

Traverten Artıklarının Beton Agregası Olarak Kullanılabilirliğinin Araştırılması

Uğur KIZILTEPE¹, Yuşa ŞAHİN^{2*}

¹ Yapı Merkezi İnşaat ve Sanayi A.Ş., İstanbul, Türkiye

² İnşaat Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Yozgat Bozok Üniversitesi, Yozgat, Türkiye

¹ ugurkztpe@gmail.com, ² yusa.sahin@bozok.edu.tr

(Geliş/Received: 30/12/2020;

Kabul/Accepted: 01/04/2021)

Öz: Ülkemiz traverten çökelimi bakımından önemli bir rezerve sahiptir. Traverten ocakları aktif olarak çalışmakta ve inşaat, mimarlık ve güzel sanatlar gibi sektörlerle ham madde sağlamaktadır. Traverten görünüşü itibarıyla özellikle estetiğin ön plana çıkarılmak istendiği mimari yapılarda çok eski tarihlerden beri kullanılmaktadır. Traverten, inşaat sektöründe ise özellikle taşıyıcı olmayan elemanlarda ve kaplamalarda yer almaktadır. Birçok kullanım alanı olan travertenin elde edildiği ocaklarda kesim işlemi gibi nedenlerden kaynaklı artıklar oluşmakta ve bu artıklar ocaklara yakın alanlarda stoklanmaktadır. Çevresel bakımdan da kirlilik oluşturan bu artıkların beton içerisinde kullanılabilirliğini araştırmak için bu çalışma planlanmıştır. Çalışma deneysel bir araştırma olup traverten artıklarının agrega ocaklarında kırılması ile elde edilen agregaların, beton agregası olarak kullanılabilirliği ve elde edilen betonların mekanik ve geçirimsizlik özellikleri deneylerini kapsamaktadır. Ayrıca, araştırmada traverten artıklarından elde edilen agregaları daha iyi değerlendirip kıyaslayabilmek için aynı bileşen ve karışım oranına sahip betonlar kalker ve bazalt agregaları kullanılarak da üretilmiştir. Çalışma sonucunda traverten atığı agregalar kullanılarak yeterli dayanım özelliklerine sahip betonlar üretildiği görülmüştür. Bununla birlikte, bu agregaları içeren betonların yüzey ve saha betonlarında kullanılabilirlikleri için detaylı deneylere tabi tutulmaları önerilmiştir.

Anahtar kelimeler: Traverten, Beton, Agregası, Aşınma Dayanımı, Geçirimsizlik.

Investigation of Usability of Travertine Waste as Concrete Aggregate

Abstract: Turkey has an important reserve in terms of travertine deposits. Travertine quarries are actively working and providing raw material to construction, architecture and fine arts industries. Travertine has been used since ancient times, especially in architectural structures where aesthetics is desired. Travertine is involved in non-load bearing elements and coatings in the construction industry. In the quarries where travertine obtained, wastes are generated due to reasons such as cutting and these wastes are stocked in areas close to the quarries. This study was planned to investigate the usability of these wastes, which cause environmental pollution, in concrete. The study is an experimental investigation and covers the usability of the aggregates obtained by crushing the travertine waste in the quarries as concrete aggregate and the mechanical and permeability property tests of the concretes. In addition, in the research, in order to better evaluate and compare the aggregates obtained from travertine wastes, concretes with the same component and mixing ratio were produced using limestone and basalt aggregates. As a result of the study, it was concluded that concrete with sufficient strength properties was obtained by using travertine waste aggregates. However, it is suggested that the concretes containing these aggregates should be subjected to detailed tests for their usability in pavements and field concretes.

Keywords: Travertine, Concrete, Aggregate, Wear Resistance, Permeability.

1. Giriş

Traverten tortul bir kayaç türü olup kalsiyum karbonat bileşimindedir. Yer altı sularındaki kalsiyum karbonatın sıcaklık, buharlaşma vb. koşullar altında çökmesi sonucu zamanla oluşurlar. Doğal bir taş olan traverteninin mimari dekorasyon, süs eşyası, heykeltıraşlık gibi birçok kullanım alanı bulunmakla beraber inşaat mühendisliğinde dekoratif görüntüsünden dolayı genellikle döşeme ve duvar kaplamalarında kullanılmaktadır. Traverten ocaklarından çıkarılan traverten blokları çeşitli yöntemlerle kesilerek ve işlenerek depolanmakta ve son mamul olarak değerlendirileceği yere sevk edilmektedir. Travertenin kesilmesinden sonra pasa olarak adlandırılan ve değerli olmadığı için sahada bırakılan artıklar oluşmaktadır.

Agregalar betonun önemli bir bileşenidir ve beton hacminin yaklaşık %70-%80'ini oluşturmaktadır [1, 2]. Agregaların maliyetleri diğer beton bileşenlerine kıyasla daha düşüktür. Buna rağmen, beton içerisinde çok daha fazla miktarda kullanıldıklarından önemli bir ekonomik değer olarak ele alınırlar. Diğer endüstrilerin artık ürünleri gerek artık bertarafı ve gerekse de ekonomik kazanımlar dolayısıyla beton ve harçlarda agrega olarak kullanılmaktadır. Hatta son zamanlarda kentsel dönüşüm projeleri dolayısıyla artan bina yıkıntılarından elde edilen

* Sorumlu yazar: yusa.sahin@bozok.edu.tr. Yazarların ORCID Numaraları: ¹ 0000-0002-1351-4663 ² 0000-0002-3586-412X

agregaların geri dönüştürülmesi yoluyla da kullanımına yönelik çalışmalar artmıştır [3-5]. Cüruf, mermer tozu, artık bor vb. farklı endüstrilere ait atıklar beton ve harçlarda alternatif agrega olarak kullanılmıştır [6-9].

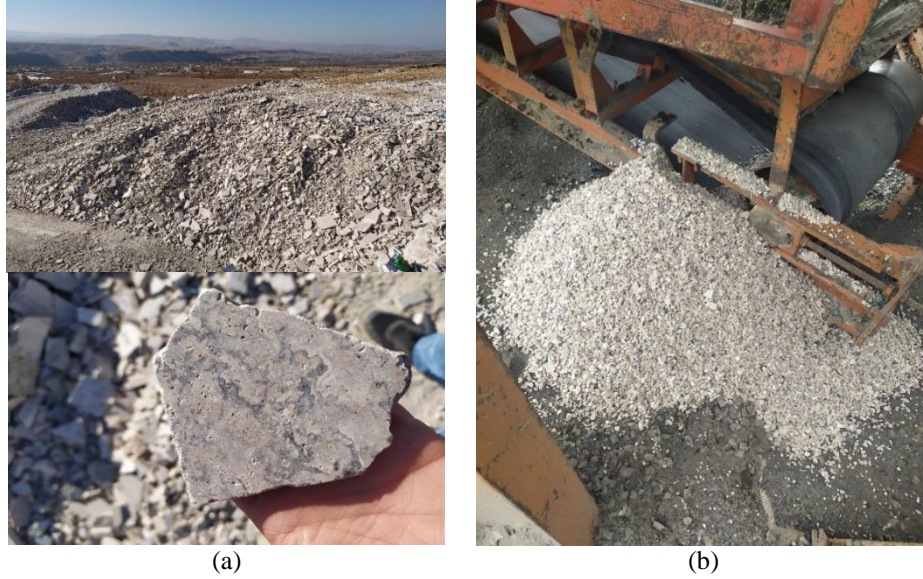
Traverten atıklarının betonlarda kullanılmasına yönelik daha önce yürütülmüş çalışmalar bulunmaktadır. Çobanoğlu ve diğ. [10] tarafından yapılan çalışmada, Denizli bölgesinde agrega olarak kullanılan kireç taşına bir alternatif olarak traverten atıklarının kullanılabilirliği incelenmiştir. Traverten atıklarının alternatif beton agregası olarak kullanılabilmesi, bu sayede ekonomik katkı ve çevresel açıdan avantaj sağlanabileceği sonucuna varılmıştır. Ergezer [11] çalışmasında artık depolama sahalarından alınan artık haldeki travertenlerin laboratuvar ortamında deneylerinin yapılabilmesi için Karayolları Teknik Şartnamesi'nde (KŞT) belirtilen uygun granülometrik boyutlara getirilme işlemini mini konkasör kullanılarak sağlamışlardır. Deney sonuçlarına göre traverten atıkları ile elde edilen agregaların KŞT'de belirtilen sınır değerleri sağladığı belirlenmiştir. Benzer olarak, Süer ve Yakar [12] çalışmalarında KŞT 2013 'e göre, traverten atıklarından elde edilen agregaları mekanik ve fiziksel deneylere tabi tutmuşlardır. Çalışma sonucunda traverten atıklarından elde edilen agregaların KŞT 2013 standartlarını sağlayarak alt temel ve temel malzemesi olarak kullanılabilirliği belirlenmiştir.

Sunulan çalışmada traverten ocağından elde edilen atıkların, diğer agregalar gibi agrega ocağında kırılarak, beton agregası olarak kullanımları araştırılmıştır. Traverten atıklarından elde edilen betonlar üzerinde çeşitli mekanik özellik deneyleri yürütülmüş ve traverten atıklarının betonlarda kullanılmasına yönelik önemli bilgiler elde edilmiştir.

2. Deneysel Çalışma

2.1. Kullanılan malzemeler

Bu çalışmada, CEM I 42,5R tipi Portland çimentosu kullanılmış olup çimentonun özgül ağırlığı ve Blaine inceliği sırasıyla, 3,14 g/cm³ ve 3500 cm²/g'dır. Çalışmada agrega olarak kullanılacak traverten atıkları İç Anadolu Bölgesinde yer alan bir traverten ocağının artık sahasından temin edilmiş ve bir agrega ocağında kırılarak, beton içinde kullanılabilmesi için uygun boyutlara getirilmiştir. Traverten atıklarının temin edildiği ocağa ait görüntü ve traverten atıklarının kırıldığı agrega ocağındaki işleme ait görüntü Şekil 1'de verilmektedir.



Şekil 1. Traverten artık sahası (a) ve traverten atıklarının kırılarak beton agregası elde edilmesi (b)

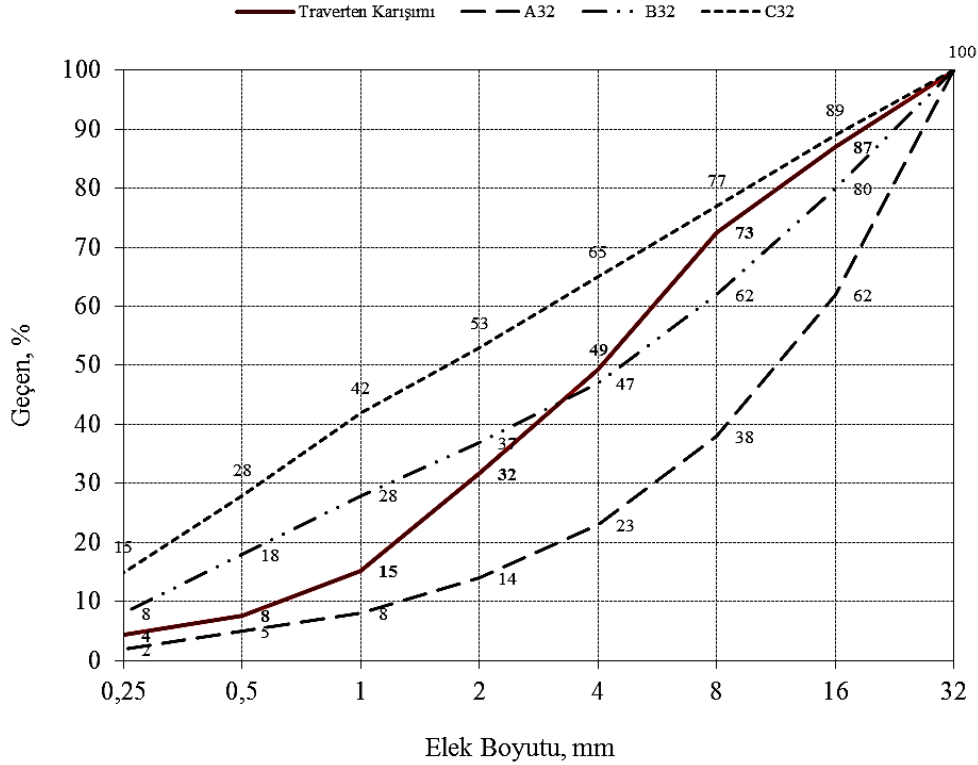
Traverten atıkları kırım işleminden sonra eleklerden elenerek 0/5 mm, 5/12 mm ve 12/25 mm aralıklarında elde edilmiştir. Elde edilen agregalar üzerinde beton agregası olarak kullanılabilirliklerinin değerlendirilmesi için beton agregalarında uygulanan çeşitli deneyler uygulanmıştır. Yapılan agrega deneyleri, standartları ve sonuçları Tablo 1'de sunulmaktadır.

Tablo 1. Agregada deneylerine ait sonuçlar.

Deney	Deney standardı	0/5	5/12	12/25
Yoğunluk*, g/cm ³	TS EN 1097-6 [13]	2,49	2,58	2,60
Su emme, %	TS EN 1097-6	2,87	2,20	1,70
İnce malzeme, <63µm	TS EN 933-8+A1 [14]	3,54	-	-
Metilen mavisi	TS EN 933-9+A1 [15]	2,75	-	-
Dona dayanıklılık (Magnezyum sülfat)	TS EN 1367-2 [16]	-	15,93	
Aşınmaya dayanıklılık (Los Angeles)	TS EN 1097-2/D1 [17]	-	40,82	
Yassılık indeksi	TS EN 933-3 [18]	-	10	
Şekil indeksi	TS EN 933-4 [19]	-	0	

* Doygun ve yüzeyi kurutulmuş esasta tane yoğunluğu

Elde edilen farklı boyutlara sahip agregalar elek analizi deneyine tabi tutulmuş ve betonda kullanılacak aralıkta standarttaki B32 eğrisine yakın olacak şekilde agregada karışım yüzdeleri belirlenmiştir. Elek analizi sonucunda; 0/5 mm aralıktaki agregalardan %50, 5/12 mm aralıktaki agregalardan %27 ve 12/25 mm aralıktaki agregalardan %23 oranında malzeme içeren karışıma ait granülometri eğrisi ve TS 706'da (2003 yılında iptal edilmiştir yerini TS 706 EN 12620 standardı almıştır) maksimum tane boyutuna bağlı olarak kabul edilen referans eğriler Şekil 2'de gösterilmektedir.

**Şekil 2.** Agregada karışımına ait granülometri eğrisi

Traverten atığından elde edilen agregaların TS EN 12620+A1 "Beton Agregaları" standardına [20] göre yassılık ve şekil indeksi değerleri değerlendirildiğinde, sırasıyla FI₁₅ ve SI₁₅ kategorilerinde olduğu görülmüştür. Kum (0/5) agregası, çok ince malzeme muhtevasının en yüksek değerlerine göre ise f₁₀ kategorisindedir. İri agregalar ise (5/12 ve 12/25), en büyük Los Angeles katsayısı değerlerine göre, LA₄₀ ve magnezyum sülfat kullanılarak elde edilen en yüksek don dayanıklılığı değerlerine göre MS₁₈ kategorilerindedir.

2.2. Beton Karışımları

Traverten artıkları ile beton karışımı elde edilmesi için yerel bir beton firması tarafından yeni deprem yönetmeliğine uygun olarak üretilen bir beton sınıfı ve bu dayanımı sağlamak için kullandıkları çimento miktarı bilgileri edinilmiştir. Bilgiler sonucunda, traverten artıklarından elde edilmiş beton agregaları kullanılarak C25/30 beton sınıfı beton üretilmesi ve karışımda 325 kg/m³ çimento kullanılması kararlaştırılmış ve TS 802:2016 [21] standardına göre beton karışım hesabı yapılmıştır. Sadece artık agreganın performansının değerlendirilebilmesi için temel beton bileşenleri olan; çimento, su ve agreganın dışında herhangi bir mineral veya kimyasal katkı kullanımı tercih edilmemiştir. Karışımda kullanılan malzemeler ve miktarları Tablo 2’de sunulmuştur. Traverten atığı beton agregalarının performanslarını daha iyi değerlendirebilmek amacıyla, betonda sıklıkla kullanılan kalker ve bazalt agregaları da kullanılarak beton karışımları hazırlanmıştır. Kalker ve bazalt agregaları da traverten agregaları ile aynı oranlarda karıştırılarak agreganın karışımları elde edilmiştir. Sonrasında kalker ve bazalt agregalarının yoğunluk ve su emme değerleri kullanılarak bu agregalara ait beton karışımları oluşturulmuştur.

Tablo 2. Karışımda kullanılan malzemeler ve miktarları (kg/m³).

Bileşen	Traverten	Kalker	Bazalt
Çimento	325	325	325
Su	205	205	205
0-5	841	885	810
5-12	470	492	489
12-25	404	424	418

3. Bulgular ve Tartışmalar

Taze betonlar üzerinde TS EN 12350-2 standardına [22] uygun olarak çökme (slump) deneyi yapılmıştır. Deney sonucunda, traverten, kalker ve bazalt agregalarına ait çökme değerleri sırasıyla, 19 cm, 20 cm ve 11 cm olarak ölçülmüştür. TS EN 206 standardına [23] göre traverten ve kalker agregalı karışımların S4 ve bazalt agregalı karışımın ise S3 sınıfında olduğu belirlenmiştir. Bu sınıflar birçok şartnamede beton dökümü için istenilen kıvam sınıflarıdır. Traverten agregalarının, çökme deney sonucuna göre taze betonlar üzerinde olumsuz bir etkisi görülmemiştir. Bununla beraber, bazalt agregasının düşük çökme değerlerine neden olabileceği görülmüştür. Bazı taze ve sertleşmiş beton deneylerine ait görseller Şekil 3’te sunulmuştur.

Taze ve sertleşmiş betonlar üzerinde birim hacim ağırlık deneyleri sırasıyla TS EN 12350-6 [24] ve TS EN 12390-7 [25] standartlarına uygun olarak yapılmıştır. Sertleşmiş betonlar üzerinde birim hacim ağırlık ölçümleri numuneler yüzey kuru suya doygun durumdayken yapılmıştır. Betonların birim hacim ağırlık değerleri Tablo 3’te sunulmaktadır. Diğer agregalara kıyasla traverten artığı agregalar ile daha düşük birim hacim ağırlığa sahip betonlar elde edilmiştir. Sonuçlar üzerinde agreganın yoğunluklarının etkisi olduğu söylenebilir. Traverten artığı agregaların yoğunlukları 2,60 g/cm³ diğer agregaların ise 2,70 g/cm³ mertebesindedir.

Tablo 3. Taze ve sertleşmiş betonlara ait birim hacim ağırlık deney sonuçları.

Karışımdaki agreganın türü	Taze beton kg/m ³	Sertleşmiş beton kg/m ³
Traverten	2314	2324
Kalker	2334	2338
Bazalt	2350	2356

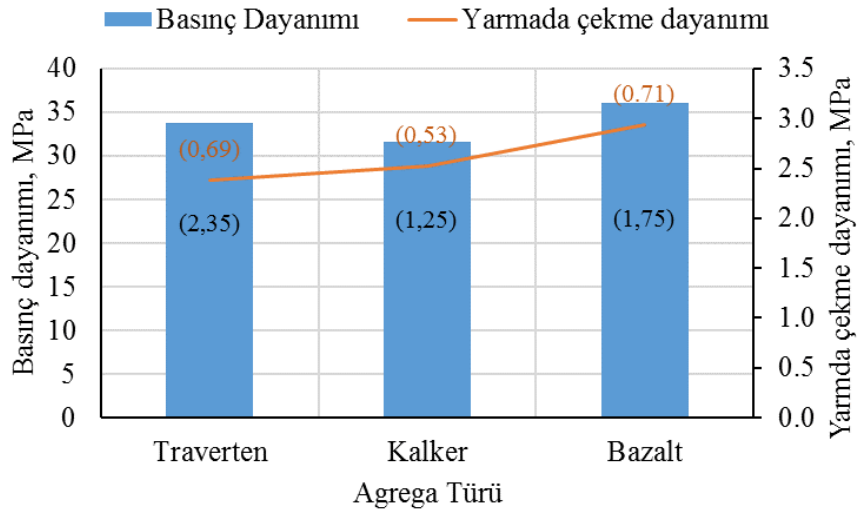


Şekil 3. Çökme deneyi (a), yarmada çekme deneyi (b) ve aşınma deneyi (c).

Kalıptan çıkarılan betonlar kirece doymun ve $20 \pm 2^\circ\text{C}$ sıcaklıktaki su içerisinde 28 gün boyunca küre tabi tutulmuştur [26]. Sertleşmiş betonlar üzerinde mekanik özellikleri belirlemek amacıyla basınç dayanımı, yarmada çekme dayanımı ve aşınma dayanımı deneyleri yürütülmüştür. Deney sonuçları Tablo 4'te verilmiştir. Basınç dayanımı deneyleri TS EN 12390-3 [27] standardına uygun olarak 15 cm'lik küp numuneler üzerinde ve 13 kN/s yükleme hızı altında yapılmıştır. Yarmada çekme dayanımı deneyleri TS EN 12390-6 [28] standardına uygun olarak 10 cm çapında ve 20 cm yüksekliğinde silindir numuneler üzerinde ve 0,05 MPa/s yükleme hızında yapılmıştır. Aşınma dayanımı değerleri TS 2824 EN 1338/AC standardında [29] yer alan Böhme deneyi belirlenmiştir. Deneylerde, 10 cm çapında 20 cm yüksekliğinde silindir numunelerin orta kısımlarından kesilerek hazırlanan $70 \pm 0,5$ mm kenar uzunluğuna sahip küp numuneler kullanılmıştır. Basınç dayanımı deney sonuçları 5 numune ortalaması, yarmada çekme dayanımı ve aşınma dayanımı deney sonuçları 3 numune ortalaması olarak Şekil 4'te sunulmuştur. Serilere ait standart sapma değerleri sütun grafiklerin ve çizginin üzerinde parantez içerisinde sunulmuştur.

Tablo 4. Beton numunelerin mekanik özellik deneylerine ait sonuçlar.

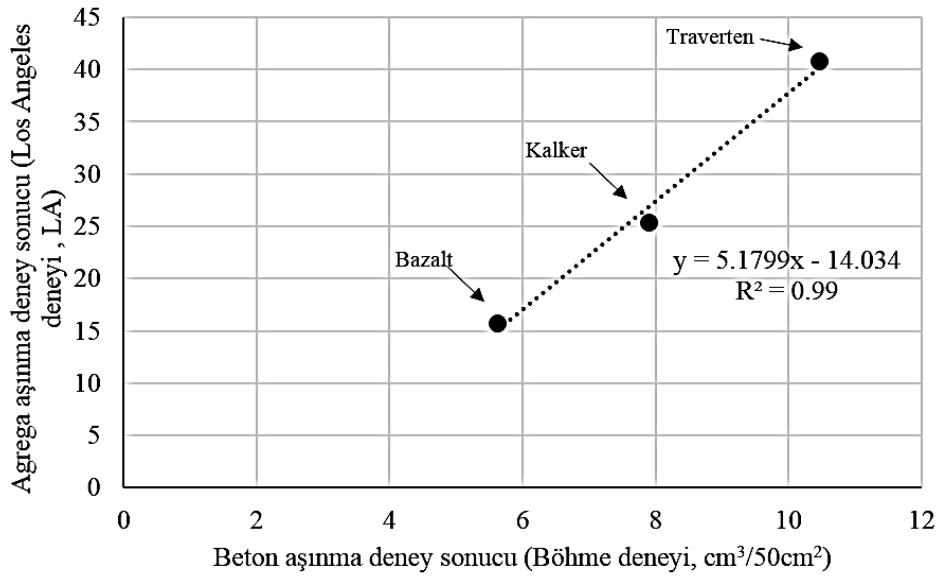
Karışımındaki agrega türü	Basınç Dayanımı, MPa	Yarmada Çekme Dayanımı, MPa	Aşınma Dayanımı, $\text{cm}^3/50\text{cm}^2$
Traverten	33,80	2,39	10,457
Kalker	31,63	2,52	7,900
Bazalt	36,04	2,94	5,613



Şekil 4. Basınç dayanımı deney sonuçları.

Şekil 4'te görüldüğü gibi, traverten atığından elde edilmiş agregalar kullanılarak hedeflenen basınç dayanımı olan 30 MPa değerini karşılayan beton karışımı elde edilmiştir. Traverten agregası diğer agregalarla karşılaştırıldığında basınç dayanımı değerlerinin diğer gruplara yakın olduğu görülmektedir. Bununla birlikte, diğer agregalarla basınç dayanımı bakımından karşılaştırıldığında kalker agregasına kıyasla %6,8 daha yüksek değerler elde edilirken, bazalt agregasına kıyasla %6,6 oranında daha düşük değerler elde edilmiştir. Yarmada çekme dayanımları incelendiğinde ise traverten atığı agregalara sahip betonların, kalker agregasından %5,4 ve bazalt agregasından %23 daha düşük değere sahip olduğu görülmüştür.

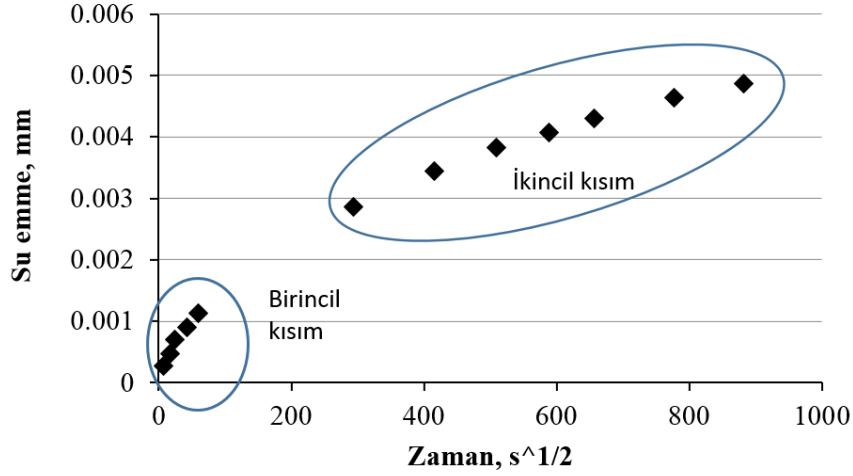
Literatürde, basınç dayanımı ve aşınma dayanımı arasında yüksek korelasyona sahip bir ilişki bulunduğu bilinmektedir ve beton dayanımı arttıkça aşınmaya karşı dayanımda artmaktadır [30-32]. Fakat sunulan çalışmada beton dayanımları yakın olduğu için aşınma dayanımı sonuçları, beton dayanımları yerine agregaların Los Angeles aşınma değerleri ile karşılaştırılmıştır. Bu değerlendirmeyi yapmak için kalker ve bazalt agregaları üzerinde de Los Angeles aşınma deneyi yapılmış ve kalker ve bazalt agregaları için LA değerleri sırasıyla 25,43 ve 15,81 olarak elde edilmiştir. Agregaların aşınma deney sonuçları ve betonların aşınma deney sonuçları Şekil 4'te gösterilmiştir. Literatürden bilindiği üzere test parametreleri Los Angeles deneyi üzerinde etkilidir [33]. Los Angeles aşınma dayanımı deneyi TS EN 1097-2/D1 [17] standardına uygun olarak 31 devir/dakika ile 33 devir/dakika arasında sabit hızda 500 devir uygulanarak yapılmıştır.



Şekil 5. Beton ve agrega aşınma deney sonuçları arasındaki ilişki.

Şekil 5'te görüldüğü gibi, beton ve agrega aşınma dayanımı değerleri arasında, incelenen değer aralıkları ve agregalar için yüksek korelasyona sahip bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre traverten agregasının diğer agregalara kıyasla aşınma değerlerinin yüksek olduğu görülmüştür. TS 706 EN 12620+A1 [20] standardında agregaların beton yapımında kullanımı ile ilgili yol gösterici bilgiler bölümünde, LA40 kategorisindeki agregalar için, "40'tan daha büyük Los Angeles katsayılarına sahip agregalar, kullanım tecrübelerine bağlı olarak değerlendirilmelidir." ifadesi yer almaktadır. Bu ifade doğrultusunda LA değeri ile beton aşınması arasındaki ilişki araştırılmış ve değerlendirilmiştir.

Çalışmada, mekanik özellikleri belirlemenin yanında kılcal su emme deneyi yapılarak, traverten agregalarının betonun kılcallığı üzerine etkisi de araştırılmıştır. ASTM C 1585 standardına [34] uygun olarak yürütülen kılcallık deneyinde 10 cm çapa ve 5 cm yüksekliğe sahip silindirik numuneler kullanılmıştır. Numuneleri yan yüzeylerin uygun malzeme ile yalıtılarak sadece tabandan su emmeleri sağlanmıştır. Etüv kurusu olarak şartlandırılan numunelerin 9 gün boyunca standartta belirtilen günlerde ağırlık ölçümleri yapılarak kılcal su emme katsayıları belirlenmiştir.



Şekil 6. Traverten agregası için kılcal su emme deneyi grafiği.

Şekil 6'da gösterilen tipik grafikte görüleceği gibi deney sonucunda kılcal su emme değeri birincil ve ikincil kısımlar için ayrı ayrı hesaplanıp değerlendirilmektedir. Kılcal su emme deneyi her bir agregata türü için 3 adet numune üzerinde yapılmış olup birincil kısım için tüm agregalarda $2 \times 10^{-5} \text{ mm}/\sqrt{s}$ olarak elde edilmiştir. İkincil kısımda ise her bir agregata türü için farklı değerler elde edilmiştir. Traverten, kalker ve bazalt agregaları için sırasıyla $4,3 \times 10^{-6} \text{ mm}/\sqrt{s}$, $3,3 \times 10^{-6} \text{ mm}/\sqrt{s}$ ve $3,0 \times 10^{-6} \text{ mm}/\sqrt{s}$ değerleri elde edilmiştir.

4. Sonuçlar ve Öneriler

Çalışma sonucunda, traverten artıklarından elde edilen agregalar kullanılmasıyla elde edilen betonlar üzerinde yapılan deneysel araştırmada aşağıdaki önemli bulgular elde edilmiştir.

Traverten artıklarının diğer agregalarda olduğu gibi taş ocaklarında kırılarak uygun boyutlarda elde edildiği agregalar üzerinde yapılan deneylerde, traverten atığı agregaların betonda kullanılacak agregata özelliklerini sağladığı belirlenmiştir. Traverten atığı agregaların kullanılmasıyla inşaat sektöründe yaygın olarak kullanılan C25/30 sınıfı beton elde edilmiştir. Kalker agregası ve bazalt agregası ile yapılan üretimlerde kullanılan çimento miktarı ile aynı miktarda çimento kullanılması bu agregaların önemli bir ekonomik kazanç sağlayacağını göstermektedir. Ayrıca, artık değerlendirmesi de söz konusu olduğundan çevresel etki de önemlidir.

Basınç dayanımının yanı sıra traverten atığından elde edilmiş agregalar, yarmada çekme dayanımında da diğer agregalara yakın performans sergilemişlerdir. Fakat yapılan aşınma dayanımı deney sonucunda traverten atığı agregaların kullanıldığı betonlar diğer agregalara kıyasla yaklaşık olarak %32-%86 oranında daha düşük performans sergilemişlerdir. Bu durum dikkate alındığında bu agregaların özellikle aşınmaya maruz kalacağı yüzey betonlarında kullanılmadan önce aşınma ve donma-çözülme deneylerine tabi tutulması önemlidir. Bu sonuç agregaların aşınma deney sonuçları ile beraber irdelenerek, agregata aşınması ile beton aşınması arasındaki yüksek korelasyonlu ilişki ortaya konmuştur.

Beton uzun dönem performansı ile ilgili birçok hasarın oluşmasında etkili olan kılcal su emme deneyi çalışma kapsamında yürütülmüş olup traverten atığı agregalar değerlendirilmiştir. İlk bir saat içinde yapılan okuma sonuçlarına göre traverten atığı agregata içeren betonlar diğer agregalı betonlar ile aynı sonucu vermiştir. Bu süre içindeki su emme miktarlarının agregata özelliklerinden daha çok matris fazın yani çimento hamurunun özelliklerine bağlı olduğu söylenebilir. Fakat, 1. ve 9. gün arasında yapılan ölçümlerin değerlendirilmesi sonucu, ikincil kısım değerlerinde agregalar arasında farklılıklar görülmüştür. Traverten agregası içeren betonların diğer agregalara kıyasla daha yüksek kılcal su emme değerine sahip olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle bu agregaları içeren betonları dış çevre koşullarına maruz kalacak beton ve betonarme yapılarda kullanılmadan önce aşınma, donma çözülme, alkali silika, klor geçirimsizliği vb. kalıcılık deneyleri ile incelenmesi gerektiği söylenebilir.

Sunulan çalışmada traverten artıkları sahadan rastgele alınmıştır. Travertenler aynı ocak içerisinde dahi farklı fiziksel ve mekanik özelliklere ve kimyasal içeriğe sahip olabilmektedir. İleriki çalışmalarda traverten artıklarının bu özelliklerinin de araştırılmasıyla daha iyi beton agregaları elde edilebilecek ve böylece bu artıklar kullanılarak daha yüksek dayanımlara da ulaşılması mümkün olacaktır.

Teşekkür

Bu çalışma Yozgat Bozok Üniversitesi Proje Koordinasyon Araştırma ve Uygulama Merkezi tarafından desteklenmiştir (Proje no: 6601a-FBE/20-398).

Kaynaklar

- [1] Aİtcin PC, Mindess S. Sustainability of Concrete. CRC Press, London, 2011.
- [2] Neville AM., Properties of Concrete. 5th ed. Pearson, London, 2012.
- [3] Demir İ. İnşaat yıkıntı artıklarının beton üretiminde kullanımı ve beton özelliklerine etkisi. Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi 2009; 2(2): 105-114.
- [4] Demirel C, Şimşek O. C30 sınıfı artık betonun geridönüşüm agregası olarak beton üretiminde kullanılabilirliği. Selçuk Üniversitesi Mühendislik Bilim ve Teknoloji Dergisi 2014; 2(2): 45-53. doi: 10.15317/Scitech.201426892
- [5] Pourghadri Sefidehkan H, Şimşek O. Farklı oranlarda geri dönüşüm agregası kullanılarak üretilen betonun bazı mühendislik özelliklerinin araştırılması. Politeknik Dergisi 2018; 21(1): 83-91. doi:10.2339/politeknik.391789
- [6] Keskin M, Karacasu M. Artık bor içeren asfalt betonlarının performanslarının değerlendirilmesi. Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi 2018; 30(2): 185-192.
- [7] Bozkurt N, Karaca E. Artık taş tozları ile üretilen harçların dayanım ve durabilite özelliklerinin araştırılması. Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi 2019; 31(1): 11-20.
- [8] Ceylan H, Mança S. Mermer parça artıklarının beton agregası olarak değerlendirilmesi. Teknik Bilimler Dergisi 2013; 3(2): 21-25.
- [9] Öztürk ZB. Agregası olarak çinko madeni cürufu kullanımının beton basınç dayanımına etkisi. International Journal of Engineering Research and Development 2018; 10(2): 144-152. doi: 10.29137/umagd.412093.
- [10] Çobanoğlu İ, Çelik SB, Çam O, Etiz H., Kurşun M. Denizli bölgesi traverten artıklarının beton agregası olarak kullanılabilirliğinin incelenmesi. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi 2014; 20(3): 92-99.
- [11] Ergezer F. Sıcak çermik bölgesi (Sivas) traverten artıklarının yol temel ve alt temel tabakalarında kullanılabilirliğinin araştırılması. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 2018; 22: 181-188.
- [12] Süer M, Yakar F. Alaşehir (manisa) bölgesi traverten artıklarının yol alttemel ve temel tabakalarında kullanılabilirliğinin araştırılması. Akademik Platform Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi 2020; 8(2): 388-395. doi:10.21541/apjes.626403
- [13] TS EN 1097-6:2013. Agregaların mekanik ve fiziksel özellikleri için deneyler - Bölüm 6: Tane yoğunluğunun ve su emme oranının tayini.
- [14] TS EN 933-8+A1:2015. Agregaların geometrik özellikleri için deneyler - Bölüm 8: İnce tanelerin tayini- Kum eşdeğeri tayini.
- [15] TS EN 933-9+A1:2014. Agregaların geometrik özellikleri için deneyler - Bölüm 9: İnce tanelerin tayini - Metilen mavisi deneyi.
- [16] TS EN 1367-2:2011. Agregaların termal ve bozunma özellikleri için deneyler - bölüm 2: Magnezyum sülfat deneyi.
- [17] TS EN 1097-2/D1:2016. Agregaların mekanik ve fiziksel özellikleri için deneyler - Bölüm 2 : Parçalanma direncinin tayini için yöntemler.
- [18] TS EN 933-3:2012. Agregaların geometrik özellikleri için deneyler - Bölüm 3: Tane şekli tayini - Yassılık endeksi.
- [19] TS EN 933-4:2009. Agregaların geometrik özellikleri için deneyler - Bölüm 4: Tane şeklinin tayini - Şekil endeksi.
- [20] TS EN 12620+A1:2009. Beton agregaları.
- [21] TS 802:2016. Beton karışım tasarımı hesap esasları.
- [22] TS EN 12350-2:2010. Beton - Taze beton deneyleri - Bölüm 2: Çökme (slump) deneyi.
- [23] TS EN 206:2014. Beton- Özellik, performans, imalat ve uygunluk.
- [24] TS EN 12350-6:2019. Beton - Taze beton deneyleri - Bölüm 6: Yoğunluk.
- [25] TS EN 12390-7:2019. Beton - Sertleşmiş beton deneyleri - Bölüm 7: Sertleşmiş betonun yoğunluğunun tayini.
- [26] TS EN 12390-2:2010. Beton - Sertleşmiş beton deneyleri - Bölüm 2: Dayanım deneylerinde kullanılacak deney numunelerinin hazırlanması ve küre tabii tutulması.
- [27] TS EN 12390-3:2010. Beton - Sertleşmiş beton deneyleri - Bölüm 3: Deney numunelerinin basınç dayanımının tayini.
- [28] TS EN 12390-6:2010. Beton - Sertleşmiş beton deneyleri - Bölüm 6: Deney numunelerinin yarmada çekme dayanımının tayini
- [29] TS 2824 EN 1338/AC:2009. Zemin döşemesi için beton kaplama blokları - Gerekli şartlar ve deney metodları.
- [30] Kara C, Yazıcıoğlu S. Mermer tozu atığı ve silis dumanının betonun karbonatlaşmasına etkisinin araştırılması. Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi 2017; 5(2). doi:10.17798/bitlisfen.282253
- [31] Singh G, Siddique R. Abrasion resistance and strength properties of concrete containing waste foundry sand (WFS) Constr. Build. Mater. 2012; 28(1): 421-426, <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2011.08.087>.
- [32] Karaca Z, Günes Yılmaz N, Goktan RM. Considerations on the European Standard EN 14157 Test Methods: abrasion resistance of natural stones used for flooring in buildings. Rock Mech Rock Eng 2012; 45: 103-111.
- [33] Alyamaç K, Tuğrul Tunç E. Farklı test parametreleri için agrega tipinin los angeles aşınma kaybı üzerine etkisi. Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi 2020; 32(1): 1-10. doi:10.35234/fumbd.569198
- [34] ASTM C1585-20:2020. Standard Test Method for Measurement of Rate of Absorption of Water by Hydraulic-Cement Concretes.