



Kahramanmaraş Sütçü İmam University

Journal of Engineering Sciences



Geliş Tarihi : 03.03.2022
Kabul Tarihi : 08.09.2022

Received Date : 03.03.2022
Accepted Date : 08.09.2022

ELBİSTAN BÖLGESİNDEN ELDE EDİLEN AGREGALARIN MÜHENDİSLİK ÖZELLİKLERİ VE BETON ÜRETİMİNDE KULLANILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

INVESTIGATION OF THE ENGINEERING PROPERTIES OF AGGREGATE OBTAINED IN ELBİSTAN REGION AND USABILITY IN CONCRETE PRODUCTION

Ela Bahşude GÖRÜR AVŞAROĞLU^{1} (ORCID: 0000-0001-9373-1192)*
Mustafa EKEN² (ORCID: 0000-0002-7559-876X)
Emre ESER,³(ORCID: 0000-0001-6944-7765)

¹ Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu, İnşaat Bölümü Kahramanmaraş, Türkiye

²İstiklal Üniversitesi, Elbistan Meslek Yüksek Okulu, İnşaat Bölümü, Elbistan, Kahramanmaraş, Türkiye

³Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Malzeme Bilimi ve Mühendisliği A. B. D., Kahramanmaraş, Türkiye

*Sorumlu Yazar / Corresponding Author: Ela Bahşude GÖRÜR AVŞAROĞLU, ela_gorur@hotmail.com

ÖZET

Beton tüm dünyada yaygın olarak kullanılan kompozit bir yapı malzemesi olarak adlandırılmaktadır. Betonun hacimsel olarak % 75 gibi yüksek bir oranını temsil eden malzeme ise agregalardır. Agregalar betonun kimyasal, fiziksel ve mekanik özelliklerini direkt olarak etkileyen malzemelerdir. Bu çalışmada Elbistan bölgesinde mevcut bulunan 3 farklı agrega ocağından elde edilen agregaların beton üretiminde kullanılabilirliği incelenmiştir. Agregalar üzerinde birim hacim ağırlığı, özgül ağırlık deneyi, su emme oranları, metilen mavisi deneyi, organik madde oranı tayini, parçalanma miktarının tayini, elek analizi ve donma çözülme etkisine karşı dayanımları deneysel olarak uygulanmıştır. Ayrıca agregaların beton üretiminde kullanılabilirliğini belirlemek amacıyla 350 kg/dm³ çimento dozajında beton numuneler üretilmiştir. Üretilen beton numunelerin 7, 28 ve 90 gün sonunda beton deneyleri gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda elde edilen veriler agrega ocaklarında çıkarılan agregaların TS 706 EN 12620+A1 (2009) standartı içerisinde kabul edilebilir sınır şartları sağladığı ve bu agregaların beton üretiminde kullanılabilirliğini ortaya koymuştur.

Anahtar Kelimeler: Agregalar, mühendislik özellikleri, beton üretimi, Elbistan

ABSTRACT

Concrete is called a composite building material that is widely used all over the world. Aggregates are the material that represents a high proportion of concrete as 75% by volume. Aggregates are materials that directly affect the chemical, physical and mechanical properties of concrete. In this study, the usability of aggregates obtained from 3 different aggregate quarries in Elbistan region in concrete production was investigated. Unit volume weight, specific gravity test, water absorption rates, methylene blue test, determination of organic matter ratio, determination of the amount of disintegration, sieve analysis and resistance to freeze-thaw effect were applied on the aggregates experimentally. In addition, concrete samples were produced at a cement dosage of 350 kg/dm³ in order to determine the usability of aggregates in concrete production. Concrete tests were carried out at the end of 7, 28 and 90 days of the produced concrete samples. The data obtained as a result of the study revealed that the aggregates extracted from the aggregate quarries provide acceptable boundary conditions within the TS 706 EN 12620+A1 (2009) standard and that these aggregates can be used in concrete production.

Keywords: Aggregate, engineering properties, concrete production, Elbistan

ToCite: GÖRÜR AVŞAROĞLU, E.B., & EKEN, M., & ESER, E., (2022). ELBİSTAN BÖLGESİNDE ELDE EDİLEN AGREGALARIN MÜHENDİSLİK ÖZELLİKLERİ ve BETON ÜRETİMİNDE KULLANILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 25(4), 503-515.

GİRİŞ

Hızlı nüfus artışı, sürekli gelişen sanayi, ulaşım yapıları gibi alanlardaki ihtiyaçları karşılamak için inşaat sektöründeki gereksinimler her geçen gün artmaktadır. Bu ihtiyaçların karşılanmasında beton en önemli yapı malzemesi grubundadır. Betonun oluşturan malzeme grupları içerisinde %75'lik pay ile en büyük orana sahip agregalar stratejik öneme sahip malzeme olarak tanımlanmaktadır (Şengül, Taşdemir, Kuruç, & Yüceer 2003). Beton agregaları çimento, su ve katkı maddeleri ile bir araya getirilen betonun iskeletini oluşturan yapı malzemeleridir. Sertleşmiş betonun hacim olarak %60-70'ini agregaya, geri kalan %30'luk oranı ise çimento ve hava oluşturmaktadır. Agregaları bir arada tutan ve bağlayıcı olarak kullanılan malzeme ise çimentodur. Çimento hamuruna agreganın dolgu maddesi olarak eklenmesi betonun ekonomik hale getirmede en önemli faktördür. Ayrıca agreganın çimentoya göre daha kolay elde edilmesi, ucuz olması, aşınmaya karşı daha dayanıklı olması, kimyasal etkilere karşı dayanıklı olması vb. özelliklere sahip olması agreganın beton üretiminde ne kadar önemli olduğu bir kez daha göstermektedir (Güner & Sümee., 2001). Agregaların sahip olduğu bazı özellikler betonun işlenebilirlik oranını, dayanımını ve dayanıklılığını etkilemektedir. Özellikle belirlenen kalitede beton elde etmek için, üretimde kullanılması planlanan agregaların fiziksel, mekanik ve kimyasal özelliklerinin analiz edilmesi gerekmektedir.

Dünya genelinde beton tüketim miktarının 2012 verilerine göre 10 milyar metreküp miktarını aştığı bilinmektedir (Miller, Horvath, & Monteiro, 2016). Bu tüketim miktarı giderek artmakta ve 2050 yılı için 18 milyar ton tahmini verilerine ulaşılacağı ifade edilmektedir (Aprianti, 2017). Agregaların beton üretiminde ekonomik olması ve yüksek dayanıma sahip olması ile en çok kullanılan malzeme durumunda bulunması beton üretimi için tedarik sorunu oluşturacağı düşünülmektedir. Bu sebepten dolayı farklı türdeki ve kaynaktaki agregaların beton üretiminde kullanımının araştırılması elzemdir. Bu amaçla farklı agregaların beton üretiminde kullanımının araştırılması ile ilgili çeşitli çalışmalar mevcuttur. Agregalar elde edilmiş şekillerine göre üç gruba ayrılmaktadır. Bu agregalar; doğal, yapay ve geri kazanılmış agregalar olarak adlandırılmaktadır. Nehir, deniz, çöl, dere ve taş ocaklarından elde edilen agregalar türüne doğal agregalar, yüksek fırın cürufu gibi sanayi yan ürünü olarak elde edilen agregalar türüne yapay agregalar, daha önce herhangi bir yapı grubunda kullanılmış olup bazı işlemlerden geçerek yeniden kullanılan agregalar türüne ise geri kazanılmış agregalar olarak adlandırılmaktadır (Özkul, Taşdemir, Tokyay, & Uyan, 1999). Doğal agregaların kaynaklarının zaman geçtikçe azalması, doğal çevrenin bozulma sürecine girmesi, agregaların talebinin artması ile yükselen beton maliyetleri geri kazanılmış agregaların değerlendirilmesinin önemini ortaya çıkarmaktadır (Durmuş, Şimşek, & Dayı, 2008). Literatürde geri kazanılmış agregalar ile ilgili farklı çalışmalar mevcuttur. Bir çalışmada traverten atıklarının beton agregası olarak kullanılabilirliği ve bu atıklar ile beton üretiminin gerçekleşmesi amaçlanmıştır. Üretilen beton numuneleri üzerinde mekanik ve geçirimsizlik deneyleri uygulanmıştır. Çalışma sonucunda traverten atıklarının beton üretiminde kullanılabilirliği ifade edilmiştir (Kızıltepe & Şahin, 2021). Farklı bir çalışmada ise, geri dönüştürülmüş beton ve tuğla agregalarının beton üretiminde kullanılması araştırılmıştır. Bu agregalar ile üretilen beton numuneleri üzerinde fiziksel ve mekanik deneyler uygulanmıştır. Sonuç olarak, bu iki atık malzemenin beton üretiminde agregalar olarak kullanılacağı belirtilmiştir (Aydın, Çelik, & Güneş, 2021). Yapılan farklı bir çalışmada ise, Kahramanmaraş ve çevresindeki kireçtaşlarının mühendislik özellikleri ve agregalar olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır. K. Maraş ve çevresinde 5 farklı kireçtaşı seçilmiş ve bu kireçtaşlarının petrografik özellikleri, fiziksel ve mekanik özellikleri araştırılmıştır. Çalışma sonucunda, elde edilen veriler kireçtaşlarının beton agregası olarak kullanılabilmesini ortaya çıkarmıştır (Özbek, 2016). Bir başka çalışmada araştırmacılar belirledikleri karışım oranlarına göre farklı türdeki agregaların beton üretiminde kullanılabilirliğini araştırmışlardır. Ürettikleri beton numunelerin basınç dayanım değerlerine göre değerlendirdiklerinde kireçtaşı ve diyabaz agregaları ile ürettikleri beton numunelerinin, granit ve dere agregası ile ürettikleri beton numunelerinden daha yüksek basınç dayanım değerine ulaştıklarını ifade etmişlerdir (Aitcin & Mehta, 1990). Araştırmacılar tarafından kalker ve metagabro agregaları kullanılarak yüksek dayanımlı beton üretimi amaçlanmıştır. Çalışma neticesinde hem metagabro hem de kalker tipi agregalar ile normal agregalara kıyasla yüksek dayanımlı beton üretiminin gerçekleştirilebileceği ek olarak da kalker tipi agregalar ile üretilen beton numunelerinin basınç dayanımları % 15'e yakın daha yüksek basınç dayanım değeri elde edilebileceğini ifade etmişlerdir (Atabey, Çelikten, & Yurt, 2020). Farklı bir çalışmada, Isparta ili sınırları içerisinde bulunan Atabey, Gümüşgün, Güneykent, Kılıç ve Merkez bölgelerinden temin edilen beş farklı agregalar ocağından çıkarılan agregaların beton üretiminde kullanılabilirliği araştırılmıştır. Araştırmacılar agregalara ait fiziksel ve mekanik özellikler sonrasında belirledikleri karışım oranları ile beton numuneleri üretmişlerdir. Elde edilen deneysel veriler ile Atabey bölgesinden temin edilen agregalar ile üretilen beton numunelerinin en yüksek basınç dayanım değerine ulaştığı ve beton üretiminde kullanılması için gerekli özellikleri taşıdığını ifade etmişlerdir (Çomak, Kadayıfçı, & Morova, 2010). Bir diğer çalışmada, Adıyaman bölgesinden dört farklı ocaktan temin edilen agregalar ile beton üretimi gerçekleştirilmiş ve üretilen beton örneklerinin tahribatlı/tahribatsız yöntemlerle uygunlukları belirlenmiştir. Çalışma sonucunda dört farklı ocaktan alınan agregalar ile standartlara uygun beton üretiminin gerçekleştirildiği ve beton

üretiminde kullanılacağı belirtilmiştir (Güçlüer, Günaydın, Tekin, & Şahan, 2017). Farklı bir çalışmada, Elâzığ ili Maden ilçesinde bulunan doğal bazalt kayalarının agrega olarak kullanılabilmesi ve beton üretiminde değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bazalt agregaları ile üretilen beton örneklerinin ısı iletkenlik değerleri, mekanik özellikleri ve mikroorganizmalara karşı davranışları incelenmiştir. Çalışma neticesinde bazalt agregası ile üretilen beton numunelerinin normal mukavemete sahip olduğu, *Clastridium* bakterilerine karşı dirençli olduğu ve yalıtım özelliği taşıdığı ifade edilmiştir (Orhan, Ak, Erensoy, & Çek, 2020). Bir farklı çalışmada Afyonkarahisar ili Emirdağ-Adaçal bölgesinden temin edilen kireçtaşlarının fiziksel, mekanik ve petrografik özellikleri incelenerek beton agregaları standardına uygunluğu araştırılmıştır. Çalışma neticesinde elde edilen deneysel veriler bu bölgeden temin edilen kireçtaşlarının beton üretiminde agrega olarak kullanılabilmesi kanısına varmıştır (Yılmaz, Koltka, & Sabah, 2011). Yapılan farklı çalışmada bir grup bilim adamı Kahramanmaraş doğal agregalarının mühendislik özelliklerini incelemiştir. Deneysel veriler neticesinde agregaların düzenli granülometriye sahip olduğu ve donma-çözülme direncine karşı dayanıklı olduğunu belirtmişlerdir (Temiz, Binici, Bodur, & Kara, 2006). Bu çalışmada araştırmacılar Kütahya ili Ilıca bölgesine ait olan bazaltlardan üretilen kırmataş agregalarının beton agregası standardına uygunluğu incelemiştir. Elde edilen agregaların petrografik, mineralojik, kimyasal, fiziksel ve mekanik özelliklerini belirlemiştir. Deneysel verilerden elde edilen rapor doğrultusunda bu bölgeden temin edilen agregaların standartlara uygun olduğu ve beton üretiminde agrega olarak kullanılabilirliği tespitinde bulunmuşlardır (Çelik & Şahbaz, 2016).

TS 706 EN 12620+A1(2009) standardına göre ise betonda kullanılan agrega türü üçe ayrılmaktadır. Bunlar ince, iri ve tüvenan agrega olarak adlandırılmaktadır. İnce agrega; doğal, kırma kum ya da bu iki malzemenin karışımından meydana gelen 4 mm'lik elekten geçebilen malzeme grubuna, iri agrega; çakıl, kırmataş ya da bu iki malzeme karışımından meydana gelen 4 mm'lik elek üstünde kalan malzeme grubuna ve tüvenan agrega ise; agrega ocaklarında eleme işlemine tabi tutulmuş ya da tutulmamış ince ve iri agrega karışımına denilmektedir (Caymaz, 2009). Agregaya temini, genellikle akarsu, dere ve taş ocaklarından yapılmaktadır. Özellikle son yıllarda çevre kanunlarının yürürlüğe girmesi ile akarsu yataklarından agrega temini azalma eğilimi göstermektedir. Bu nedenle taş ocaklarından agrega temini büyük önem teşkil etmektedir.

Standartlara uygun beton üretimi için uygun agrega kullanımı kaçınılmaz bir gerekliliktir. Agregaların sertliği, özgül ağırlığı, dayanımı, beton kalitesinin etkilemektedir (Yılmaz & Arıoğlu, 2006). İlgili standartlarda belirtilen özelliklere göre beton üretiminde kullanılan agregalar; basınç dayanımı yüksek, aşınmaya karşı dirençli, boşluk içermeyen, sert, çimento ile reaksiyon göstermeyen, donatıda korozyon riski taşımayan, içerisinde yabancı madde miktarı taşımayan özellikte olmalıdırlar (Mehta & Monteiro, 2006; Erdoğan, 2003). Beton agregalarının özellikleri TS 706 EN 12620+A1 (2009) standardında belirlenmiştir.

Bu çalışmada Elbistan bölgesinde bulunan ocaklardan elde edilen agregaların mühendislik özellikleri ile bu agregalardan oluşturulan betonların basınç dayanımları test edilerek beton teknolojisinde kullanılabilirlikleri ile ilgili standartlarda verilen değerler karşılaştırılmıştır.

MATERYAL VE METOD

Materyal

Bu çalışmada, bağlayıcı malzeme olarak TS EN 197- 1 (2012) standardına uygun CEM I 42,5 R tipi çimento kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan çimentoya ait fiziksel ve kimyasal özellikler Tablo 1 ve 2'de verilmiştir.

Tablo 1. Çimentonun Kimyasal Bileşimi

Oksit	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	K ₂ O	Diğer
Oran (%)	18,97	3,85	4,28	63,80	3,45	2,52	0,32	2,81

Tablo 2. Çimentonun Fiziksel Özellikleri

Fiziksel Özellikler		Sonuçlar
Özgül ağırlık	g/cm ³	3,09
Priz süresi	Priz başlangıcı (dk.)	125
	Priz bitişi (dk.)	190
İncelik	cm ² /g	3420
K. kaybı	%	2,81

Metod

Çalışmada kullanılan agrega numuneleri Elbistan bölgesinde bulunan üç farklı taş ocağından temin edilmiştir. Agrega numuneleri ocaklardan TS EN 932-1(1997)' de verilen yöntemle uygun bir şekilde temin edilmiş, TS EN 932-2 (1999)'e uygun çeyrekleme yöntemiyle eksiltilmiş ve yaklaşık 50 kg örnek üzerinde agrega deneyleri yapılmıştır. Ocak 1, Ocak 2 ve Ocak 3 ten alınan numuneler İstiklal Üniversitesi Elbistan MYO İnşaat Bölüm laboratuvarına getirilmiştir.

Deneysel Çalışma

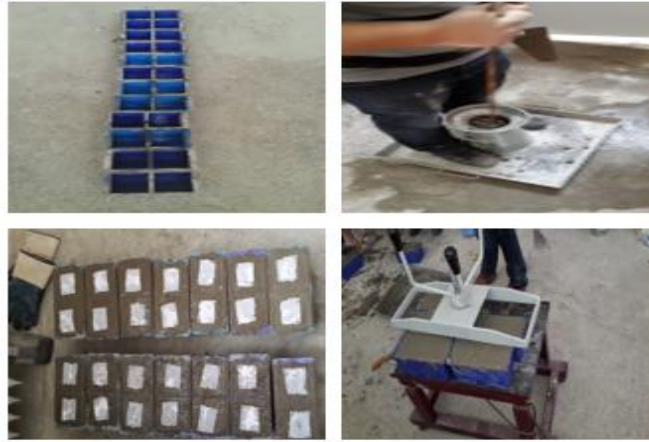
Bu numuneler üzerinde; Elek analizi; agrega yığınları içerisinde bulunan tanelerin dizilişlerini TS EN 933-1(2012), standardına uygun olarak belirlemek amacıyla yapılır. Tane şekli sınıfı; Agregaların sahip oldukları tane şekli ile ilgilidir ve betonların işlenebilirlik özelliklerini etkileyen önemli bir parametredir. Agrega tane şekli TS EN 933-3 (2009) standardına uygun olarak yapılmıştır. Sıkışık birim ağırlık ve gevşek birim ağırlık; Agregaların sıkışık ve gevşek birim ağırlık olarak kaplayacağı hacimsel alanı saptamak için TS EN 1097-3(1999) standardına uygun olarak saptamak için yapılmaktadır. Özgül ağırlık; Agregaların hacimsel olarak hesaplandığı ağırlığıdır. Bu deney yöntemi ile çalışmada kullanılacak agregaların kökeni ve beton karışım hesabında kullanılma oranı tayin edilir. Deney TS EN 1097-6(2013)'ya uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Su emme oranı; Agregaların su emme miktarı TS EN 1097-6 (2013) standardına uygun olarak belirlenmesiyle beton karışımında kullanılacak su miktarı oranı tayin edilir. Agreganın su emme miktarının belirlenmesi Su/Çimento oranını doğrudan etkiler ve betonun slump değerinin belirlenmesinde önemli bir pay sahibidir. Hafif madde tayini; agrega taneleri içerisinde kendisinden daha düşük yoğunlukta olan maddelerin TS 3528 (2017) standardına uygun olarak belirlenme yöntemidir. Agrega içerisinde hafif madde oranının fazla miktarda bulunmaması betonun dayanım ve dayanıklılık özellikleri açısından önemlidir. Organik madde tayini; bu deney yöntemi ile agrega içerisinde zararlı olarak kabul edilebilecek madde oranının tayini TS EN 1744-1+A1(2013) standardına uygun olarak yapılmaktadır. Hazırlanan çözelti ile yapılan renklendirme agrega içerisinde bulunan organik madde hakkında bilgi vermektedir. Parçalanma tayini; agregaların dinamik darbe yöntemi ile parçalanma direnç tayini TS EN 1097-2(2020), standardına uygun olarak belirlenme yöntemidir. Parçalanma direncine karşı gösterilen direnç agregaların sert, dayanıklı olduğunu göstermekte ve bu agregalarla üretilen betonların da mekanik özelliklerinin iyileşmesinde katkı sağladığı bilinmektedir. Dona dayanıklılık; agregaların dona karşı dayanıklılık deneyi TS EN 1367-2(2010) standardı baz alınarak uygulanmıştır. Soğuk iklim bölgelerinde kullanılacak betonlar için üretimde kullanılacak agregaların dona karşı dayanıklı olması istenmektedir. İnce madde tayini; TS EN 933-10(2010) standardında verilen bilgilere göre 0,063 mm'den küçük olan malzemelere ince madde denilmektedir. Bu maddelerin çok fazla olması istenmemektedir. Aksi takdirde ince madde oranı yüksek agregalarla üretilen betonların dayanım ve dayanıklılık özellikleri düşük çıkmaktadır. Bu çalışmada yapılan deneyler standartlara uygun olarak gerçekleştirilmiştir.

Çalışmada Elbistan bölgesinde çıkarılan (Şekil 1) ve 3 farklı ocaktan çıkarılan agregalar ile üretilen beton numuneler TS EN 12390-2 (2019)'da verilen talimatlara uygun olarak hazırlanmıştır. Beton tasarımı TS 802 (2016) standardına uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Beton karışımına katılacak tüm malzemeler hassas terazi ile tartılarak karışıma hazır hale getirilmiştir. Agregalar belirlenen granülometri eğrilerine göre boyutlara ayrılmış biçimde eklenmiştir. Uygun granülometri özellikle betonun boşluk oranı, geçirimsizliği ve ekonomik olması ile yakından ilgilidir. Agrega granülometrisin de ince agrega ya da iri agreganın fazla oranda kullanılması betonun boşluk miktarını dolayısıyla da geçirimsizliği artırır ve çimento miktarının fazla kullanılması sonucu ile ekonomik beton üretimi gerçekleşmez. Çalışmada çimento dozajı 350 kg/m³ olarak belirlenmiştir. Ayrıca hapsolmuş hava miktarı oranı da TS 802 (2016) standardına uygun olarak hesaplanmıştır. Üretilen betonlar 10x10x10 cm boyutlarındaki

plastik kaplara konulmuş ve numunelerde boşluk oluşmaması için laboratuvar tipi vibratör ile sıkıştırma yapılmıştır. Laboratuvar şartlarında 24 saat bekletilen numuneler plastik kaplardan çıkarıldıktan sonra ± 23 °C'deki kür havuzunda bekletilmiştir. Her gruba ait numuneler deney gününden önce çıkarılıp laboratuvar şartlarında bekletilmiştir. Taze betonun işlenebilme özelliğinin belirlenebilmesi için slump deneyi yapılmış ve değerler kaydedilmiştir. Farklı ocaklardan alınan agregalarla beton üretim aşamaları Şekil 2'de gösterilmiştir. 1 m³ Beton Karışımı İçin Malzeme Miktarları Tablo 3'te verilmektedir.



Şekil 1. Agrega Temin Edilen Ocaktan Görünüm (Çiçek Mahallesi / Nurhak Yolu Üzeri 3. Km / Kurtluburun Mevkii)



Şekil 2. Farklı Ocaklardan Alınan Agregalarla Beton Üretim Aşamaları

Tablo 3. 1m³ Beton Karışımı İçin Malzeme Miktarları (kg/m³)

Agrega	İnce agrega (0-5mm)	Orta agrega (5-12mm)	İri agrega (12-22mm)	Çimento (kg)	Su (kg)	Hava (%)
Ocak-1	658	615	422	362	185	23
Ocak-2	689	675	329	362	185	23
Ocak-3	748	863	279	362	185	23

Beton numuneler için basınç dayanım deneyleri, üretilen 10x10x10 cm ebatlarında olan 7, 28 ve 90 gün süre ile kür edilen 3' er adet numune üzerinde TS EN 12390-3 (2019) standardına uygun bir şekilde uygulanmıştır. Her bir ocaktan alınan agregat numune grubu için 3 farklı kütleme zamanına ait 9'ar adet küp numuneler üzerinde beton basınç dayanımı deneyi gerçekleştirilmiştir.

BULGULAR ve TARTIŞMA***Agregaların Kimyasal Özellikleri***

Çalışmada Ocak 1, Ocak2 ve Ocak 3'e ait agrega örneklerin kimyasal bileşimlerini belirlemek amacıyla farklı alanlardan örnekler alınmış ve bu örnekler üzerinde ICP-AES yöntemi ile kimyasal analizler gerçekleştirilmiştir. Analiz sonucunda elde edilen ana oksitler Tablo 4'te verilmiştir. Tabloda görüldüğü gibi agrega örnekleri % 64-71 oranlarında CaO içermektedir. SiO₂ miktarı her üç ocakta da %16 civarındadır. MgO miktarı %2 ile %2,2 arasında, Fe₂O₃ oranı %0,1 ile %3 arasında değişim göstermektedir.

Kimyasal özellikleri bakımından ocaklardan alınan agregaların yüksek oranda içerdiği CaO bu agregaların betonda kullanılabilirlik performansını artırmaktadır (Zarif et al., 2003).

Tablo 4. Agregalara Ait Kimyasal Özellikler

Agrega	Ocak-1	Ocak-2	Ocak-3
CaO	64,12	65,46	71,41
MgO	2,13	2,012	2,2
Fe ₂ O ₃	0,16	0,1	0,39
Al ₂ O ₃	0,335	0,2236	1,206
SiO ₂	16,24	16,82	16,19
K ₂ O	4,5	4,7	4,19
Na ₂ O	2,3	2,6	2,8
TiO ₂	0,0182	0,013	0,0184
SO ₃	0,24	0,3	0,18
Klorür (Cl)	0,002	0,0025	0,0018
BaO	0,09	0,085	0,07
SrO	0,025	0,026	0,021
ZrO ₂	0,017	0,015	0,011
Çözünmeyen Kalıntı	9,8	7,6	1,3

Agregaların Fiziksel Özellikleri

Elbistan yöresinde üç farklı ocaktan temin edilen agrega numunelerine ait fiziksel özellikleri ile ilgili yapılan deneyler neticesinde ortaya çıkan sonuçlar Tablo 5'te verilmektedir.

Tablo 5. Agregalara Ait Fiziksel Özellikleri ile İlgili Yapılan Deney Sonuçları

Deney Adı		Ocak 1	Ocak 2	Ocak 3	Sınır Değerler	İlgili Standart
Birim Ağırlık(g/cm ³)	Sıkışık	1,78	1,79	1,85	1,5-1,9	TS EN 1097-3 (1999)
	Gevşek	1,59	1,61	1,70		
Görünen Özgül Ağırlık	İnce agrega	2,66	2,66	2,69	2,4-2,8	TS EN 1097-6 (2013)
	İri agrega	2,72	2,73	2,76		
DKY Özgül Ağırlık	İnce Agregası	2,70	2,70	2,74	2,4-2,8	TS EN 1097-6 (2013)
	İri Agregası	2,76	2,76	2,79		
Su Emme Oranı	İnce agrega	1,13	1,07	0,96	Max %10	TS EN 1097-6 (2013)
	İri agrega	0,48	0,68	0,33		
MgSO ₄ ile	16/31.5 mm	3,2	3,1	3	Max % 18	TS EN 1367-2 (2010)
Don Kaybı Oranı	8/16mm	3,8	3,9	3,5		
	4/8mm	4,1	4,3	4		

Los Angeles Parçalanma Kaybı Oranı (%)	100 devir sonunda	7,08	7,10	5,78	Max % 10	TS EN 1097-2 (2020)
	500 devir sonunda	22,65	22,69	21,10	Max % 50	
Tane Şekli Sınıfı Oranı	16/31.5mm	2	8	23	Max % 55	TS EN 933-3 (2012)
	8/16mm	5	29	39		
	4/8mm	4	25	36		
İnce madde oranı		3,5	3,2	3,3	Max % 4,0	TS EN 933-10 (2010)
Hafif madde oranı		0,25	0,33	0,36	Max % 0,5	TS 3528 (2017)
Organik madde durumu		1-2	1-2	1-2	0-1 Çok İyi 1-2 İyi 2-3 Orta 3-4 Fena 4-5 Çok Fena	TS EN 1744-1+A1 (2013)

Çalışmada kullanılan agregaların birim ağırlıkları incelendiğinde; Ocak-1'den alınan numunelerin sıkışık ağırlığı $1,78 \text{ g/cm}^3$, gevşek ağırlığı $1,59 \text{ g/cm}^3$ değerlerde, Ocak-2'den alınan numunelerin sıkışık ağırlığı $1,79 \text{ g/cm}^3$, gevşek ağırlığı $1,61 \text{ g/cm}^3$ değerlerinde, Ocak-3'ten alınan numunelerin sıkışık ağırlığı $1,85 \text{ g/cm}^3$, gevşek ağırlığı $1,70 \text{ g/cm}^3$ değerleri elde edilmiştir. Agregaların gevşek birim ağırlığı agreganın tane şekli ve agrega yoğunluğu ile ilgilidir. Agregada bulunan kusurlu tane miktarının fazla olması boşluk miktarının artmasına ve gevşek birim ağırlığın düşmesine neden olmaktadır. Bu durum betonun boşluklu olmasına dolayısı ile de dayanımının düşmesine sebep olur (Çelik & Şahbaz, 2017). Çalışmada kullanılan agregaların gevşek ve sıkışık birim hacim değerleri TS EN 1097-3(1999) standartlara uygun olduğu ve beton üretiminde kullanılabilirliği ifade edilmiştir.

Agregaların özgül ağırlıkları kayaçların sahip olduğu mineral içerikleri ile alakalıdır. Agreganın kökeninin içeriğinde ağır minerallerin bulunması özgül ağırlığın yüksek olmasının bir göstergesi olarak kabul edilmektedir. Agreganın kalitesinin belirlenmesinde özgül ağırlık belirleyici bir ölçüt değildir. Ancak betonun mekanik özelliklerini belirlemede bağlantılı olduğu bilinmektedir (Usta, 2012). Bu çalışmada kullanılan agregaların özgül ağırlık deney verileri incelendiğinde; TS EN 1097-6(2013) standardına uygun bir şekilde deney gerçekleştirilmiş ve üç farklı ocaktan alınan numunelerin beton üretiminde olması gereken sınır değerlere ($2,4-2,8 \text{ g/cm}^3$) uygun olduğu görülmüştür.

Su emme değerleri agregaların fiziksel özellikleri, basınç dayanımı, donma-çözülme gibi durabilite özelliklerinin belirlenmesinde ve direnç göstermesinde önemli bir etkiye sahiptir (Çelik & Şahbaz, 2017). Ocaklardan alınan agrega numunelerinin su emme değerleri incelendiğinde Ocak-1 ince agrega %1,13 iri agrega %0,48, Ocak-2 ince agrega %1,07 iri agrega %0,68, Ocak-3 ince agrega %0,96 iri agrega %0,33 değerleri elde edilmiştir. Deney verilerinin su emme değerlerinin standartta belirtilen sınır değerlere uygun olduğu görülmektedir. Malzemelerin özgül ağırlığı ile su emme değeri arasında doğrusal-ters bir bağlantı vardır (Gezer, Şişman, & Kurç, 2016). Özgül ağırlığın artması malzemenin boşluk oranının azaldığının gösterir. Malzemenin özgül ağırlığı arttıkça su emme oranı da düşecektir (Aydın, Evcim, & Başpınar, 2014).

Üç ocaktan alınan agrega örneklerinin donma çözünme dayanımlarını belirlemek amacıyla çabuklaştırılmış deney yöntemi olan magnezyum sülfat deneyi TS EN 1367-2(2010)'e göre yapılmış ve 4/8 mm, 8/16 mm ve 16/31.5 mm agregalar üzerinde yapılarak bulunan sonuçların ortalaması alınmış ve bulunan sonuçlar tabloda gösterilmiştir. Ocak-1 16/31,5 mm %3,2, 8/16 mm için %3,8 ve 4/8mm %4,1, Ocak-2 16/31,5 mm %3,1, 8/16 mm için %3,9 ve 4/8mm %4,3, Ocak-3 16/31,5 mm %3, 8/16 mm için %3,5 ve 4/8mm %4 değerleri elde edilmiştir. Elde edilen değerlerin standardına uygun olarak %18'in altında kaldığı belirlenmiştir. Agreganın yapısının az gözenekli olması su emme oranının azalmasına ve bu sebepten dolayı donma çözünme etkisi ile agreganın tahribatının azalmasına neden olmaktadır (Yılmaz vd., 2011). Bu sebeple su emme oranı en düşük olan Ocak 3 agregasının donma çözünme dayanımı daha yüksek çıkmıştır.

Los Angeles deney cihazı ile agregaların parçalanma mukavemetleri saptanmıştır. Ocak-1'den elde edilen agregaların 100 devir sonunda %7,08, 500 devir sonunda %22,65, Ocak-2'den elde edilen agregaların 100 devir sonunda %7,10, 500 devir sonunda %22,69, Ocak-3'den elde edilen agregaların 100 devir sonunda %5,78 500 devir sonunda %21,10 aşınma kaybı değerleri elde edilmiştir. Bu değerler TS EN 1097-2 (2020) standardının öngördüğü 100 devir ve 500 devir için verilen maksimum %10 ve %50 aşınma değerlerinin çok altında kaldığını göstermektedir. Kılıç & Kahraman (2017) yaptıkları çalışmada Los Angeles aşınma direnciyle basınç dayanımı arasında ters ilişki olduğunu göstermişlerdir. Yapılan çalışmada da en yüksek dayanıma sahip olan Ocak 3'te aşınma oranı en düşüktür. Bunun da agreganın kimyasal yapısıyla alakalı olduğunu söyleyebiliriz.

Agrega tanelerinin sahip olduğu şekil üretilen taze betonun işlenebilirlik özelliğini etkilemektedir. Agregalar için yassılık indeksi tane büyüklüğü 4-80 mm arası agregalar için belirlenmesi gereken bir özelliktir. Yassılık indeksi tayini için denet TS EN 933-3(2012)'e göre yapılmış ve deney sonunda bulunan değerleri standartta belirtilen sınır değerlerin altında olduğu görülmüştür. Bu nedenle 3 ocaktan çıkan agrega örneklerinin beton üretiminde kullanımının uygun olduğu belirlenmiştir.

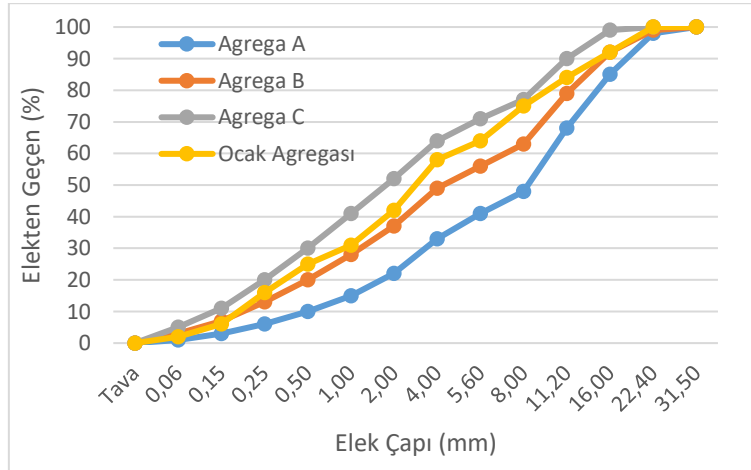
Farklı ocaklardan alınan numunelerde ince madde oranı Ocak-1'de %3,5, Ocak-2'de %3,2 ve Ocak-3'de %3,3 değerleri TS EN 933-10 (2010)'da belirtilen %4 ün altında çıkmıştır.

Ocaklardan alınan örneklerde en yüksek hafif madde %0,36 ile Ocak 3 numunelerinde, en düşük hafif madde ise %0,25 ile Ocak 1'den alınan numunelerde gözlemlenmiştir. Bu değerler TS 3528 (2017) de belirtilen %0,5'ten düşük olduğu için her 3 ocaktan alınan agregaların betonda kullanımında bir sıkıntı bulunmamaktadır.

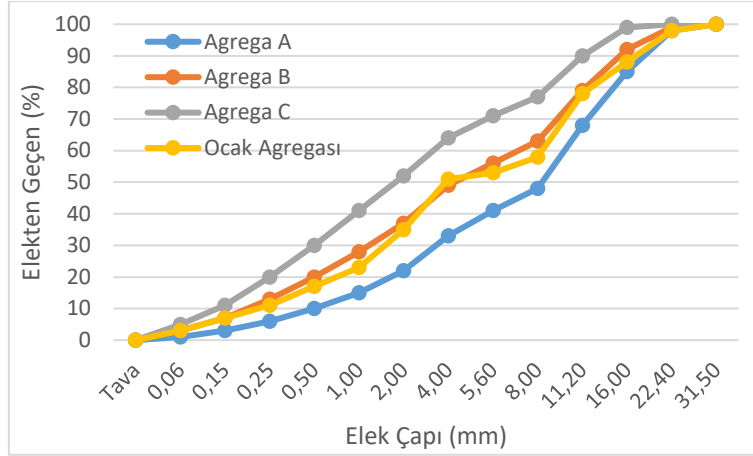
Agrega numunelerinde TS EN 1744-1+A1 (2013)'e göre sodyum hidroksit çözeltisi ile yapılan deneylerde çözelti rengi her 3 numune içinde 1-2 referans renk aralığında (açık sarı) bulunmuştur. Bu sonuç örneklerde zararlı denecek oranda organik madde bulunmadığı ve her türlü beton-betonarme elemanlarda güvenle kullanılabilceği anlamına gelmektedir.

Agregaların Granülometrik Dağılımı

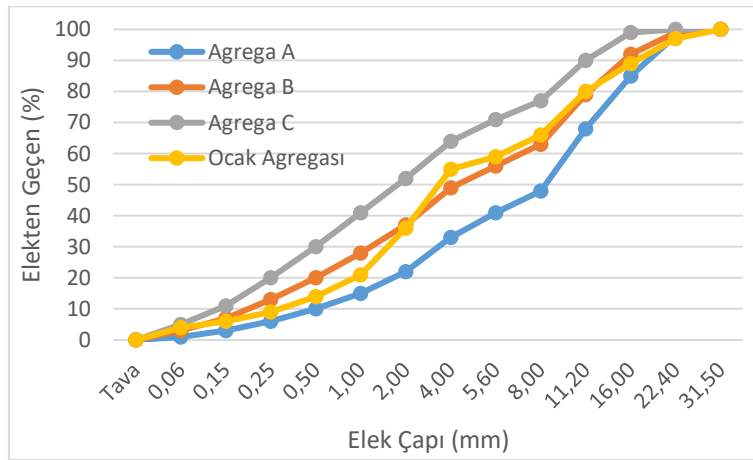
Ocak 1, Ocak 2 ve Ocak 3'ten alınan agrega örneklerine ait granülometri eğrileri Şekil 3, 4 ve 5'te görülmektedir.



Şekil 3. Ocak 1 Agregasına Ait Granülometri Eğrisi



Şekil 4. Ocak 2 Agregasına Ait Granülometri Eğrisi



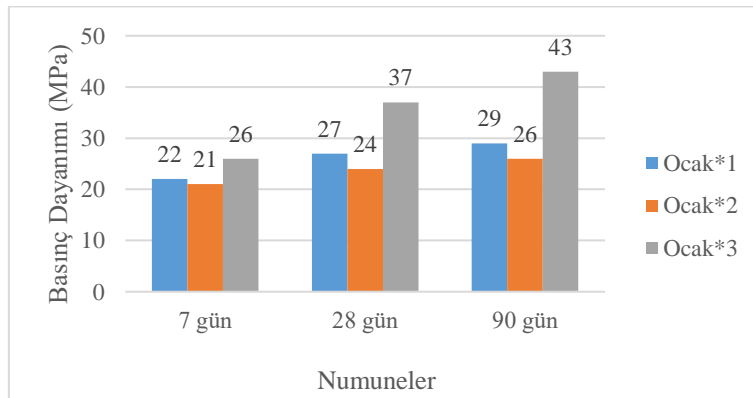
Şekil 5. Ocak 3 Agregasına Ait Granülometri Eğrisi

Şekil 3, 4 ve 5'te görülen eğriler, her ocaktan alınan agrega örneğine ait üç adet analizin ortalama değerleri alınarak elde edilmiştir. Tüm örneklerin dane dağılımlarının referans eğrileri ile sınırlanan uygun alanda ve sürekli olduğu görülmüştür TS 706 EN 12620+A1 (2009).

Tüm bu deney sonuçları dikkate alındığında; Elbistan bölgesinde bulunan üç farklı ocaktan alınan agrega numunelerinin TS 706 EN 12620+A1(2009) standardında belirtilen özelliklere sahip olduğu ve bu ocakta üretilen agregaların beton agregası olarak kullanılabilceği tespit edilmiştir.

Basınç Dayanım Bulguları

Üç farklı ocaktan alınan agrega örnekleriyle üretilen beton örneklerde basınç dayanım değerleri 7, 28, ve 90 günlük standart kür koşullarına maruz kaldıktan sonra tespit edilmiş olup, elde edilen sonuçlar Şekil 6'da verilmiştir.



Şekil 6. 7, 28 ve 90 Gün Küre Tabi Tutulan Beton Örneklerin Basınç Dayanımı Ölçüm Değerleri

Agregaların sağlam ve ekonomik olmaları beton yapımında kullanılmalarının en önemli amaçlarından birini taşımaktadırlar. Agregaların sahip olduğu özellikler betonun fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesinde önemli bir etki göstermektedir (Arslan & Demir, 2006). Beton basınç dayanımına tabi tutulduğunda çatlak ilerlemesinin agrega-çimento yüzeyindeki bağ çatlaklarından başladığı düşünüldüğünde agrega granülometrisinin, agrega yapısının, agrega özgül ağırlığı vb. özelliklerin basınç dayanımının belirlenmesinde etkilidir (Chen & Lui, 2004). Şekil 6'da verilen beton basınç dayanım değerleri dikkate alındığında standartlarda belirtilen 25 MPa nihai basınç dayanımı ocakların tümünden elde edilen agregalar ile üretilen beton numunelerin sağladığı görülmektedir. Kütleme süresinin beton basınç dayanım değerleri ile doğru orantılı olduğu görülmektedir. Ocak 1'den alınan numunelerin 7 gün sonunda basınç dayanımı 22 MPa, 28 gün sonunda 27 MPa ve 90 gün sonunda ise 29 MPa olarak tespit edilmiştir. Ocak 2'den alınan numunelerin 7 günlük kür sonunda basınç dayanımı 21 MPa, 28 günlük kür sonunda 24 MPa ve 90 günlük kür sonunda 26 MPa olarak tespit edilmiştir. Ocak 3'den alınan numunelerin 7 gün sonunda basınç dayanımı 26 MPa, 28 gün sonunda 37 MPa ve 90 gün sonunda 43 MPa basınç dayanım değeri elde edilmiştir. Elde edilen verilere göre en yüksek basınç dayanım değerine Ocak 3'den alınan agregalarla üretilen beton numunelerinden elde edilmiştir. Bu durumu agreganın sahip olduğu mekanik ve fiziksel özelliklerine bağlamak mümkündür. Ocak 3'ten alınan agreganın özgül ağırlığının yüksek olması, Los Angeles aşınma oranının düşük olması ile açıklanabilir (Kılıç ve Kahraman, 2017). Aynı zamanda CaO içeriğinin yüksek olması basınç dayanım değeri üzerine olumlu etkide bulunmuştur (Zarif, Tuğrul, & Dursun, 2003).

SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmada Elbistan bölgesinde beton üretiminde kullanılan üç farklı agrega ocağından alınan agrega numuneleri ile agrega deneyleri yapılmış, agregalara ait mekanik ve fiziksel özellikler tespit edilmiş, üç değişik agrega ocağının agregaları hakkında yorum yapılmıştır. Bu agrega ocaklarından temin edilen agregalar ile laboratuvar ortamında betonlar üretilmiştir. Temin edilen agregalar üzerinde yapılan deney sonuçlarına göre,

- Fiziksel özellikler incelendiğinde,

Her üç ocaktan alınan agrega örneklerinin birim ağırlık değerlerine bakıldığında agregaların sıkışık ve gevşek birim ağırlıklarının standartta verilen değerlerin altında kaldığı görülmektedir.

Ocaklardan alınan agregaların özgül ağırlık değeri incelendiğinde bu değerlerin standartta verilen ($2,4-2,8 \text{ g/cm}^3$) değerine uygun olduğu ve agregaların kaliteli olduğu görülmektedir.

Ocaklardan alınan örneklerin su emme değerleri standarda uygundur.

Her üç ocaktan alınan agrega örneklerinin don kaybı oranları standartta verilen max. % 18 değerinin altında kaldığı ve betonda kullanımında sakınca olmadığı görülmektedir.

Ocaklardan alınan agrega örneklerinin Los Angeles parçalanma kaybı oranları incelendiğinde her üç ocaktan alınan agregaların 100 devir aşınma sonunda kaybının %10'un altında, 500 devir aşınma sonucunda ise kaybının %50 altında olduğu görülmektedir.

Agrega örneklerinin ince ve hafif madde miktarlarına bakıldığında standartta verilen değerlerin altında malzeme içerdikleri görülmektedir.

Ocaklardan alınan agrega örneklerine ait organik madde sonuçlarına bakıldığında zararlı denecek oranda organik madde bulunmadığı görülmektedir.

- Beton deneylerinden mekanik özellikleri incelendiğinde ise,

Her üç ocaktan alınan agregalar ile üretilen beton örneklerinin 7., 28. ve 90. Günlük basınç dayanım değerleri standartta verilen talimatlara uygun değerler çıkmıştır.

Agrega örneklerinin granülometri eğrileri incelendiğinde,

Her üç ocağa ait agrega örneklerinin granülometri eğrisinin standartta verilen sınır değerler içerisinde kaldığı ve kusurlu tane içermediği gözlenmektedir.

KAYNAKLAR

- Aitcin, P. C., & Mehta, P. K. (1990). Effect of coarse aggregate characteristics on mechanical properties of high strength concrete. *ACI Mater J*, 87(2), 103–7. [https://doi.org/10.1016/S0008-8846\(01\)00588-9](https://doi.org/10.1016/S0008-8846(01)00588-9)
- Aprianti, E. (2017). A huge number of artificial waste material can be supplementary cementitious material (scm) for concrete production – a review part II. *Journal of Cleaner Production*, 142(4), 4178-4194. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.12.115>
- Arslan, M., & Demir, İ. (2006). Kırşehir yöresi kırmataşlarının beton agregası olarak kullanılabilirliği. *J. Fac. Eng. Arch. Gazi Univ.*, 21 (3), 489-497.
- Atabey, İ. İ., Çelikten, S., & Yurt, Ü. (2020). Farklı mineral katkılı yüksek dayanımlı betonlarda metagabro agregalarının kullanılabilirliğinin araştırılması. *Academic Platform Journal of Engineering and Science*, 8(3), 514-522. <https://doi.org/10.21541/apjes.708245>
- Aydın, A., Evcin, A., & Başpınar, S. (2014). Kâğıt fabrikası atığının alçı panellerin fiziksel özelliklerine etkisi. *Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 10(2), 19-26.
- Aydın Ş., Çelik, G. A., & Güneş, İ. (2021). Geri dönüştürülmüş beton ve tuğla agregalarının beton üretiminde kullanılabilirliğinin araştırılması. *Yer Altı Kaynakları Dergisi* 10(20), 11-22.
- Caymaz, M. (2009). Baritin beton agregası olarak kullanılabilirliği ve kalker ile dere malzemesi agregalarıyla karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Maden Mühendisliği Anabilim Dalı Konya, 96s.
- Chen, B. & Liu, J. (2004). Effect of aggregate on the fracture behavior of high strength concrete. *Construction and Building Materials*, 18(8), 585-590. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2004.04.013>
- Çelik, M. Y., & Şahbaz, A. (2017). Ilica (Kütahya) bazaltının beton agregası olarak kullanılabilirliğinin araştırılması. *Politeknik Dergisi*, 20(4), 887-898. <https://doi.org/10.2339/politeknik.369061>
- Çomak, B., Kadayıfçı, A., & Morova, N. (2010). Isparta yöresinde çıkarılan bazı agregaların mühendislik özellikleri ve betonda kullanımının araştırılması. *Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 14(3), 279-284.
- Durmuş, G., Şimşek, O., & Dayı, M. (2008). Geri dönüşümlü iri agregaların beton özelliklerine etkisi. *Gazi Üniversitesi Müh. Mim. Fak Dergisi*, 24(1), 183-189.
- Erdoğan, T. (2003). Beton. *Metu Press*, Ankara.
- Gezer, E., Şişman, C. B., & Kurç, H. C. (2016). Tuğla kırıklarının betonun dayanım özellikleri üzerine olan etkisinin belirlenmesi. *Bilimsel Araştırma Projesi Sonuç Raporu*, Namık Kemal Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi.
- Güçlüer, K., Günaydın O., Tekin, F. Ö., & Şahan F. M. (2017). Farklı tipte agrega kullanımının betonun mekanik özelliklerine etkisinin araştırılması. *Ömer Halisdemir University Journal of Engineering Sciences*, 6(1), 107-114. <https://doi.org/10.28948/ngumuh.297962>
- Güner M. S., & Süme, V. (2001). Yapı malzemesi ve beton, *Aktif Yayınevi*, İstanbul, 336 s.
- Kılıç, A. M., & Kahraman, E. (2017). Çukurova Bölgesi kireçtaşlarının los angeles aşınma direnci ile fiziko-mekanik özellikleri arasındaki ilişkinin incelenmesi. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Dergisi*, 32(4), 31-38. <https://doi.org/10.21605/cukurovaummfd.371033>
- Kızıltepe, U., & Şahin, Y. (2021). Traverten artıklarının beton agregası olarak kullanılabilirliğinin araştırılması. *Fırat Üniversitesi Müh. Bil. Dergisi*, 33(2), 413-420. <https://doi.org/10.35234/fumbd.850026>
- Mehta, P. K., & Monteiro J. M. P. (2006). Concrete. *Microstructure-Properties and Materials*, Mc Graw Hill, (3rd ed.).
- Miller, S. A., Horvath, A., & Monteiro, P. J. M. (2016). Readily implementable techniques can cut annual CO₂ emissions from the production of concrete by over 20%. *Environmental Research Letters*, 11(7), 074029.

- Orhan A., Ak, N., Erensoy, A., & Çek, N. (2020). Betonda bazalt agreganın kullanımı ve özellikleri. *European Journal of Science and Technology*, (19), 524-532. <https://doi.org/10.31590/ejosat.735019>
- Özbek, A. (2016). Kahramanmaraş ve çevresindeki kireçtaşlarının mühendislik özellikleri ve agrega olarak kullanılabilirliği. *KSU Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 19(3), 146-156.
- Özkul, H., Taşdemir, M. A., Tokyay, M., & Uyan, M.(1999). Her yönüyle beton. *Türkiye Hazır Beton Birliği*, İstanbul.
- Şengül, Ö., Taşdemir, C., Koruç, Ş., & Yüceer Z. (2003). Agrega türünün farklı beton sınıflarının aşınma dayanımına etkisi. 5. Ulusal Beton Kongresi, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası, (pp, 525–534). İstanbul.
- Temiz, H., Binici, H., Bodur, M. N., & Kara, O. (2006). Kahramanmaraş doğal agregalarının mühendislik özellikleri. *KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi*, 9(2), 61-65.
- TS 706 EN 12620+A1, (2009). Beton agregaları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS 802, (2016). Beton karışım tasarımı hesap esasları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 197–1, (2012). Çimentoların bileşim, özellikler ve uygunluk kriterleri, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 932-1, (1997). Agregaların genel özellikleri için deneyler-Kısım 1 numune alma metotları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 932-2, (1999). Agregaların genel özellikleri için deneyler Bölüm 2: Laboratuvar numunelerin azaltılması metodu, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 933-1, (2012). Agregaların geometrik özellikleri için deneyler Bölüm1: Tane büyüklüğü dağılımı tayini-Elleme metodu, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 933-3, (2012). Agregaların geometrik özellikleri için deneyler Bölüm3: Tane şeklinin tayini-yassılık indeksi, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 933-10, (2010). Agregaların geometrik özellikleri için deneyler Bölüm10: İnce malzeme tayini-İnce dolgu malzemelerinin tane büyüklüğüne göre sınıflandırılması (hava jetiyle eleme), Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 1097-2, (2020). Agregaların mekanik ve fiziksel özellikleri için deneyler Bölüm 2 : Parçalanma direncinin tayini için metotlar, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 1097-3 (1999). Beton agregalarının birim ağırlıklarının tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 1097-6, (2013). Agregaların mekanik ve eksik özellikleri için deneyler Bölüm 6: Taneleri ve su emme öğretim tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 1367-2, (2010). Agregaların termal ve bozunma özellikleri için deneyler- Bölüm 2: Magnezyum Sülfat Deneyi, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS 3528, (2017). Agrega- betonda kullanılan hafif madde tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 1744-1+A1, (2013). Agregaların kimyasal özellikleri için deneyler- Bölüm 1: Kimyasal analiz, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 12390-2, (2019). Beton – sertleşmiş beton deneyleri- Bölüm 2: Dayanım deneylerinde kullanılacak deney numunelerinin hazırlanması ve küre tabii tutulması, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 12390-3, (2019). Beton – sertleşmiş beton deneyleri- Bölüm 3: Deney numunelerinde basınç dayanımının tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Usta, S. (2012). Agrega granülometrisinin beton bileşimindeki teorik malzeme miktarları ile betonun kompozite ve porozite değerleri üzerindeki etkilerinin incelenmesi. *Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 8(1), 1-15.
- Yılmaz, F., Koltka, S., & Sabah, E. (2011). Emirdağ-Adaçal (Afyonkarahisar) kireçtaşlarının beton agregaları standardına uygunluğunun araştırılması. *Afyon Kocatepe University Journal of Sciences*, 11(1), 1-12.

Yılmaz, A. O., & Arioğlu, E. (2006). Taşocağında üretim maliyetlerinin matematiksel modelinin oluşturulması ve örnek uygulama. IV. Ulusal Kırmataş Sempozyumu, (pp, 265-276). İstanbul.

Zarif, İ. H., Tuğrul, A., & Dursun, G. (2003). İstanbul'daki kireçtaşlarının agrega kalitesi yönünden değerlendirilmesi. *İstanbul Üniversitesi Müh. Fak. Yerbilimleri Dergisi*, 16(2), 61-70.