



Alınış tarihi (Received): 22.04.2022

Kabul tarihi (Accepted): 30.05.2022

Bolu Eskiçağa Bölgesinden Elde Edilen Agreganın Temel Özelliklerinin Araştırılması ve Beton Üretim Uygulamaları

Bahattin ÖZTOPRAK^{1,*}

¹Yenicaya Yasar Celik Vocational School, Bolu Abant İzzet Baysal University, Bolu, 14300, Türkiye

*Sorumlu yazar: E-mail (bahattin.oztoprak@ibu.edu.tr)

ÖZET: Bu çalışmanın amacı, Bolu Eskiçağa bölgesinden elde edilen agregaların özelliklerini detaylıca karakterize etmek ve bu agreganın geleneksel beton üretimindeki kullanım potansiyelini belirlemektir. Bu amaçla, agreganın temel karakteristik özellikleri (fiziksel, kimyasal, tane büyüklük dağılım özellikleri, yassılık indeksi, şekil indeksi, parçalanma direnci, malzeme içeriği, tane yoğunluğu, su emme oranı, agregaya yığın yoğunluğu, petrografik ve elek analizleri vb.) araştırılmıştır. Ayrıca, elde edilen agregalar kullanılarak C25/30 sınıfı ve C30/37 sınıfı beton örnekleri üretilmiş ve beton örneklerinin 7 ve 28 günlük basınç dayanım testleri yapılmıştır. Agreganın analiz sonuçları, agreganın beton üretimi için uygun ve gerekli özelliklere sahip olduğunu göstermiştir. Üretilen beton örnekleri basınç dayanımı test sonuçları, en yüksek basınç dayanım değeri ($45,44 \pm 0,20$ N/mm²) 28 günlük C30/37 sınıfı beton örneğinde kaydedildiğini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler – Eskiçağa bölgesi, agreganın özellikleri, basınç dayanımı, görünür yoğunluk,

Investigation of Fundamental Properties of Aggregate Obtained from Bolu Eskiçağa Region and Its Concrete Production Applications

ABSTRACT: The aim of this study is to characterize the aggregates obtained from Bolu Eskiçağa region in detail and to determine the usage potential of this aggregate in traditional concrete production. With this purpose, the fundamental characteristics of the aggregate (physical, chemical, particle size distribution, flatness index, shape index, fragmentation resistance, material content, particle density, water absorption rate, aggregate bulk density, petrographic and sieve) were investigated. Furthermore, the obtained C25/30 class and C30/37 class concrete samples were produced using these aggregates and, 7 and 28-days compressive strength tests were performed on these concrete samples. Aggregate analysis results showed that the aggregate has appropriate and necessary properties for concrete production. The compressive strength test results of the produced concrete samples showed that the highest compressive strength value ($45,44 \pm 0,20$ N/mm²) was recorded in the 28-day C30/37 class concrete sample.

Keywords – Eskiçağa region, aggregate properties, compressive strength, apparent density,

1. Giriş

Beton, günlük hayatımızın hemen her yerinde karşımıza çıkan ve bina, köprü, yol, baraj gibi yapıların oluşturulmasında kullanılan bir yapı malzemesidir. Genel olarak çimento (% 7-15), su (% 14-18), ince agreganın (% 24-28), iri agreganın (% 30-50), mineral ve kimyasal katkı maddelerinden oluşmaktadır. Kimyasal katkı maddeleri, betonda çimento dozajının % 5'ini geçmeyecek şekilde olmalıdır (Akman, 1996). Betonda çimento ve su çimento hamurunu oluştururken, ince ve iri agreganın ise agreganın bileşimini ve betonun iskeletini oluşturmaktadır. Ayrıca betonda belirli bir miktarda (% 0,5-8) hava bulunmaktadır. Beton, kolayca şekillendirilebilen özelliğe sahip, dayanıklı, güvenli, ekonomik, kolay şekillendirilebilir, az bakım gerektiren, düşük enerji ile üretilen üretilimi ve estetik özelliklere sayesinde çok

tercih edilmektedir (Stroeven & Hu, 2006). Betonun faydalı özelliklere sahip olmasından dolayı birçok bilim adamı betonun temel özelliklerini geliştirmeye yönelik çalışmalar yapmıştır (Da Silva, Liborio, & Helene, 2008; Trejbal, Nezerka, Hluzek, & Prosek, 2019).

Agregalar doğada doğal (akarsu agregaları) olarak bulunmalarının yanı sıra büyük taş parçalarının konkasörlerde kırılması sonucu da elde edilmektedir. Günümüzde beton üretiminde yalnız, agrega üretim tesislerinde konkasörlerle elde edilen kırma agregalar kullanılmaktadır. Agregalar beton üretiminde bağlayıcılar ile birlikte kullanılır ve beton hacminin yaklaşık % 70-75'ini oluştururlar. Bir başka deyişle betonlarda kullanılan ince ve iri agregalar ile çimento hamuru arasındaki bağların oluşması, betonun fiziksel, mekanik, sızma, kimyasal ve morfolojik özelliklerinde değişimlere sebep olmaktadır (Abdulrahman, Muhamad, Visintin, & Shuki, 2022; Abna & Mazloom, 2022; B. Liu, Zhang, Ye, Liu, & Deng, 2022; Y. Liu et al., 2020; Rajput & Pimplikar, 2022). Bunların yanı sıra, beton üretiminde kullanılan agrega tanelerinin geometrik şekilleri de betonun işlenebilirliğini ve mekanik özelliklerini etkilemektedir. Açılı agregalarla yapılan betonlarda su gereksinimi artar, ancak agrega taneleri ile çimento hamuru arasında nispeten daha iyi bir aderans elde edilir. Yeterli çimento hamurunun bulunmadığı karışımlarda, agrega yüzeyi çimento hamuru ile tam olarak sarılmamakta ve agregalarda sürtünme oluşturmaktadır. Köşeli agrega tanelerinde agrega yüzeyinin hacme oranı oldukça büyük olduğundan, agrega tanelerinin yüzeyini kaplamak için çok fazla çimento hamuruna gereksinim duyulmaktadır. Agregada geometrisindeki aşırı değişimler nedeniyle betonda iç gerilmeler oluşmakta ve bu da betonun mekanik özelliklerini olumsuz etkilemektedir (Topal, 2008). Çünkü kompozit malzemelerde bileşenlerin birbirleri ile olan uyumlu olması nihai malzemenin kalitesi açısından oldukça önemlidir. Bileşenlerin uyumluluğunun malzeme özelliklerine olan pozitif etkisi olduğunu inceleyen birçok çalışma literatürde yapılmıştır. (Abbaslou, Ghanizadeh, & Amlashi, 2016; Coppola, Lorenzi, Kara, & Garlati, 2017; Soykan, 2020, 2022).

Betonlarda daha iyi mekanik özellikler elde etmek için agreganın uzaysal geometrisi, çimento hamuru ile agregalar arasında nispeten daha güçlü etkileşimler oluşturması önemlidir. Halvaei vd. belirli ince agregalı betonun takviyesi olarak seçilen farklı şekil ve çekme dayanımlarına sahip akrilik liflerin betonun mekanik özellikleri üzerindeki etkisini araştırmak amacıyla optimum şekillere sahip akrilik liflerin kullanılmasıyla eğilme tokluğunun %20, çekme mukavemetinin ise %34 oranında arttığını belirlemişlerdir (Halvaei, Jamshidi, & Latifi, 2016). Agregada ve çimento hamuru arasında kimyasal bir bağ olduğundan, agreganın şeklinin yanı sıra agreganın mineralojik yapısı da oldukça önemlidir. Yani, agrega ile çimento hamuru arasındaki oluşan bağlar betonun mukavemetini de etkilemektedir. Burada, agregaların mineralojik içeriğinin, agregaların çıkarıldığı bölgeye büyük ölçüde bağlı olduğu da belirtilmelidir. Bu amaçla, agregaların bölgesi ve kaynağı, agreganın mineralojik içeriği betonların özelliklerini değiştirmektedir (Bhatt & Joshi, 2015; Tekin, Kotan, Yurdakul, & Oner, 2017).

Literatür bilgilerinden anlaşılacağı üzere, bir agreganın kaynağı, türü, çıkarıldığı yer, şekli ve mineralojik yapısı betonun birçok karakteristik özelliği üzerinde etkilidir. Bu çalışmada, Eskiçağa agrega üretim tesislerinden elde edilen agreganın fiziksel, kimyasal ve yapısal özellikleri ve beton üzerindeki etkileri araştırılarak beton üretiminde potansiyeli belirlenmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

Analiz edilen ve betonda kullanılacak agrega 2011 yılında faaliyetlerini sürdürmeye başlayan ve patlatma yöntemiyle çalışan Eskiçağa agrega üretim işletmesinden temin edilmiştir. Üretilen agrega malzemeleri konkasör ve eleme tesislerinde 0-5, 5-11,2 ve 11,2-22,4mm gruplara ayrılarak beton agregası olarak kullanılmaktadır. Beton üretimleri Eskiçağa Agrega Tesislerinden alınan agrega, Yeniçağa'daki özel bir beton santralinden alınan çimento, kimyasal katkı (Centro 614S) ve karışım suyu kullanılarak ilgili standartlara uygun bir şekilde Yeniçağa Yaşar Çelik Meslek Yüksekokulu beton laboratuvarında 1 m³ karışım için bulunan değerlerin 23 dm³'e göre ayarlanmasıyla laboratuvar tipi mikser kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Eskiçağa üretim tesisinden elde edilen agregaların bazı analizleriyle, çimento, su, katkı malzemelerinin fiziksel, kimyasal analizleri; Bolu Çimento Fabrikası, Türkiye Hazır Beton Birliği, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA) Laboratuvarında, bazı agrega ve beton deneyleri ise BAİBU Yeniçağa Yaşar Çelik Meslek Yüksekokulu beton laboratuvarında ilgili standartlar ışığında konvansiyonel deney yöntemleri kullanılarak yapılmıştır.

Agregalar ve çimento, beton laboratuvarındaki elektronik terazide tartılarak mikser alırken, tartılan su ve kimyasal birlikte karıştırılarak mikser boşaltılmıştır, ve homojen bir karışım elde edilinceye kadar mikser çalıştırılmıştır. Hazırlanan taze beton için çökme deneyleri yapılmış ve akabinde aynı taze beton prizma kalıba (150x150x150mm) iki hacimde sıkıştırılarak yerleştirilmiştir. Beton numuneler 1(bir) gün sonra kalıptan çıkarılarak kür havuzuna konulmuş 7 ve 28 günlük basınç testleri yapılmıştır. Beton örneklerinin üretilmesi sırasında kullanılan taze beton karışım değerleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Taze Beton Karışım Değerleri (kg/m³)

Table 1. Fresh Concrete Mixture Values (kg/m³)

	C25/30	C30/37
Çimento (42,5 R Bolu Çim)	320	360
Karışım Suyu	190	190
Kırma Kum	1002	984
No:1 Mıcır	206	202
No:2 Mıcır	654	642
Kim. Katkı (Grace 556)	0,32	0,36
Toplam	2372	2378

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Eskiçağa Bölgesinde Üretilen Agreganın Karakterizasyonu

Şekil 1 Eskiçağa bölgesindeki agrega üretim tesisinin harita lokasyonunu göstermektedir. Görüldüğü üzere bu bölge Eskiçağa'nın kuzey doğu bölgesinde Ankara-Zonguldak yolu üzerinde bulunmaktadır.



Şekil 1. Agreganın Elde Edildiği Bölgenin Harita Konumu

Figure 1. Map Location of the Region where Aggregate is Obtained

Agreganın kullanım potansiyelinin belirlenmesi için elde edilen agrega örnekleri detaylı şekilde karakterize edilmiştir. Agreganın kimyasal ve fiziksel özellikleri, tane büyüklük dağılımı, iri agrega için yassılık indeksi, iri agrega şekil indeksi, iri agregaların parçalanma direnci, çok ince malzeme muhtevası, tane yoğunluğu, su emme oranı, agrega yığın yoğunluğu, petrografik analiz sonuçları ve son olarak elek analiz sonuçları Çizelge 2-8 arasında ayrıntılı bir şekilde tablolar halinde verilmiştir.

Çizelge 2. Agregaların Kimyasal Özellikleri

Table 2. Chemical Properties of Aggregates

	Agrega Sınıfı	Bulunan (%)	Sınır Değerler (TS706 EN12620+A ₁)	Uygunluk
Klorürler*	0-5	0,0018	%0,2	Uygun
	5-11,2	0,0018	%0,2	Uygun
	11,2-22,4	0,0018	%0,2	Uygun
Asitte Çözülebilir Sülfat*	Kütlece (%)	Asitte Çözülebilir Sülfat Muhtevası
	Eser Miktarda	AS _{0,2}	%0,8	Uygun
Toplam Kükürt*	Eser Miktarda	--		Uygun

*Bu analizler TSEN 1744-1'e göre yapılmıştır.

Çizelge 2'de görüldüğü gibi agregaların kimyasal özellikleri standartlara uygundur. Agregalar üzerinde yapılan fiziksel analiz sonuçlarına bakıldığında (Çizelge 3), agreganın Angeles aşınma değeri sınır değerinin altında olduğundan agregaların aşınma direnci bakımından yeterli olduğu görülmektedir.

Ayrıca, iri agreganın magnezyum sülfat kullanılarak yapılan donma-çözülme deney sonuçlarının sınır değerlerinin çok altında olması (TS70 EN12620+A₁ de permiyen kireçtaşları, dolomitler ve karbonifer kumtaşları su emme oranları % 2'den daha yüksek olmasına karşın), yeterli donma-çözülme direncine sahip olabileceğini belirtilmesi (ince agrega su emme oranı % 2,25) agreganın dona karşı yeterli dayanıma sahip olduğunu göstermektedir.

Agrega örneğinin metilen mavisi değerinin ilgili standardın sınır değerinin altında olması ince agregaların kil içeriğinin betonun dayanım özelliklerini olumsuz etkileyecek oranlarda olmadığı saptanmıştır. Analiz edilen agrega örneğinin hacim kararlılığı ise % 0,028 olarak bulunmuştur, bu değer standardın üst sınırından (% 0,075) düşüktür. Dolayısıyla agreganın belirtilen özelliğinden dolayı betonda hasara yol açacak büzülme çatlaklarının oluşması mümkün görülmemektedir. Betonun dayanımını düşüren, priz süresini uzatan, çiçeklenmeye neden olabilen organik maddelerin deney agregalarında bulunmadığı tespit edilmiştir. Agregalarının petrografik analiz sonucuna göre % 100 kireçtaşı olduğu belirlenmiş olup kireçtaşlarının çimentoyla iyi bağ yapabilme özelliğine sahip olması (Baradan, 2006), yüksek dayanımları ve yoğunlukları, düşük porozite özellikleri ile iyi beton agregası (Carlos et al. 2010) olması beton agregalarında aranan özelliklerdir. Saf kireçtaşları alkali silis reaksiyonu (ASR) yönünden risk oluşturmadıklarından (Carlos et al, 2010), agreganın agregas-silika reaktifliği % 0,1 altında olması nedeniyle jel oluşması, fazla su emmesi, betonda çatlaklara neden olması ve durabiliteyi olumsuz etkilemesi söz konusu değildir. Beton agregalarının küp veya küreye yakın şekilli olmaları istenir. Yassı ya da uzun silindirik şeklinde olanlar betonun işlenebilirliğini azaltmakta ve kusurlu kabul edilmektedir. Kireçtaşlarının bir avantajı da kırıldıkları zaman yassı ve uzun parçalardan ziyade köşeli ve çoğunlukla küresel parçalar verme eğilimi göstermesidir (Bell, 2006).

Agrega dane büyüklüğü dağılım değerleri, iri agrega yassılık ve tane şekil indeksi değerleri sınır değerleri içinde (Çizelge 4-5) olduğundan agregaların tane şekli açısından beton üretimine uygun olduğu belirlenmiştir. Beton dayanımı açısından önemli olan agregas tane yoğunluğu değerleri (Çizelge 7) istenen değer aralığı içerisinde olup yeterli beton basınç dayanımını sağlayacak özelliklerdedir. Gevşek yığın yoğunluğu, agreganın yoğunluğu ve tane şekli ile ilişkilidir. Agregas içerisindeki kusurlu tane oranı boşluk oranını artırmakta, dolayısıyla gevşek yığın yoğunluğunu da azaltmaktadır. İri agregas yassılık ve tane şekil indeksi değerlerinden (Çizelge 5), gevşek yığın yoğunluğu (Çizelge 7) ve beton basınç değerleri (Çizelge 13) incelendiğinde; değerlerin uygun olduğu, dolayısıyla beton dayanımını olumsuz etkilemediği anlaşılmıştır.

İri agregaların su emme değerinin (Çizelge 7) % 1'in altında olmasına karşın ince agreganın su emmesi % 2,25 gibi yüksek değerdedir. İnce agreganın su emme değerinin yüksekliği bölgenin kireçtaşı özelliğinden kaynaklanmaktadır. İnce ve iri agregaların su emme değerleri % 1'in üzerinde olduğunda betonun dayanımını ve durabilitesini azaltmaktadır (Engidasew T. A. & Barbieri G). Ancak ince agreganın su emme değerinin betonun dayanımını olumsuz yönde etkilemediği gözlenmektedir. Yine de çok ince agregas miktarının (Çizelge 6) % 3'ten fazla (% 13,76) olması, ince agreganın (0-5) su emme değerinin % 2,25 olması, üretilecek betonda rötreye ve dayanım düşmesine neden olabileceği göz ardı edilmemelidir.

Çizelge 3. Agreganın Fiziksel Özellikleri**Table 3.** Physical Properties of Aggregates

Deney Adı	Değerler		Standart Metot	Sınır Değerler
İri Agregaların Parçalanma Direnci	Los Angeles Değeri	Los Angeles Katsayısı	TS EN 1097-2	TS EN 1097-2'e göre en fazla %50
	23,72	LA ₂₅		
İri Agregaların Donma Çözülme Etkisine Karşı Direnci	Donma- Çözülme (Kütlece Yüzde Kaybı %)	Kategori	TS EN 1367-2'ye göre Magnezyum sülfat kullanılarak yapılmıştır.	TS EN 1367-2'ye göre en fazla %27 ASTM C88'e göre en fazla %18'
	6,10	MS18		
Petrografik Analiz	Malzeme Cinsi	Miktarı (%)	TS EN 932-3	---
	Kireçtaşı Parçaları	100		
Metilen Mavisi Deneyi*	0,75g/Kg		TSEN 933-9	Max % 1,5 TSEN 933-9
Hacim Kararlılığı (Kuruma Büzülmesi)	0,028		TS EN 1367-4	Max % 0,075
Hafif Organik Kirleticilik Miktarı	Renksiz (Yok)		ASTM C-40	Renk Skalası
Alkali-Silika Reaktifliği (%)	0,0154		ASTM C 1260	Güvenli %0,1 altıŞüpheli%0,1-%0,2arasıTehlikeli %0,2 den büyük

*TS EN 933-9 standardına göre maksimum %1,5 olması gerekmekte olup sadece ince boyutlu (0-2 mm) agregalara yapılmıştır.

Çizelge 4. Agregata Tane Büyüklüğü Genel Özellikler**Table 4.** General Properties of Aggregate Grain Size

Agregata Sınıfları	Elekten Geçen Kütlece (%)					Katagori
	2D	1,4 D	D	d	d/2	
0-5	100	97,68	89,36	-	-	G _F 85
5-11,2	100	100	90,47	2,47	0,87	G _C 80/20
11,2-22,4	100	100	89,17	2,13	-	G _C 85/20

Çizelge 5. İri Agregata Tane Şekilleri
Table 5. Shapes of Coarse Aggregate

Agregata Sınıfı	İri Agregata Yassılık İndeksi		İri Agregata Şekil İndeksi	
	$F_1=(M/M_1)*100$ % (TS EN 933-3)	Yassılık İndeksi Sınıfı (TS706 EN12620+A ₁)	$F_1=(M_2/M_1)*100$ % (TS EN 933-4)	Şekil İndeksi Sınıfı (TS706 EN12620+A ₁)
05-11,2	15,74	F1 ₂₀	10,80	S1 ₁₅
11,2-22,4	16,42	F1 ₂₀	11,23	S1 ₁₅

Çizelge 6. Çok İnce Malzeme Muhtevası
Table 6. Very Fine Material Content

Agregata Sınıfı	0,063 mm Göz Açıklı Elekten Geçen %	Kategori	TS706 EN12620+A ₁ %
0-5	13,76	F16	10-16
5-11,2	0,87	F1,5	0-1,5
11,2-22,4	0,67	F1,5	0-1,5

Çizelge 7. Agregata Yığın Ve Tane Yoğunluğu ve Su Emme Oranı
Table 7. Aggregate Bulk and Particle Density and Water Absorption Rate

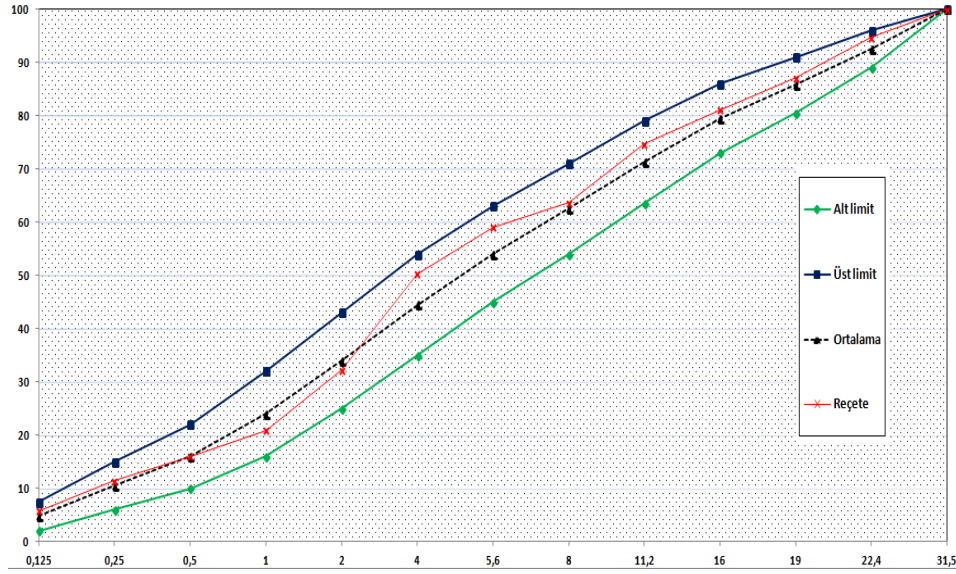
Agregata Sınıfı	Tane Yoğunluğu (Mg/m ³)*	Sınır Değerler (TS EN 1097-6)	Gevşek Yığın Yoğunluğu (Mg/m ³)**	Sınır Değerler (Mg/m ³) TS EN 1097-3	Su Emme %
0-5	Pa= 2,75 Prd=2,59 Pssd=2,65	Prd=2,0-3,0	1,684	≥1,35	2,25
5-11,2	Pa= 2,70 Prd=2,67 Pssd=2,65	Prd=2,0-3,0	1,432	≥1,25	0,81
11,2-22,4	Pa= 2,70 Prd=2,64 Pssd=2,66	Prd=2,0-3,0	1,356	≥1,25	0,91

* (Mg/m³)(g/cm³), P_a=Görünür Tane Yoğunluğu, P_{rd}=Etüv Kuru Tane Yoğunluğu, P_{ssd}=Doğgun Yüzey Kuru Tane Yoğunluğu

**Agregata yığın yoğunluğu değerleri TSEN1097-3 ' e göre, tane yoğunluğu ve su emme analizleri ise TSEN 1097-6' ya göre yapılmıştır.

Gradasyon, taze betonun işlenebilirlik özelliği ve sertleşmiş betonun dayanım, durabilite, birim ağırlık, büzülme gibi önemli özellikleri ve ekonomikliği üzerinde etkilidir (Erdoğan, 2004). Bu önemli özelliğe istinaden, Eskişehir bölgesinden elde edilen agreganın tane boyu dağılımının elek analizi sonucu çizilen gradasyon ile belirlenmiştir. Beton üretiminde kullanılacak üç grup agreganın elek analizi (Çizelge 8) ve uygun karışım oranları belirlenerek tane dağılım (gradasyon) eğrisi Şekil 2'de çizilmiştir. Elde edilen gradasyon eğrisi standart

limit arasındaki orta (B) eğrisinin (Şekil 2) etrafında şekillendiği, beton üretimi için uygun bir karışıma sahip olduğu gözlenmektedir.



Şekil 2. Eskiçağa Bölgesinden Elde Edilen Agreganın Gradasyon Eğrisi
Figure 2. Gradation Curve of Aggregate Obtained from Eskiçağa Region

Çizelge 8. Elek Analiz Sonuçları
Table 8. Sieve Analysis Results

Elekler (mm)	İnce Agregası			İri Agregası						Kar. Şartnamesi (TS 802)	Karışım Sonucu
	Kırma Kum(0-5)			Mıcır-1(5-11,2)			Mıcır-1(11,2-22,4)				
	Kümülatif Ağırlık (g)	Kümülatif Kalan (%)	Kümülatif Geçen (%)	Kümülatif Ağırlık (g)	Kümülatif Kalan (%)	Kümülatif Geçen (%)	Kümülatif Ağırlık (g)	Kümülatif Kalan (%)	Kümülatif Geçen (%)		
31,5	0,0	0,0	100	0,0	0,0	100	11	0,0	100	100	100
22,4	0,0	0,0	100	0,0	0,0	100	786	15	85	89-96	95
19	0,0	0,0	100	0,0	0,0	100	2103	37	63	80-90	87
16	0,0	0,0	100	0,0	0,0	100	3090	54	46	73-86	81
11,2	0,0	0,0	100	60	01	99	4113	72	28	68-90	75
8	0,0	0,0	100	765	14	86	5679	99	01	54-71	64
5,6	27	01	99	2736	51	49	5712	100	0,0	38-68	57
4	386	11	89	4425	82	18	5712	100	0,0	37-56	55
2	1455	40	60	5415	100	0,0	5712	100	0,0	25-43	34
1	2212	61	39	5415	100	0,0	5712	100	0,0	16-32	22
0,5	2535	70	30	5415	100	0,0	5712	100	0,0	10-22	16
0,25	2841	79	21	5415	100	0,0	5712	100	0,0	06-15	11
Pan	3603	100	0,0	5415	100	0,0	5712	100	0,0	-	-
N.Ağırlığı	3603			5415			5712			-	
Karışım %	54			11			35			100	
İ.Modülü	3,5			5,8			6,0			-	

3.2. Beton Üretimi İçin Kullanılan Malzemelerin Karakterizasyonu

Çalışmanın bu bölümünde, agreganın özelliklerinin yanı sıra beton üretimi için kullanılan çimento ve suyun özellikleri, su azaltıcı ve akışkanlaştırıcı olarak kullanılan katkı maddesinin analizleri yapılmıştır. Çimento kimyasal ve fiziksel analiz sonuçlarının (Çizelge 9-10) standart sınır değerlerinin içinde olduğu dolayısıyla çimentonun ve karışım suyunun (Çizelge 12) uygun özelliklerde olduğu görülmektedir.

Çizelge 9. CEM II/A-M (SL) 42,5R Çimentosunun Kimyasal Analiz Değerleri

Tablo 9. Chemical Analysis Values of CEM II/A-M (SL) 42,5R Cement

Kimyasal Özellikler (%)	Elde Edilen Değerler	TSEN 197-1 Sınır Değerler	Deney Metotları
SO ₃ (Sülfür Trioksit)	2,86	Max-4,0	TS EN 196-2
Na ₂ O (Sodyum Oksit)	0,25	-	TS EN 196-2
K ₂ O (Potasyum Oksit)	0,63	-	TS EN 196-2
Cl ⁻ (Klorür)	0,0324	-	TS EN 196-2

Çizelge 10. CEM II/A-M (SL) 42,5R Çimentosunun Fiziksel Analiz Değerleri

Table 10. Physical Analysis Values of CEM II/A-M (SL) 42,5R Cement

Fiziksel Özellikler	Elde Edilen Değerler	TSEN 197-1 Sınır Değerler	Deney Metotları
Özgül Ağırlık (g/cm ³)	3,13	-	TS EN 196-6
Özgül Yüzeysel (cm ² /g)	4174	-	TS EN 196-6
Priz Başlangıcı (Dak)	153	Min 60	TS EN 196-3
Hacim Genleşmesi (mm)	1	Max. 10	TS EN 196-3
2 Günlük Basınç Dayanımı (MPa)	29,7	Min 20,0	TS EN 196-1
28 Günlük Basınç Dayanımı (MPa)	57,5	Min 42,5-Max 62,5	TS EN 196-1

Çizelge 11. Centro 614S Su Azaltıcı/ Akışkanlaştırıcı Analiz Değerleri

Table 11. Centro 614S Water Reducer / Plasticizer Analysis Values

Deneyler	Ölçülen Değerler	Standart Değerler	Analiz Yöntemi	Fosroc Deney Metodu
Homojenlik	Homojen	Homojen	Gözle	T 55
Renk	Kahverengi	Kahverengi	Gözle	T 55
Bağıl Yoğunluk(g/cm ³)	1,14	1,10-1,16	ISO758	T 45
pH	5,7	4,0-6,0	ISO4316	T 02
Katı Madde Miktarı (%)	29,63	27,10-29,95	EN480-8	T 51
Suda Çözünebilen Klorür(%)	0,06	<0,1	EN480-10	T 47
Alkali Miktarı (%)	Uygun	<5	EN480-12	Dış. Lab
FT-IR Spectrum/Etkin Bileşen	Uygun	Referans IR Spect.	EN480-06	T 50

*Yukarıda verilen analiz sonuçları %42 nem ve 20,5°C ortam sıcaklığındaki laboratuvar şartlarında ölçülmüştür.

Çizelge 12. Beton Karışım Suyu Analiz Değerleri
Table 12. Concrete Mixing Water Analysis Values

YAPILAN ANALİZLER	BULUNAN DEĞERLER	BELİRSİZLİK	BİRİM	TS EN 1008 DEĞERLERİ	UYGUNLUK	UYGULANAN STANDART
pH(20,6°C)	7,66	±0,21	-	pH>olmalıdır	Uygun	SM4500-H+B
İletkenlik	499	±26	µmho s/cm	-	-	SM-2510 B
Alkanilite	202,52	±15,19	mg/l	Max 1500 mg/l	Uygun	SM2320 B
Klörür	33,37	±3,67	mg/l	Öngermeli Beton ve Şerbet için 500 Donatılı Beton için 1000 Donatısız beton için 4500	Uygun	SM-4500 Cl B
Sülfat	22,78	±2,92	mg/l	Max 2000 mg/l	Uygun	EPA 375,4
Nitrat	3,087	±0,420	mg/l	Max 500 mg/l	Uygun	TS6231
Fosfat	<0,153	±0,013	mg/l	Max 100mg/l	Uygun	SM-4500-P D
Çinko	<0,05	±0,008	mg/l	Max 100 mg/l	Uygun	SM-3111 B
Kurşun	<0,5	±0,071	mg/l	Max 100 mg/l	Uygun	SM-3111 B
Sodyum Oksit	16,71	±1,77	mg/l	-	-	SM-3111 B
Potasyum Oksit	2,99	±0,21	mg/l	-	-	SM-3111 B
Çökebilir Katı Madde	<0,1	±0,015	mg/l	Max 4 ml olmalıdır	Uygun	SM- 2540 F
Yoğunluk(20°C)	0,998	±0,100	g/cm ³	-	-	TSEN1008
Organik Madde	Yok	-	-	N _a OH ilave sonrası renk açık sarı, daha açık	Uygun	TSEN1008
Koku	Yok	-	-	İçilebilir suya eşdeğer	Uygun	TSEN1008
Renk	Berrak	-	-	Açık sarı, daha açık	Uygun	TSEN1008
Deterjanlar	Yok	-	-	Herhangi bir köpük 2dk. kaybolmalı	Uygun	TSEN1008
Sıvı ve Katı Yağlar	Yok	-	-	Görünür izlerden fazla olmamalı	Uygun	TSEN1008

3.3. Betonların Basınç Dayanım Analizleri

Eskiçağa bölgesinden elde edilen agregalar kullanılarak hazırlanan beton örneklerinin basınç dayanımını belirlemek için ilgili standarda uygun olarak basınç dayanım testleri yapılmıştır. Ayrıca, örneklerin kuru yoğunlukları da belirlenmiştir. Bu kapsamda, yapılan analizler sonunda C25/30 sınıfı ve C30/37 sınıfı betonların 7 ve 28 günlük basınç değerleri ve yoğunlukları Çizelge 13 ve 14'de verilmiştir. Her bir analiz için üç beton örneği kullanılmış ve ortalama değerler standart sapmalarla birlikte verilmiştir. C25/30 sınıfı betonun 7 ve 28 günlük basınç değerleri sırasıyla 29,82±0,30 N/mm² ve 34,89±0,17 N/mm² bulunurken, beklendiği gibi C30/37 sınıfı betonun 7 ve 28 günlük basınç değerleri ise yine sırasıyla 38,56±0,31 N/mm² ve 45,44±0,20 N/mm² bulunmuştur. Ayrıca betonda işlenebilirliğin ölçüsü olan çökme değerleri (Çizelge 13 ve 14) istenilen sıkıştırılabilirlik sınıfı (S3) değerleri içerisinde. Bu sonuçlar Eskiçağa bölgesinden elde edilen agregaların istenilen özelliklere sahip beton malzemelerinin üretilmesi için uygun olduğunu göstermektedir. Ayrıca, C25/30 sınıfı beton örneklerinin basınç dayanımının C30/37 sınıfı beton örneklerinden düşük olması da sertleşen çimento pastasında daha kuvvetli C-S-H bağlarının oluşması ile açıklanabilir. Bunlara ilaven, elde edilen sonuçlar beton örneklerinin görünür yoğunluğunun ortalama 2,37 kg/dm³ olduğunu göstermiştir.

Çizelge 13. C25/30 Sınıfı Betonun Çökme 7 ve 28 Günlük Basınç Değerleri
Table 13. Slump 7 and 28-Day Pressure Values of C25/30 Class Concrete

Num. No	Num. Yaşı	Hacim (cm ³)	Ağırlık (g)	Bir. Ağır. (kg/dm ³)	Çökme Değerleri (mm)	Kırılma Yüğü (kN)	Basınç Day. (N/mm ²)	Ort. Day. (N/mm ²)
01	7	3375	8004	2,37	135	866,15	30,1	29,82±0,30
02	7	3375	8000	2,37	145	861,96	29,85	
03	7	3375	7997	2,37	140	875,31	29,5	
04	28	3375	8002	2,37	135	1025,5	34,97	34,89±0,17
05	28	3375	7995	2,37	135	1017,3	34,69	
06	28	3375	8006	2,37	145	1026,4	35,00	

Çizelge 14. C30/37 Sınıfı Betonun Çökme 7 Ve 28 Günlük Basınç Değerleri
Table 14. Slump 7 and 28-Day Pressure Values of C30/37 Class Concrete

Num. No	Num. Yaşı	Hacim (cm ³)	Ağırlık (g)	Bir. Ağır. (kg/dm ³)	Çökme Değerleri (mm)	Kırılma Yüğü (kN)	Basınç Day. (N/mm ²)	Ort. Day. (N/mm ²)
01	7	3375	7999	2,37	130	677,2	38,49	38,56±0,31
02	7	3375	8002	2,37	135	671,6	38,30	
03	7	3375	8019	2,38	130	663,7	38,90	
04	28	3375	8014	2,37	140	786,9	45,55	45,44±0,20
05	28	3375	8010	2,37	145	780,5	45,21	
06	28	3375	8029	2,38	135	787,4	45,56	

4. Sonuç

Bu çalışmada, Eskiçağa bölgesinden agregaların karakteristik özellikleri ve bu agregaların beton malzemedeki kullanım potansiyeli araştırılmıştır. Tüm analizler ilgili standartlara uygun olarak yapılmıştır. Agregaların kimyasal ve fiziksel özellikleri incelemek amacıyla tane büyüklük dağılımı, iri agrega için yassılık indeksi, iri agrega şekil indeksi, iri agregaların parçalanma direnci, çok ince malzeme muhtevası, tane yoğunluğu, su emme oranı, agrega yığın yoğunluğu, petrografik ve elek analizleri yapılmıştır. Yapılan analizler, agregaların aşınma direnci bakımından yeterli olduğunu, yeterli donma-çözülme direncine sahip olma potansiyeline sahip olduğunu ve standart limit değerleri karşıladığı göstermiştir. Ayrıca, Eskiçağa bölgesinden elde edilen agrega ile C25/30 sınıfı ve C30/37 sınıfı beton örnekleri hazırlanmış ve 7 ve 28 günlükte basınç dayanımları belirlenmiştir. Sonuç olarak, Eskiçağa bölgesinden elde edilen agreganın geleneksel beton üretimi için kullanılabilmesi bu yapılan çalışma sonucunda ortaya çıkarılmıştır.

5. Teşekkür

Bu çalışmada, beton deneyleri Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Yeniçağa Yaşar Çelik Meslek Yüksekokulu laboratuvar imkanları kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu sebeple Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi'ne teşekkür ederim. Ayrıca, Eskiçağa bölgesinde agrega üretim tesisinde incelemelerde bulunmama izin verdikleri ve deneysel ölçümlerde

verdikleri destekten dolayı Eskiçağa Agregat Üretim Tesisi yetkililerine özellikle teşekkürlerimi sunarım.

6. Kaynaklar

- Abbaslou, H., Ghanizadeh, A. R., & Amlashi, A. T., 2016. The compatibility of bentonite/sepiolite plastic concrete cut-off wall material. *Construction and Building Materials*, 124, 1165-1173.
- Abdulrahman, H., Muhamad, R., Visintin, P., & Shuki, A. A., 2022. Mechanical properties and bond stress-slip behaviour of fly ash geopolymer concrete. *Construction and Building Materials*, 327.
- Abna, A., & Mazloom, M., 2022. Flexural properties of fiber reinforced concrete containing silica fume and nano-silica. *Materials Letters*, 316.
- Akman M.S. (1996): “Kimyasal Katkıların Betona Uygulanması”, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası, 4. Ulusal Beton Kongresi , 30-31 Ekim – 1 Kasım.
- Baradan B., (2006). Yapı Malzemesi II, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları, No:207(8), 71.
- Bell, F. G., 2006. Mühendislik Jeolojisi ve İnşaat (Çeviren K. Kayabalı, Engineering Geology and Construction, 2004). Ankara, Sistem Ofset
- Bhatt, S. C., & Joshi, B. C., 2015. Effects of alkali silica/aggregate reaction on concrete structures in bundelkhand region, central India. *Engineering Geology for Society and Territory*, Vol 6: Applied Geology for Major Engineering Projects, 195-201.
- Carlos, A., Masumu, I., Hiroaki, M., Maki, M., Takahisa, O., (2010). The effects of limestone aggregate on concrete properties, *Construction and Building Materials*, 24, 2363-2368.
- Coppola, L., Lorenzi, S., Kara, P., & Garlati, S., 2017. Performance and compatibility of phosphonate-based superplasticizers for concrete. *Buildings*, 7(3).
- da Silva, F. G., Liborio, J. B. L., & Helene, P., 2008. Improvement of physical and chemical properties of concrete with brazilian silica rice husk (SRH). *Revista Ingenieria De Construccion*, 23(1), 18-25.
- Erdoğan, T.Y., 2004. Sorular ve Yanıtlarıyla Beton Malzemeleri. Türkiye Hazır Beton Birliği, Ankara
- Engidasew T. A. and Barbieri G., “Geo-engineering evaluation of Termaber basalt rock mass for crushed stone aggregate and building stone from Central Ethiopia”, *Journal of African Earth Sciences*, 99: 581–594, (2014).
- Halvaei, M., Jamshidi, M., & Latifi, M., 2016. Effect of fiber geometry and tenacity on the mechanical properties of fine aggregates concrete. *Journal of Industrial Textiles*, 45(5), 1083-1099.
- Liu, B., Zhang, X. Y., Ye, J. P., Liu, X. Y., & Deng, Z. H., 2022. Mechanical properties of hybrid fiber reinforced coral concrete. *Case Studies in Construction Materials*, 16.
- Liu, Y., Yan, Z. G., Chow, C. W. K., Keegan, A., Li, D. D., Pham, P. N., . . . Siddique, R., 2020. Utilization of drinking water treatment sludge in concrete paving blocks: Microstructural analysis, durability and leaching properties. *Journal of Environmental Management*, 262.
- Rajput, B., & Pimplikar, S. S., 2022. Influence of nano silica on durability properties of concrete. *Innovative Infrastructure Solutions*, 7(2).
- Soykan, U. 2020. Role of percent grafting and chain length of fully fluorinated pendant units in the grafted acrylic compound on crucial characteristic properties of high density polyethylene. *Journal of Fluorine Chemistry*, 236.
- Soykan, U. 2022. Development of turkey feather fiber-filled thermoplastic polyurethane composites: Thermal, mechanical, water-uptake, and morphological characterizations. *Journal of Composite Materials*, 56(2), 339-355.
- Stroeven, P., & Hu, J., 2006. Review paper - stereology: Historical perspective and applicability to concrete technology. *Materials and Structures*, 39(1), 127-135.
- Tekin, I., Kotan, T., Yurdakul, M., & Oner, E., 2017. Mechanical Properties of Conventional Concrete Produced With Different Type of Aggregates in Bayburt Region. *Journal of Polytechnic-Politeknik Dergisi*, 20(3), 513-518.
- Topal, A. 2008. Agregaların Geometrik Özelliklerinin Belirlenmesine Yönelik Yeni Görüntü Analiz Yöntemleri Geliştirilmesi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Yapı Anabilim Dalı, Doktora Tezi.
- Trejbal, J., Nezerka, V., Hluzek, R., & Prosek, Z., 2019. Mechanical Properties Improvement of Fiber Reinforced Concrete. *Special Concrete and Composites 2018*, 22, 123-127.