

# DERİNER BARAJ KAZISINDAN ÇIKAN MALZEMELERİN BETON ÜRETİMİNDE AGREGA OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİ

## EVALUATION OF MATERIALS FROM THE DERİNER DAM AS AGGREGATE IN THE PRODUCTION OF CONCRETE

Can DEMİREL  
Kırklareli Üniversitesi Pınarhisar MYO  
candemirel@klu.edu.tr

İlknur BEKEM  
Artvin Çoruh Üniversitesi Borçka Acarlar MYO  
ilknurbekem@artvin.edu.tr

Cuma KARA  
Artvin Çoruh Üniversitesi Borçka Acarlar MYO  
cumakara@artvin.edu.tr

**ÖZET:** Agregalar beton hacminin yaklaşık % 75'ini oluşturmakta ve beton özelliklerine önemli ölçüde etki etmektedir. Agregaların, betonun dış etkilere karşı direncini sağlayacak iskeleti oluşturduğu göz önüne alınacak olursa, kaliteli agrega üretimi ve beton yapımında kullanımı büyük önem arz etmektedir. Artvin ilinde 1998 yılında yapımına başlanarak 2013 yılında hizmete açılan Deriner Barajı ve Hidroelektrik Santrali 249 m. gövde yüksekliği ile Türkiye'nin en yüksek barajı olma özelliğini taşımaktadır. Gövde kazısı sırasında ortaya çıkan malzeme cinsi bazalt olup, Artvin ilinde depo edilen bu malzemeden kırmataş agrega üretimi yapılmaktadır. Bu çalışmada, agregaların özellikleri (tane dağılımı, su emme oranı, tane yoğunluğu, kil toprakları eriyebilir parçacık miktarı, yassılık indeksi, Los Angeles metodu ile aşınma kaybı, sodyum sülfat ile dondayanıklılık) belirlenerek beton agregaları standardına uygunluğu tespit edilmiştir. Ayrıca bazalt kırmataş agrega ile C25/30 sınıfı beton karışımı tasarlanmış olup, taze betonun çökme değeri belirlenerek 150×150×150 mm<sup>3</sup> kalıplara dökülmüş 7. ve 28. günlerde numuneler üzerinde yüzey sertliği ile yaklaşık basınç dayanımı tayini, ultrasonik P-dalga hızı tayini ve basınç dayanımı testleri gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak, Deriner baraj kazısından çıkan malzemelerin beton üretiminde agrega olarak kullanımının uygun olduğu kanaatine varılmıştır.

**Anahtar sözcükler:** Artvin. Deriner. bazalt. agrega. beton.

**ABSTRACT:** Aggregates constitute approximately 75% of the concrete volume and have an important effect on concrete properties. Considering that aggregates constitute the skeleton that will provide resistance against external effects of concrete, it is very important to use it in production of high quality aggregate and concrete construction. Deriner Dam and Hydroelectric Power Plant, which started construction in 1998 in Artvin province and opened to service in 2013, is 249 m. It is the highest dam in Turkey with its body height. The material that emerged during the excavation of the body is basalt, and the material is stored in Artvin province and the crushed stone aggregate is produced from this material. In this study, the properties of aggregates (particle distribution, water absorption rate, grain density, amount of soluble particles in clay pellets, flatness index, loss of wear by Los Angeles method, resistance to frost with sodium sulphate) were determined and compliance with the concrete aggregates standard was determined. In addition, basalt crushed aggregate and C25 / 30 class concrete mixture is designed the settlement value of fresh concrete was determined and poured into 150 × 150 × 150 mm<sup>3</sup> molds. On the 7th and 28th days, the surface hardness, the approximate pressure resistance determination, ultrasonic P-wave velocity determination and pressure resistance tests were carried out on the samples. As a result, it has been concluded that the material from the Deriner dam excavation is suitable for use as aggregate in concrete production.

**Key words:** Artvin. Driner.basalt. aggregate. concrete.

### GİRİŞ

Değişik boyutlardaki mineral kökenli sert tanelerden oluşan agregalar en önemli yapı malzemelerinden olan betonun hacim olarak %60-80'inini oluşturmaktadır. Agregalar ayrıca karayolları gibi mühendislik yapılarının

da ana malzemelerinden biridir. Bitümlü yol kaplamalarının %75-85'ini agregalar oluşturmaktadır. Bu nedenle beton ve yolların ömründe agregaların nitelik ve nicelikleri önemli rol oynar.

Beton agregaları TS 706 EN 12620+A1 standardında agrega «yapılarda kullanılan taneli malzeme» olarak tanımlanmaktadır. ASTM D8'de ise agrega «harç veya beton oluşturmak amacıyla bir bağlayıcı madde ile veya temel tabakaları, demir yolu balastlarında tek başına kullanılan kum, çakıl, cüruf ya da kırmataş gibi mineral kompozisyonlu taneli malzemedir» şeklinde tanımlanmıştır (Baradan et al., 2012).

Agregalar beton malzemeye taşıyıcı özelliğini kazandıran esas malzemelerdir. Agregaların köken ve oluşumuyla birlikte, kimyasal ve fiziksel özellikleri de doğrudan betonu etkilemektedir. Standartta göre beton agregaları; sert, dayanıklı ve boşluksuz olmaları, zayıf taneler içermemeleri (deniz kabuğu, odun, kömür vb.), basınca ve aşınmaya mukavemetli olmaları, toz, toprak ve betona zarar verebilecek maddeler içermemeleri, yassı ve uzun taneler içermemeleri, çimentoyla zararlı reaksiyona girmemeleri ve donatının korozyona karşı korunmasını tehlikeye düşürmemelidirler (Güçlüer et al., 2017).

Agrega bileşeninin uygun bir tane boyu dağılımı (granülometri) göstermesi de çok önemlidir, iyi bir granülometriye sahip agrega içindeki hava boşluğu, daha az olacaktır. Dolayısı ile yoğunluğu da artacaktır. Bu şekilde, toplam beton hacmi içinde çimento-su harcı daha ekonomik olarak kullanılabilir ve beton istenilen yere kolaylıkla, kalitesi bozulmadan yerleştirilebilmektedir (Çağlayan et al., 1999).

Agrega yüzeylerinin pürüzlülüğü betonun mukavemetini artırır. Beton için en uygun agrega şekli küp veya küre şeklinde olan agregadır. Yassı ve uzun agregalar, betonun kompozitesini azaltıp, mukavemetinin düşmesine neden olduğu bilinmektedir (Binici et al., 2000).

Agreganın dayanımı ve sertliğinin yanı sıra, özellikle beton yüzeyinin aşınmaya maruz kalacağı durumlarda (yol ve yüzey betonları) agreganın aşınmaya dayanıklı olması gerekmektedir (Neville, 1981). Türk standartlarına göre agreganın basınç dayanımı 1000 kgf/m<sup>2</sup>'den az ise veya agreganın aşınma dayanıklılığında kuşku duyuluyorsa, agreganın aşınma dayanıklılığı test edilmelidir. Agreganın bu şekilde yapılan aşınma deneyi sonucundan bu malzemenin diğer özellikleri hakkında da bir fikir edinmek mümkündür. Yapılan deneylere göre aşınmaya karşı mukavemeti yüksek olan agregaların basınç mukavemetleri de yüksektir ve bunlarla üretilen betonun basınç ve eğilme mukavemetleri de büyük değerler almaktadır.

Ülkemizde oldukça geniş alanlarda yüzeylenen bazaltlar, dünyada alternatif agrega olarak yaygınca kullanılmaktadır. Bu konuda yapılan araştırmalar, bazaltların dayanımlı olmaları nedeniyle betonun kalite ve dayanımını artırdığını ortaya koymuştur (Tasong et al., 1998; Özturan & Çeçen, 1997). Yapılan bir çalışmada bazalt agregasıyla üretilen kendiliğinden yerleşen betonların basınç dayanımlarının kireçtaşı agregası ile üretilen kendiliğinden yerleşen betonların basınç dayanımlarına göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Şaşmaz & Tekin, 2015).

Deriner Barajı (Şekil 1), Doğu Karadeniz Bölgesinde Çoruh Nehri üzerinde ve Artvin İl Merkezini Erzurum İl Merkezine bağlayan Devlet Karayolu üzerindeki köprünün 5 km menbasındadır. Sahip olduğu 249 metre gövde yüksekliği ile Türkiye'nin en yüksek, Dünya'nın 6. yüksek barajı olma özelliğine sahiptir. Gövde kazısı sırasında ortaya çıkan malzeme cinsi bazalt olup, malzeme il merkezinde depo edilmiştir (Devlet Su İşleri, 2017).



**Şekil 1. Deriner Barajı**

## MALZEME VE YÖNTEM

### Malzeme

Beton karışımlarında Erzurum Aşkale firmasına ait CEM I 42.5 R tipi çimentosu kullanılmıştır. Kimyasal özellikleri Tablo 1’de gösterilmiştir.

**Tablo 1. CEM I 42.5 R Kimyasal Özellikleri**

Kimyasal kompozisyon	Çimento (%)
SiO <sub>2</sub>	19.95
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.34
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.22
CaO	61.91
MgO	1.01
SO <sub>3</sub>	3.24
Na <sub>2</sub> O	0.30
K <sub>2</sub> O	0.94
Çözünmeyen kalıntı	1.67
Kızdırma Kaybı	2.25

Çalışmada karışım suyu olarak Artvin şehir şebeke suyu ve İksament Ns yüksek oranda su azaltıcı/ süper akışkanlaştırıcı beton katkısı kullanılmıştır. Kimyasal katkı maddesine ait özellikler Tablo 2’de görülmektedir.

**Tablo 2. Beton Katkısı Özellikleri**

Özellik	Değer
Görünüm	Koyu kahve renkli sıvı
Yoğunluk	1.17 ± 0.03 kg/L
pH	7.50 ± 2
Alkali içeriği	≤ %10

### Yöntem

Tane büyüklüğü dağılımı tayini TS EN 933-1 (2012) standardına göre, tane yoğunluğu ve su emme oranının tayini TS EN 1097-6 (2013) standardına göre, agrega parçalanma direncinin tayini (Los Angeles metodu) ASTM C 131 (1975) standardına göre, tane şeklinin tayini yassılık indisi TS EN 933-3 (2012) standardına göre, dona dayanıklılık (kimyasal yöntem-sodyum sülfat ile) deneyi ASTM C 88 (2013) standardına göre yapılmıştır.

Beton tasarımında TS 802 (2016) ve TS EN 206:2013+A1 (2017) esas alınarak C 25/30 sınıfı için 0-4, 4-11.2, 11.2-22.4 agrega grupları, karışım suyu 145 lt, S/Ç oranı 0.47 belirlenmiştir. Süper Akışkanlaştırıcı (SA) karışım suyuna ilave edilmiştir. Beton üretiminde kullanılan malzeme miktarları Tablo 3’de verilmiştir. Tablo 3’de verilen her bir karışım oranlarından 6 adet 150 mm x150 mm x150 mm boyutunda küp beton örnekleri hazırlanmıştır.

**Tablo 3. Beton karışımına giren malzeme miktarları**

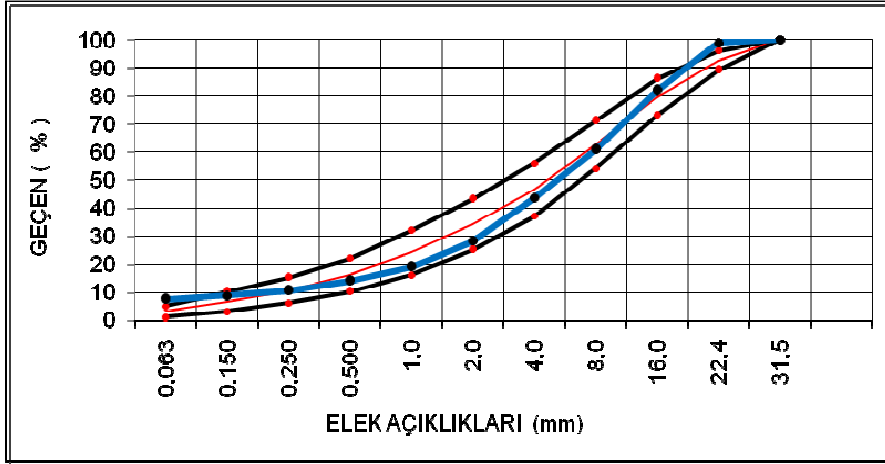
Agrega (kg)			S /Ç	Çimento (kg)	SA (kg)
0-4	4-11.2	11.2-22.4			
1025	313	554	0.47	400	3.85

Taze betonun çökme değeri TS EN 12350-2 (2010) standardına, sertleşmiş betonun ultrases geçiş hızı tayini ASTM C 597’ye göre; beton yüzey sertliği ile yaklaşık basınç dayanımı tayini (Schmidt beton test çekici ile tahribatsız deney) DIN 1048’e (1978), basınç dayanımı TS EN 12390-3 (2010) standardına göre tespit edilmiştir.

## BULGULAR

### Agregaların Özellikleri

Agrega, Deriner Barajı gövde kazısı sırasında çıkan ve malzeme cinsi bazalt olan kırmataş agregadır. Şekil 1' de agrega granülometrisi Tablo 3'te ise yapılan deneyler sonucu elde edilen agregalara ait fiziksel özellikler gösterilmektedir. Tane dağılımı analizi standart eğrilere göre uygunluk göstermektedir.



Şekil 2. Granülometri Eğrisi

Araştırmada kullanılan agregaların yoğunlukları ince agrega için  $2.67 \text{ g/cm}^3$ , iri agregalar içinse  $2.71$  ve  $2.72 \text{ g/cm}^3$ 'tür. Beton agregaları için yoğunluk limiti  $\geq 2.50 \text{ g/cm}^3$  olup, çalışmada kullanılan agregaların yoğunluk açısından beton üretimi için uygun olduğu görülmüştür. Beton agregaları için su emme oranı  $\leq 2.0$  olmalıdır. Araştırmada kullanılan agregaların (ince ve iri) su emme oranları % 0.6 ve % 0.7 olup limit değerlere uygunluk göstermektedir. Kil toprakları ve eriyebilir parçacık miktarı ince agrega için  $\leq 3.0$ , iri agrega için  $\leq 5.0$  olmalıdır. Deney yapılan agregalar bu limit değerlerin altındadır. Yassılık indisi 4-11.2 mm agrega için % 11.5, 11.2-22.4 mm agrega için % 2.2 olup, limit değer olan % 25'e uygunluk sağlamıştır.

Tablo 3. Agregaların Fiziksel Özellikleri

Deneyler	İnce agrega	İri agrega	Limit	Uygunluk durumu
Yoğunluk, $\text{g/cm}^3$	2.67	4-11.2 agrega 2.71 11.2-22.4 agrega 2.72	$\geq 2.5$	✓
Su emme, %	0.6	0.7	$\leq 2.0$	✓
Kil toprakları ve eriyebilir parçacık miktarı, %	0.0	4-11.2 agrega 0.4 11.2-22.4 agrega 0.6	İnce agrega $\leq 3.0$ İri agrega $\leq 5.0$	✓
Yassılık indisi, %	-	4-11.2 agrega 11.5 11.2-22.4 agrega 2.2	$\leq 25.0$	✓

Agreganın Los Angeles metodu ile aşınma direnci tayininde 100 devir sonrası aşınma kaybının en çok %10, 500 devir sonrası ise %50 olması önerilmektedir (Şimşek, 2013). Her agrega grubundan 3'er numune alınarak gerçekleştirilen deneylerde agregaların aşınma kaybı 100 devir için %5; 500 devir sonrası ise % 20.7 olarak gerçekleşmiştir. Agregaların aşınma direnci, agrega tanelerinin kırılabilirliği ve sertliği, süreksizlik düzlemleri, minerallerin kenetlenmesi ile taneler arası bağın mukavemetini yansıtmaktadır (Fokes, 1980). Bu değerlere göre (Tablo 4) bazalt agregaları, aşınmaya karşı dayanıklıdır (Tablo 4).

Soğuk iklimlerde üretilen betonun donma etkisi ile yüzeyinin soğumaması ve bir bütün olarak betonun parçalanmaması istenir. Betonun dona dayanıklılığında agrega önemli rol oynar. Bu nedenle donma etkisinde kalacak betonlarda kullanılacak agreganın da dona dayanıklı olması istenir. Çalışmada kullanılan iri agreganın sodyum sülfat ile dona dayanıklılık deneyi sonucunda kaybı % 5.1'dir. Limit değer % 12 olduğu göz önüne alınırsa, bazalt agregaları dona karşı dayanıklıdır (Tablo 4).

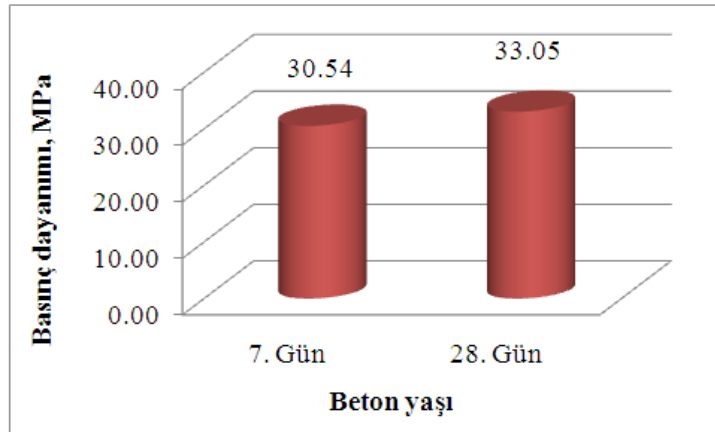
**Tablo 4. Agregaların Aşınma Kaybı ve Dona Dayanıklılık Değerleri**

Deneyle	İri agreg	Limit	Uygunluk durumu
Los Angeles Aşınma kaybı, %	100 devir 5.0	≤10.0	√
	500 devir 20.7	≤50.0	√
Dona dayanıklılık kaybı, % (Sodyum sülfat ile)	5.1	≤12.0	√

### Taze ve Sertleşmiş Beton Özellikleri

Bazalt agregası ile üretilen taze betonların çökme değeri 15 cm olarak ölçülmüştür. Elde edilen değere göre taze betonun kıvam sınıfı S3 olup, TS EN 206:2013+A1 (2017)'e göre etkin vibrasyon uygulayabilen profesyonel şantiyelerde kullanılan beton grubunda yer almaktadır.

Sertleşmiş betonların 7 günlük basınç dayanımları incelendiğinde minimum değerin 29.25 MPa, maksimum değerin 31.45 MPa olduğu belirlenmiştir. 28 günlük basınç dayanımları incelendiğinde ise minimum değerin 32.77 MPa, maksimum değerin 33.42 MPa olduğu tespit edilmiştir. Standart hata 7 günlük basınç dayanımı değerleri için 0.468, 28 günlük basınç dayanımı değerleri için 0.136 hesaplanmıştır. Deriner Barajı gövde kazısı sırasında çıkan agregalar ile yapılan betonların ortalama basınç dayanımları Şekil 3'de görülmektedir. TS EN 206:2013+A1 (2017)'e göre C25/30 sınıfı betonun 28 günlük küp basınç dayanımı minimum 30 MPa olmalıdır. Bu bağlamda, çalışmada kullanılan agregalar ile üretilen betonun hedef dayanımı sağladığı tespit edilmiştir.

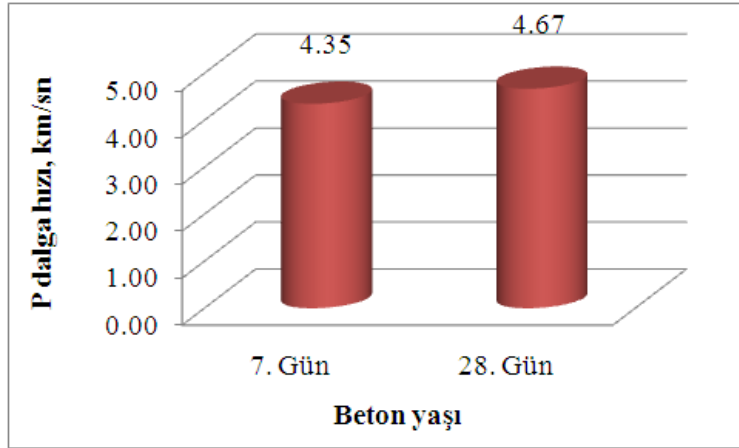


**Şekil 3. Ortalama Basınç Dayanımı değerleri**

Beton niteliğinin doğrudan titreşim hızlarından belirlenmesine yönelik yaklaşım International Atomic Energy Agency (2002) el kitabında verilmiştir (Tablo 5). Ultrasonik P- dalga hızı yöntemi ucuz, hasarsız, kolay ve güvenilir olması nedeniyle hem laboratuvar hem de arazi koşullarında beton ve kayaç numunelerinin mekanik (dayanım) özelliklerini değerlendirmek için maden, inşaat ve geoteknik mühendisliğinde son yıllarda kullanılan en yaygın tekniklerden birisidir (Kesimal & Yılmaz, 2017). Buna göre Deriner Barajı gövde kazısı sırasında çıkan agregalarla üretilen betonlarda 7 günlük ses hızı değerleri iyi sınıfta yer alırken, 28 günlük ses hızı değerleri ise mükemmel sınıfta yer almaktadır.

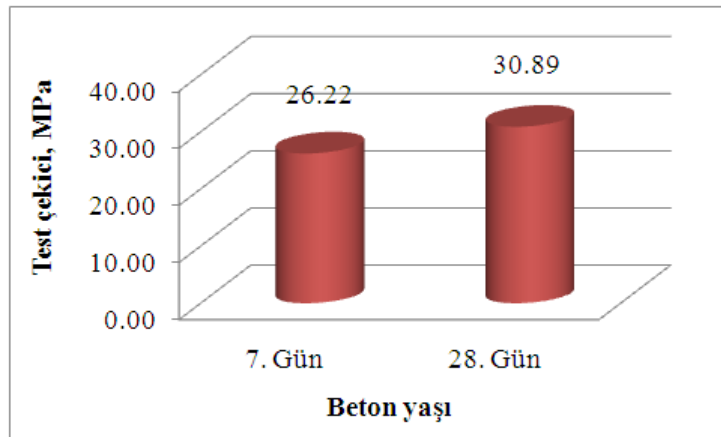
**Tablo 5. Beton kalitesinin P dalga hızına bağlı sınıflaması**

Beton kalitesi	P dalgahızı (km/sn)
Mükemmel	≥4.5
İyi	3.5-4.5
Şüpheli	3.0-3.5
Zayıf	2.0-3.0
Çok zayıf	0-2.0



Şekil 4. Ortalama P dalgası hızı değerleri

Yüzey sertliği ile yaklaşık basınç dayanımı tayininde vuruş enerjisi 0.225 kJ olan N tipi beton test çekici kullanılmıştır. Bir çok araştırmacıya göre, betonun tek eksenli dayanımı ve çekiç geri tepme numarası arasında genel bir korelasyon vardır. Çeşitli numunelerden tahmin edilen tek eksenli mukavemet farklılığı yaklaşık olarak % 20'dir (Şimşek, 2013). Bu çalışmada, test çekici ile yapılan tahribatsız 7 günlük deney sonuçlarında %14, 28 günlük deney sonuçlarında ise üretilen betonların basınç dayanımlarına göre %10 yanılma payı bulunmuştur. Elde edilen test çekici değerleri şekil 5'de görülmektedir.



Şekil 5. Ortalama test çekici değerleri

## SONUÇ VE ÖNERİLER

Deriner Barajı inşası gövde kazısı sırasında çıkan bazalt agreganın kırmataş olarak beton üretiminde kullanılabilirliğinin araştırıldığı bu çalışmada elde edilen sonuçlar şunlardır:

- Araştırmada kullanılan agregaların tane dağılımı, kil toprakları ve ufalanabilir tanelerin miktarı, yassılık indisi, yoğunlukları ve su emme oranları beton üretimi için uygundur.
- Agregaların aşınma kaybı (500 devir) %20.7 olarak gerçekleşmiştir. Bu değerlere göre bazalt agregaları, aşınmaya karşı dayanıklıdır.
- Agreganın sodyum sülfat ile donma dayanıklılık tayini %5.1 olup, agregaların donma-çözülme direnci bakımından her türlü beton yapımına uygun olduklarının bir göstergesidir.
- 7 günlük basınç dayanımları incelendiğinde ortalama basınç dayanımı 30 MPa, 28 günlük basınç dayanımları incelendiğinde ortalama basınç dayanımının 33 MPa olduğu görülmektedir. Literatürle karşılaştırıldığında Deriner Barajı gövde kazısı sırasında çıkan agregalar ile yapılan betonlarda istenilen hedef dayanımlara ulaşıldığı görülmüştür.
- Betonların 7 günlük ses hızı değerleri iyi sınıfta yer alırken, 28 günlük ses hızı değerleri ise mükemmel sınıfta yer almaktadır.
- Test çekici ile yapılan tahribatsız 7 günlük deney sonuçlarında %14, 28 günlük deney sonuçlarında ise üretilen betonların basınç dayanımlarına göre %10 yanılma payı bulunmuştur.

Sonuç olarak, Deriner baraj inşası gövde kazısından elde edilen malzemelerin bazalt kırmataş agrega olarak beton üretiminde uygun olduğu kanaatine varılmıştır. Ayrıca, bu agrega ile üretilen betonların aşınma, donma-çözünme, yüksek sıcaklık etkilerine karşı dayanıklılığının da ilerleyen çalışmalarda araştırılması önerilmektedir.

### KAYNAKLAR

- American Society for Testing and Materials. (1975). *ASTM C 131 Standard test method for resistance to degradation of small-size coarse aggregate by abrasion and impact in the los angeles machine.*
- American Society for Testing and Materials. (2013). *ASTM C 88 Standard test method for soundness of aggregates by use of sodium sulfate or magnesium sulfate.*
- American Society for Testing and Materials. (2002). *ASTM C 597 Standard test method for pulse velocity through concrete.*
- Baradan, B., Türkeli S., Yazıcı, H., Ün, H., Yiğiter, H., Felekoğlu, B., Tosun, K., Aydın, S., Yardımcı, M.Y., Topal, A., Öztürk, A. U. (2012). *Beton.* İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları No:334.
- Binici, H., Çağatay, İ.H., Kaplan, H.(2000). Değişik faktörlerin beton mukevemetine etkisinin deneysel olarak incelenmesi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi* 6 (2-3), 203-209.
- Çağlayan, M., Haberveren, S. & İpekoğlu, B., Kurşun, İ. (1999). Beton yapımında kullanılan agregaların özellikleri ve örnek bir kuruluş "İSTON". Proceedings from: 2. *Ulusal Kırmataş Sempozyumu.* İzmir.
- Devlet Su İşleri (2017). *Deriner Barajı ve HES*, Retrieved from <http://www.dsi.gov.tr/projeler/deriner-barajı>
- Fookes P.G. (1980). An introduction to the influence of natural aggregates on the performance and durability of concrete, *Quarterly Journal of Engineering Geology* 123, 207-229.
- German Institute for Standardization. (1978). *DIN 1048 überwachung imbeton-und stahlbetonbau, deutsches institüt für normung.*
- Güçlüer, K., Günaydın, O., Tekin, Ö. F., Şahan, M. F. (2017). Farklı tipte agrega kullanımının betonun mekanik özelliklerine etkisinin araştırılması. *Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi* 6 (1), 107-114.
- International Atomic Energy Agency (2002). *Guide book on non-destructive testing of concrete structure, training course series.*
- Kesimal, A., Yılmaz, T. (2017). *Ultrasonik P-dalga hızı deneyi* [PDF document]. Retrieved from Lecture Notes Online Web site: [www.ktu.edu.tr/dosyalar/maden\\_98c1f.pdf](http://www.ktu.edu.tr/dosyalar/maden_98c1f.pdf)
- Neville, A.M. (1981). *Properties Of Concrete (3th ed)*, Longman Scientific and Technical.
- Özturan T., Çeçen, C. (1997). Effect of coarse aggregate type on mechanical properties of concretes with different strengths. *Cement and Concrete Research*, 27(2) 165-170.
- Şaşmaz, Ç. & Tekin, İ. (2015). Effect of concrete components on fresh and hardened self compacting concrete properties, Proceedings from: *2nd International Sustainable Buildings Symposium.* Ankara.
- Şimşek, O. (2013). *Beton Bileşenleri ve Beton Deneyleri*, Ankara: Seçkin Yayıncılık.
- Tasong, W.S. Lynsdale, C.J ., Cripps, J.C. (1998). Aggregate-cement paste interface II: influence of aggregate physical properties, *Cement and Concrete Research* 28(10), 1453-1465.
- Türk Standartları Enstitüsü. (2010). *TS EN 12350-2 Beton-taze beton deneyleri- bölüm 2: çökme (slump) deneyi.* Ankara.
- Türk Standartları Enstitüsü. (2010). *TS EN 12390-3 Beton- sertleşmiş beton deneyleri-bölüm 3: deney numunelerinde basınç dayanımının tayini.* Ankara.
- Türk Standartları Enstitüsü. (2012). *TS EN 933-1 Agregaların geometrik özellikleri için deneyler bölüm 1: tane büyüklüğü dağılımı tayini- eleme metodu.* Ankara.
- Türk Standartları Enstitüsü. (2012). *TS EN 933-3 Agregaların geometrik özellikleri için deneyler - bölüm 3: tane şekli tayini - yassılık endeksi.* Ankara.
- Türk Standartları Enstitüsü. (2013). *TS EN 1097-6 Agregaların mekanik ve fiziksel özellikleri için deneyler bölüm 6: Tane yoğunluğu ve su emme oranının tayini.* Ankara.
- Türk Standartları Enstitüsü. (2016). *TS 802 Beton karışım tasarımı hesap esasları.* Ankara.
- Türk Standartları Enstitüsü. (2017). *TS EN 206:2013+A1 Beton- özellik, performans, imalat ve uygunluk.* Ankara.