kullanılamamaktadır. Bu nedenle Ahlat taşının inşaat sektöründe kullanım alanı sınırlı kalmıştır. Bu çalışmadan amaç, basınç dayanımı düşük Ahlat taşı agregasından yüksek dayanımlı beton elde ederek, Ahlat taşının inşaat sektöründe uygulama alanını genişletmektir. Bu şekilde Ahlat taşının kullanım alanlarının genişletilerek bölgenin kalkınmasına katkı sağlanması beklenmektedir. Çalışmada, rijit yol kaplaması için C30/37 normal dayanımlı kontrol betonu, aynı ebatlarda kesilmiş doğal Ahlat taşı, C30/37 karışım miktarlarında hazırlanmış Ahlat taşı kontrol betonu ve 7 tip Ahlat Taşı Beton (ATB) olmak üzere toplam 10 tip numune seçilmiştir. Hazırlanan tüm tip numunelere 28 günlük standart su küründen sonra basınç deneyleri uygulanmıştır. Deney sonucunda tüm tip numunelerin dayanımları karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda; 28 günlük standart su kürü sonrası, C30/37 kontrol numunesi basınç dayanımı 37,93 MPa, ATB maksimum basınç dayanımı 68,83 MPa bulunmuştur. Çalışma sonuçları, Ahlat taşı agregasından yüksek dayanımlı beton elde edilebileceğini göstermektedir.

Anahtar kelimeler: Ahlat Taşı, Yüksek Dayanımlı Beton, Rijit Kaplama, Ahlat Taşı Beton (ATB)

Usability of Ahlat Stone in Rigid Pavement Construction

Abstract

The ignimbrites which are known as Ahlat stone as local names and used usually in regionalist architecture are one type of pyroclastic rocks which consisted after the explosion of Nemrut crater and have plenty of pumice and volcanic glass. The compressive strength of Ahlat stone is very low and it is not used as aggregate in concrete production. Therefore, the usage area of Ahlat stone remains limited in construction sector. The purpose of this study is to expand the application area of Ahlat stone in construction sector by obtaining high-strength concrete from low compressive strength Ahlat stone aggregate. In this way, it is expected to contribute the development of region by expanding the usage area of Ahlat stone. In the study, for the rigid pavement totally 10 types of samples which are C30/37 normal-strength control concrete, natural Ahlat stone which is cut in the equal size, Ahlat stone control concrete which is prepared in the amount of C30/37 mixture and 7 types of Ahlat Stone Concrete (ASC) are chosen. Compression tests are applied to all prepared types of samples after the 28-days standard water cure. After the tests, the strengths of all types of samples are compared. At the end of the study, after the 28-days standard water cure, it is found that the compressive strength of C30/37 control sample is 37,93 MPa and the maximum compressive strength of ASC is 68,83 MPa. The results of the study show that we can obtain high-strength concrete from the Ahlat stone aggregate.

Keywords: Ahlat Stone, High-Strength Concrete, Rigid Pavement, Ahlat Stone Concrete (ASC)

*Sorumlu yazar: abakis@beu.edu.tr

Geliş Tarihi: 13.05.2016 Kabul Tarihi: 28.11.2016

1. Giriş

Van Gölü havzasında bulunan Ahlat ilçesi; Süphan ve Nemrut dağları arasında Van Gölüne bakan eğimli platolar üzerinde kurulmuş, deniz seviyesinden yüksekliği yaklaşık 1700 m olan Bitlis iline bağlı bir ilçedir. Bölge mimarisinde kullanım alanı yaygın olan ve yöresel ismiyle Ahlat taşı olarak bilinen ignimbritler; Nemrut kraterinin patlaması sonucunda oluşan, bolca pumıs ve volkanik cam içeren, piroklastik kayalardandır. Ahlat taşının ProGEO (Avrupa Jeolojik Mirası Koruma Kurumu) jeosit ölçütlerine uyduğu, belli bir yöreye ve belli bir zamana ait özel oluşumlar olduğu belirtilmiştir [1]. Ülkemizde, doğal yapı malzemeleri, ekonomik olması ve kolay elde edilmelerinden dolayı inşaat sektöründe değişik amaçlarla kullanılmaktadır. Bu taşlar, genellikle mermer, andezit, bazalt, granit, traverten gibi genel isimler yanında bölgesel isimlerle de anılan, Mamak, Gölbaşı, Papaz deresi, Ahlat, Bayburt, Manavgat, Çorlu ve Afyon taşı gibi taşlardır [2, 3]. Nemrut yanardağından püsküren lavlardan, çevreye yaklaşık olarak 100 km³ hacminde piroklastik malzeme yayıldığı ve bunların yer yer farklı kalınlıklarda ignimbritler şeklinde olduğu, bunun yanında tüf, trakit, siyah ve gri obsiyenlerden meydana geldiği belirtilmiştir [3, 4, 5]. Ahlat taşının basınç dayanımının düşük olmasından dolayı günümüzdeki kullanım alanları sınırlı kalmıştır [6]. Ahlat taşı, bölgede konut yapımından cami minaresine kadar çeşitli alanlarda duvar ve kaplama malzemesi olarak kullanılmaktadır. Ahlat taşı basınç dayanımının düşük olmasından dolayı rijit üstyapı ve bina gibi yapıların taşıyıcı kısımlarında beton agregası olarak kullanılamamaktadır.

Beton, ince ve iri agrega, çimento, su ve katkı maddelerinin karıştırılmasıyla elde edilen, başlangıçta şekil verilebilen, zamanla sertleşerek mukavemet kazanan yapı malzemesidir [7, 8]. Beton üzerine yapılan birçok çalışmalar sonucu, çimento içerikli malzemeler ile yüksek mekanik performans kazanılması hedeflenmiştir. Açık kahverengi Ahlat taşının ortalama basınç dayanımının 10,6 MPa olduğu belirtilmiştir [3]. Ancak özel beton üretimleriyle Ahlat taşı gibi basınç dayanımları düşük agregaların rijit üstyapı kaplama ve bina inşasında kullanılabilirliği sağlanabilmektedir. Düşük basınç dayanıma sahip Ahlat taşı agregasının Reaktif Pudra Beton (RPB) üretim yöntemiyle basınç ve eğilme dayanımının artırılarak bina ve rijit üstyapı kaplama inşasında kullanılabilmesi ifade edilmiştir [9]. Rijit üstyapı, alt temel ve üzerine yapılan beton kaplamadan meydana gelmektedir.

Rijit üstyapı tasarımında amaç, üstyapıdaki tabaka kalınlıklarını ve üstyapıda kullanılan malzemelerin özelliklerini belirlemektir [10]. Birçok kurum, yolun trafiğe açıldığında tek yöndeki günlük ticari taşıt sayısının 5000'den fazla olması halinde beton kaplama yapılmasını öngörmektedir [11]. Her geçen gün artan ticari taşıt sayıları göz önüne alınarak yakın gelecekte yol üstyapısı olarak rijit (beton) kaplamaların yaygınlaşacağı beklenmektedir [12].

Bu çalışmada rijit üstyapı kaplama inşasında, beton içerisinde Ahlat taşı agregası kullanılmıştır. Ahlat Taşı Beton (ATB), geleneksel betonlardan farklı olarak özel beton üretim yöntemiyle oluşturulmuştur. Çalışma sonucunda, ATB tipleri içerisinde farklı karışım oranları uygulanarak yüksek dayanımlı beton üretilebileceği ve bu betonun rijit yol kaplama inşasında kullanılabilirliği kanıtlanmıştır.

2. Materyal ve Metot

Bu çalışmada, tüm tip beton karışımlarında CEM II / A-M (P-L) 42,5 R türü çimento kullanılmıştır. C30/37 beton kontrol numunesi için karışımda kırma taş kalker agregası, Ahlat taşı kontrol beton numunesi için karışımda Ahlat taşı agregası, Ahlat Taşı Beton (ATB) için karışımda Ahlat taşı tozu kullanılmıştır. Tüm tip numunelerde karışım suyu olarak şehir şebeke suyu kullanılmıştır. Çalışmada, rijit üstyapı kaplama betonu için C30/37 normal dayanımlı beton, aynı ebatla kesilmiş doğal Ahlat taşı, Ahlat taşı kontrol betonu ve 7 tip Ahlat Taşı Beton (ATB) olmak üzere toplam 10 tip numune seçilmiştir. Tüm numuneler 15x15x15 cm ebatlarında hazırlanmıştır. Doğal Ahlat taşı numuneleri 15x15x15 cm ebatlarında kesilerek oluşturulmuştur. Ahlat taşı kontrol betonu, C30/37 beton karışım oranlarında hazırlanmıştır. Ahlat taşı kontrol betonunun, C30/37 betonundan farkı, beton üretiminde agrega olarak kırma taş kalker yerine, aynı dane çaplarında Ahlat taşı agregasının kullanılmış olmasıdır. 7 tip özel ATB' da farklı karışım yöntemleri kullanılmıştır. Beton numuneler kalıplara şişlenerek yerleştirilmiştir. 24 saat sonra kalıptan çıkarılan beton numuneler 28 günlük 20°C standart su kürüne alınmıştır. Kür sonrası numunelere basınç deneyi yapılmıştır. Basınç deney sonuçlarına göre özel üretilen Ahlat Taşı Beton (ATB) tiplerinin rijit yol kaplamalarında kullanılabilirliği tartışılmıştır. CEM II / A-M (P-L) 42,5 R çimentosunun kimyasal özellikleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. CEM II / A-M (P-L) 42,5 R Çimento Kimyasal Özellikleri [12]

| Madde | Miktar (%) |
|--------------------------------|------------|
| SiO ₂ | 20,2 |
| Al ₂ O ₃ | 4,78 |
| Fe ₂ O ₃ | 2,72 |
| CaO | 62,14 |
| MgO | 2,44 |
| SO ₃ | 2,61 |
| K ₂ O | 0,56 |
| Na ₂ O | 0,29 |
| Cl | 0,01 |
| Kızdırma Kaybı | 4,25 |

Silis dumanı kimyasal özellikleri Tablo 2’de görülmektedir.

Tablo 2. Silis Dumanı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri [12]

| Madde | Miktar (%) |
|-------------------------------------|------------|
| SiO ₂ (%) | 95,56 |
| Al ₂ O ₃ (%) | 0,71 |
| Fe ₂ O ₃ (%) | 0,44 |
| CaO (%) | 0,68 |
| MgO (%) | 1,25 |
| SO ₃ (%) | 0,58 |
| Kızdırma Kaybı (%) | 0,78 |
| Özgül Ağırlık (gr/cm ³) | 2,25 |
| Özgül Yüzey (cm ² /gr) | 200000 |

Taş ocaklarından çıkarılan Ahlat taşının görünümü Şekil 1’ de görülmektedir.

**Şekil 1.** Taş Ocaklarından Çıkarılan İşlenmemiş Ahlat Taşı [13]

ATB üretimlerinde kullanılan öğütülmüş Ahlat taşı tozu Şekil 2’de görülmektedir.



Şekil 2. ATB Üretimlerinde Kullanılan Ahlat Taşı Tozu

Ahlat taşı kimyasal analizi Tablo 3' de gösterilmiştir.

Tablo 3. Ahlat İğnimbriti (Ahlat Taşı) Kimyasal Analizi [3]

| Numune | Na ₂ O (%) | MgO (%) | Al ₂ O ₃ (%) | SiO ₂ (%) | K ₂ O (%) | CaO (%) | TiO ₂ (%) | Fe ₂ O ₃ (%) |
|-------------------------------|--------------------------|------------|---------------------------------------|-------------------------|-------------------------|------------|-------------------------|---------------------------------------|
| Açık Kahverengi Ahlat Taşı | 5,51 | 0,24 | 16,01 | 64,11 | 4,78 | 1,64 | 0,44 | 4,91 |

C30/37 beton üretiminde karışıma giren miktarların kg cinsinden değerleri Tablo 4'de görülmektedir.

Tablo 4. C30/37 Beton Karışım Miktarları

| Malzemeler | Miktar (kg/m ³) |
|----------------------------|-----------------------------|
| Çimento | 450 |
| 0-4 mm (Kırma taş kalker) | 803 |
| 4-8 mm (Kırma taş kalker) | 389 |
| 8-16 mm (Kırma taş kalker) | 569 |
| Su | 189 |
| TOPLAM | 2400 |

Ahlat taşı kontrol betonu üretiminde karışıma giren miktarların kg cinsinden değerleri Tablo 5'de görülmektedir.

Tablo 5. Ahlat Taşı Kontrol Betonunu Karışım Miktarları

| Malzemeler | Miktar (kg/m ³) |
|----------------------|-----------------------------|
| Çimento | 450 |
| 0-4 mm (Ahlat taşı) | 803 |
| 4-8 mm (Ahlat taşı) | 389 |
| 8-16 mm (Ahlat taşı) | 569 |
| Su | 189 |
| TOPLAM | 2400 |

Ahlat Taşı Beton (ATB) karışım miktarları Tablo 6’da görülmektedir.

Tablo 6. ATB Karışım Miktarları (kg/m³)

| Malzemeler | ATB (1) | ATB (2) | ATB (3) | ATB (4) | ATB (5) | ATB (6) | ATB (7) |
|------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Çimento | 112,5 | 225 | 337,5 | 450 | 562,5 | 675 | 787,5 |
| Silis Dumanı | 28,125 | 56,25 | 84,375 | 112,5 | 140,625 | 168,75 | 196,875 |
| Ahlat taşı (0-1 mm) | 2148 | 1968 | 1788 | 1608 | 1428 | 1248 | 1068 |
| Süper akışkanlaştırıcı | 72 | 72 | 72 | 72 | 72 | 72 | 72 |
| Su | 39,375 | 78,75 | 118,125 | 157,50 | 196,875 | 236,25 | 275,625 |
| TOPLAM | 2400 | 2400 | 2400 | 2400 | 2400 | 2400 | 2400 |

ATB-4 numunesinde çimento miktarı, C30/37 betonu ve Ahlat taşı kontrol betonunda olduğu gibi 1 m³ betona 450 kg gelecek şekilde oluşturulmuştur. ATB-3 numunesinde çimento miktarı, ATB-4 numunesindeki çimento miktarının %25 eksiği, ATB-2 numunesinde çimento miktarı, ATB-4 numunesindeki çimento miktarının %50 eksiği ve ATB-1 numunesinde çimento miktarı, ATB-4 numunesindeki çimento miktarının %75 eksiği olacak şekilde hazırlanmıştır.

ATB-5 numunesinde çimento miktarı, ATB-4 numunesindeki çimento miktarının %25 fazlası, ATB-6 numunesinde çimento miktarı, ATB-4 numunesindeki çimento miktarının %50 fazlası ve ATB-7 numunesinde çimento miktarı ise, ATB-4 numunesindeki çimento miktarının %75 fazlası olacak şekilde hazırlanmıştır. Bu şekilde toplam 7 tip ATB oluşturulmuştur. Tablo 6’da görülen 7 tip ATB betonunda, su/bağlayıcı oranı 0,28, silis dumanı/çimento oranı 0,25, süper akışkanlaştırıcı miktarı ise 1 m³ betona 72 kg olacak şekilde sabit değerde alınmıştır. 7 tip ATB’ da çimento, silis dumanı, Ahlat taşı tozu ve su miktarları farklı oranlarda alınmıştır.

C30/37 betonu, Ahlat taşı kontrol betonu ve tüm ATB numunelere 28 günlük 20°C standart su kürü sonrası basınç deneyleri uygulanmıştır. Basınç deneylerinde TS EN 12390-3: 2010 standardı uygulanmıştır [14].

3. Bulgular ve Tartışma

Tüm tip numunelerin basınç deney sonuçları Tablo 7’de görülmektedir.

Tablo 7. Tüm Tip Numunelerin Basınç Dayanım Sonuçları

| Numune Tipi | C30/37 Kontrol Betonu | Ahlat Taşı Kontrol Betonu | Doğal Ahlat Taşı | ATB (1) | ATB (2) | ATB (3) | ATB (4) | ATB (5) | ATB (6) | ATB (7) |
|----------------------------|-----------------------------|---------------------------------|------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Basınç Dayanım (MPa) | 37,93 | 21,17 | 12,13 | 7,44 | 11,29 | 23,05 | 39,08 | 68,83 | 61,19 | 49,78 |

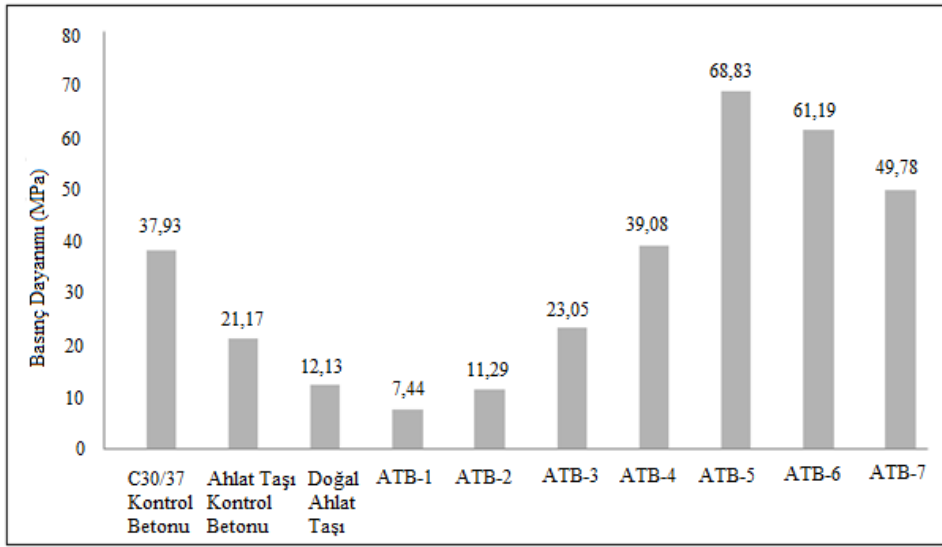
Kaplama betonunun oranlandırılması için şartnamelerde; maksimum su/bağlayıcı oranının 0,40-0,45, minimum basınç dayanımının 28 MPa olması istenmektedir [11]. Tüm ATB numunelerindeki su/bağlayıcı oranı 0,28’dir. Normal dayanımlı betonların basınç dayanımı 20-60 MPa, yüksek dayanımlı betonların basınç dayanımı ise 60-155 MPa arasındadır [15]. Tablo 7’de görüldüğü gibi ATB numuneleri içerisinde en yüksek dayanım 68,83 MPa ile ATB-5 numunesinden

elde edilmiştir. Tablo 7 göz önüne alındığında, yüksek dayanımlı ATB üretiminin mümkün olduğu söylenebilir. ATB-5 numunesinin çimentoya göre karışım oranları Tablo 8’de gösterilmiştir. ATB-5 numunesinde 1 m³ beton karışımında 562,5 kg çimento kullanılmıştır. Tablo 8’de çimento miktarı 1 birim olarak alınmış, diğer malzeme miktarları, çimento miktarına göre oranlandırılmıştır.

Tablo 8. ATB-5 Çimento Miktarına Göre Malzeme Karışım Oranları

| Malzeme | Karışım Oranı |
|------------------------|---------------|
| Çimento | 1 |
| Silis Dumanı | 0,25 |
| Ahlat taşı (0-1 mm) | 2,538 |
| Süper akışkanlaştırıcı | 0,128 |
| Su | 0,35 |

Tüm tip numunelerin basınç dayanım karşılaştırması Şekil 3’de görülmektedir.



Şekil 3. Tüm Tip Numunelerin Basınç Dayanım Karşılaştırması

Şekil 3’ e göre ATB-4, ATB-5, ATB-6 ve ATB-7 numunelerinin basınç dayanımlarının C30/37 kontrol betonunun basınç dayanımından yüksek olduğu görülmektedir. Şekil 3’de görüldüğü gibi; ATB-3, ATB-4 ve ATB-7 tipi betonların normal dayanımlı beton sınıfında, ATB-5 ve ATB-6 tipi betonların ise yüksek dayanımlı beton sınıfında değerlendirilebileceği söylenebilir.

4. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada özel üretilen Ahlat Taşı Betonun (ATB) rijit üstyapı beton yol kaplamasında kullanılabilirliği araştırılmıştır. Çalışmada aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

- ATB’ un 7 tip farklı üretimi sonucu, 28 gün 20°C standart su kürü sonrası en yüksek basınç dayanımı ATB-5 numunesinden elde edilmiş ve 68,83 MPa bulunmuştur. ATB-6 numunesinin basınç dayanımı 61,19 MPa, ATB-7 numunesinin basınç dayanımı 49,78 MPa ve ATB-4 numunesinin basınç dayanımı 39,08 MPa bulunmuştur. Kaplama betonunun oranlandırılması için şartnamelerde; minimum basınç dayanımının 28 MPa olması istendiğinden ATB-4, ATB-5, ATB-6 ve ATB-7 rijit yol kaplaması olarak kullanılabilir.

- ATB-3, ATB-4 ve ATB-7 tipi betonlar normal dayanımlı beton sınıfında, ATB-5 ve ATB-6 tipi betonlar ise yüksek dayanımlı beton sınıfında değerlendirilebilir. ATB-1, ATB-2 ve ATB-3 basınç dayanımları 28 MPa’ dan düşük olduğundan beton yol kaplaması olarak kullanılamazlar. Çalışmada oluşturulan Tüm tip ATB’ un su/bağlayıcı oranı 0,28’dir. Kaplama betonunun oranlandırılması için

şartnamelerde; maksimum su/bağlayıcı oranının 0,40-0,45 olması istendiğinden ATB-4, ATB-5, ATB-6 ve ATB-7 rijit yol kaplaması olarak kullanılabilir.

• 7 farklı tip ATB üretimi sonucunda; çimento, silis dumanı, Ahlat taşı, süper akışkanlaştırıcı ve su karışımı deneylerde, en yüksek basınç dayanımını veren karışımın ATB-5 olduğu görülmüştür. Bu karışımda, toplam karışım miktarının %23,44'ü çimento, %5,86'sı silis dumanı, %59,5'i Ahlat taşı tozu, %3'ü süper akışkanlaştırıcı ve %8,2'si su ile oluşturulmuştur. Karışımda silis dumanı miktarı, çimento miktarının %25'idir. Bağlayıcı miktarı, çimento ve silis dumanı miktarının toplamı olarak göz önüne alınmıştır. Karışımda su/bağlayıcı oranı 0,28'dir.

• Bundan sonraki çalışmalarda ATB karışımları içerisine çelik lifler konularak beton basınç ve eğilme dayanımlarının artırılması yönünde çalışmalar yapılabilir.

• Benzer çalışmalarda ATB numunelerin kombine küre alınması yoluyla, daha yüksek basınç ve eğilme dayanımları elde etme yönünde çalışmalar yapılabilir.

• Bu çalışma sonucunda basınç dayanımı düşük Ahlat taşından yüksek dayanımlı beton elde ederek, Ahlat taşının inşaat sektöründe uygulama alanını genişletilmiştir.

Teşekkür

Çalışmalarda desteklerini esirgemeyen başta Bitlis Eren Üniversitesi Rektörlüğü, Teknik Bilimler MYO Müdürlüğü ile Bilim ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi personeline teşekkür eder, saygılarımızı sunarız.

Kaynaklar

1. Kazancı, N., Gürbüz, A., 2014. "Jeolojik Miras Nitelikli Türkiye Doğal Taşları", Türkiye Jeoloji Bülteni, Cilt 57, Sayı 1.
2. TS 1910, Kaplama Olarak Kullanılan Doğal Taşlar, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1977.
3. Şimşek, O. ve Erdal, M., 2004. Ahlat taşının (ignimbrit) bazı mekanik ve fiziksel özelliklerinin araştırılması. Gazi Ü. Fen Bilimleri Dergisi 17 (4), 71-78.
4. Ercan, T., Fujitani, T., Matsuda, J., Notsu, K., Tokel, S., Ui, T., 1990. "Doğu ve Güneydoğu Anadolu Neojen- Kuvaterner Volkanitlerine İlişkin Yeni Jeokimyasal, Radyometrik ve İzotopik Verilerin Yorumu", M.T.A. Dergisi, 110, 143-164.
5. Aydar, E., Gourgaud, A., Ulusoy, I., Dignonnet, F., Labazuy, P., Sen, E., 2003. "Morphological Analysis of Active Mount Nemrut Stratovolcano, Eastern Turkey: Evidences and Possible Impact Areas of Future Eruption", Journal of Volcanology and Geothermal Research, 123: 301-312.
6. Bakış A., Işık E., Hattatoğlu F., Akıllı E.A. (2014). Jeolojik Miras Nitelikli Ahlat taşı'nın İnşaat Sektöründe Kullanımı, 3.Uluslararası Ahlat-Avrasya Bilim, Kültür ve Sanat Sempozyumu, Ankara, 44-58.
7. Akman Pek, A.N., Akman, M.S., 2012. Kıyı ve Açık Deniz Yapılarında Beton. Maya Basın Yayın Mat. Tic. Ltd. Şti, İstanbul.
8. Dal, M., Kılınç, C., Eren, E., Işık, A., 2013. Beton Teknolojisi ve Beton Teknolojisi Laboratuvarı, Mimarlık Vakfı İktisadi İşletmesi, İstanbul.
9. Işık E., Bakış A., Akıllı E.A., Hattatoğlu F. (2015). Usability of Ahlat Stone as Aggregate in Reactive Powder Concrete. Int. Journal of Applied Sciences and Engineering Research, 4(4), 507-514.
10. Bayrak O.Ü. (2007). Rijit Üstyapı Tasarımına Yeni Bir Yaklaşım. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.

11. Tunç, A., 2007. Yol Malzemeleri ve Uygulamaları. 2.Baskı, Nobel Yayın Dağıtım.
12. Bakış, A., 2015. Rijit Yol Üstyapı İnşasında Reaktif Pudra Betonun (RPB) Kullanılabilirliğinin Araştırılması. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
13. Ahlat Taşı, 2015. Taş ocaklarından çıkarılan işlenmemiş Ahlat taşı. <http://www.ahlattasi.com>. (Erişim Tarihi: 12 Mayıs, 2016).
14. TS EN 12390-3. (2010). Beton-Sertleşmiş Beton Deneyleri-Bölüm 3: Deney Numunelerinin Basınç Dayanımının Tayini. TSE, Ankara.
15. Taşdemir, M. A., Bayramov, F., Kocatürk, N., Yerlikaya, M., 2004. Betonun Performansa Göre Tasarımında Yeni Gelişmeler. Beton 2004 Kongresi Bildiriler, İstanbul.