



Determination of Some Properties of Lightweight Concrete Produced by Partial Replacement of Cattle Manure Ash Instead of Cement

Ahmet Korkmaz^{1,a}, Sırrı Şahin^{2,b,*}

¹Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Ana Bilim Dalı, Erzurum, Türkiye

²Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Erzurum, Türkiye

*Corresponding author

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p><i>Research Article</i></p> <p>Received : 15.06.2024 Accepted : 14.07.2024</p> <p><i>Keywords:</i> Cattle manure ash Pumice Lightweight concrete Compressive strength Pozzolan</p>	<p>In this study was aimed to investigate the effect of using sun-dried cattle manure ash (CMA), one of the renewable energy sources used for heating purposes in rural areas in Turkey, on the compressive strength of lightweight concrete produced by substituting cement at different ratios. In the research, pumice was used as lightweight aggregate and CEM I 42.5 R type cement and CMA substitute were used as binder. In the mixtures, a total of 45 150×150×150 mm cube specimens were produced in five groups by substituting CMA at certain ratios (0%, 5%, 10%, 15% and 20%) by weight instead of cement. As fresh concrete tests - unit weight tests; as hardened concrete tests, dry unit weight, water absorption and compressive strength tests were carried out. In the samples where CMA was used, with the increase of CMA substitution, there was a slight increase in the amount of water absorption and a slight decrease in the compressive strength compared to the control samples. The 28-day compressive strength decrease values of the samples produced with 5%, 10%, 15% and 20% CMA substitution were determined as 4%, 4.6%, 5.5% and 6%, respectively, when compared with the control samples. Applying 20% CMA substitute instead of cement, a 6% decrease in the 28-day compressive strength of the samples was observed.</p>

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 12(11): 1900-1907, 2024

Çimento Yerine Sığır Gübresi Külünün Kısmi İkamesi ile Üretilen Hafif Betonun Bazı Özelliklerinin Belirlenmesi

MAKALE BİLGİSİ	ÖZ
<p><i>Araştırma Makalesi</i></p> <p>Geliş : 15.06.2024 Kabul : 14.07.2024</p> <p><i>Anahtar Kelimeler:</i> Sığır gübre külü Pomza Hafif beton Basınç dayanımı Puzolan</p>	<p>Bu çalışmada; Türkiye'de kırsal alanlarda ısınma amaçlı olarak kullanılan yenilenebilir enerji kaynaklarından güneşte kurutulmuş sığır gübresi külünün (SGK) farklı oranlarda çimento yerine kullanılmasının, hafif betonun basınç dayanımı üzerine etkisinin araştırılması amaçlanmıştır. Araştırmada, hafif agrega olarak pomza bağlayıcı olarak da CEM I 42,5 R tipi çimento ve SGK ikamesi kullanılmıştır. Karışımlara çimento yerine ağırlıkça belirli oranlarda (%0, %5, %10, %15 ve %20) SGK ikame edilerek 5 grup halinde toplam 45 adet 150×150×150 mm'lik küp numune üretilmiştir. Taze beton deneyleri olarak-birim ağırlık deneyleri; serleşmiş beton deneyleri olarak da kuru birim ağırlık, su emme ve basınç dayanımı deneyleri yapılmıştır. SGK kullanılan numunelerde, SGK ikamesinin artması ile kontrol örneklerine göre su emme miktarında bir miktar artış, basınç dayanımlarında ise bir miktar düşüş görülmüştür. %5, %10, %15 ve %20 oranlarında SGK ikamesi ile üretilen numunelerin 28 günlük basınç dayanımı düşüş değerleri kontrol örnekleri ile karşılaştırıldığında sırasıyla %4, %4,6, %5,5 ve %6 olarak belirlenmiştir. Çimento yerine %20 SGK ikamesinin uygulanması, numunelerin 28 günlük basınç dayanımlarında %6'lık bir azalma gözlemlenmiştir.</p>

^a ahmet.korkmaz13@ogr.atauni.edu.tr

^b <https://orcid.org/0000-0001-9494-4173>

^b ssahin@atauni.edu.tr

^b <https://orcid.org/0000-0001-6046-7241>



Giriş

Beton; çimento, cüruf ve uçucu kül gibi diğer bağlayıcı malzemelerden oluşan, su, ince agrega, iri agrega ve betonun geliştirilmesine olanak sağlayan kimyasal katkılarla birlikte kullanılan kompozit bir malzemedir. Sonsuz dayanım ve performans kombinasyonuna sahip çok sayıda beton karışımı, bu beton bileşenlerinin farklı türleri ve oranları kullanılarak basit bir şekilde hazırlanabilir (Neville 2005; Mehta & Monteiro, 1993). Beton, her türlü çağdaş inşaat mühendisliği yapısında kullanılabilir, şüphesiz en çok aranan yapı malzemesidir. Betonun yapısal malzeme olarak kullanılması, nispeten daha kolay işçilik, daha düşük maliyet, çevresel bozulmalara ve yangına dayanıklılık ve oldukça yüksek basınç dayanımı gibi avantajlar sağlar (Neville, 2005).

İnşaat mühendisliği yapıları, hizmet fonksiyonuna, hedeflenen hizmet ömrüne ve hizmet ömrü boyunca ortaya çıkabilecek çevresel bozulma riskine göre farklı kriterleri karşılayacak şekilde tasarlanmaktadır. Yeterli basınç dayanımı değerinin tanımlanması, betonarme yapıların tasarım sürecinde temel bir adımdır, çünkü betonun basınç dayanımı, söz konusu kriterlere göre kalitesinin ve performansının bir ölçüsüdür. Üretilen beton elemanın işlevine ve dayanması beklenen etki şartlarına göre inşaat mühendisleri tarafından kullanılmak üzere “düşük”, “normal” ve “yüksek” dayanımlı beton sınıfları seçilmektedir. Farklı beton kalitelerinin kullanılmasının gerekliliği ve bu koşullar altında ihtiyaç duyulan minimum dayanım kriterleri ilgili yönetmeliklerde çok iyi tanımlanmıştır (ACI, 1995).

Beton yapım malzemeleri her yıl doğal kaynakları tüketmektedir. Yeryüzündeki insan faaliyetleri, endüstriyel atıklar, tarımsal atıklar gibi katı atıklar, kırsal ve kentsel toplumlardan önemli miktarlarda atıklar yılda 2500 milyon tonun üzerindedir (Ramasamy, 2012). Katı atıklar arasında ise en belirgin malzemeler uçucu kül, yüksek fırın cürufu, silis dumanı ve inşaat yıkımından kaynaklanan malzemelerdir. Portland çimentosunun kısmi ikamesi olarak endüstriyel yan ürünler kullanıldığında önemli enerji ve maliyet tasarrufu sağlanabilir. Yan ürünler kullanılarak toprağı, suyu ve havayı kirleten büyük miktardaki atık malzemenin bertaraf edilmesi, çevre dostu bir yaklaşım olacaktır. Artan çevresel kaygılar ve enerji tasarrufu ihtiyacı nedeniyle, endüstriyel ve tarımsal ürünlerin atık malzemelerinin inşaat sektöründe normal portland çimentosunun yerine puzolanik mineral katkı maddesi olarak kullanılmasına yönelik çabalar giderek artmaktadır. Bunların betonda puzolanik bir malzeme olarak kullanılması, çimento tasarrufu nedeniyle malzeme maliyetinin azalması ve atık malzemelerin bertarafıyla ilgili çevresel faydalar gibi çeşitli avantajlar sağlar (Ramasamy, 2012).

Beton, kullanışlılığı ve nispeten düşük maliyeti nedeniyle dünyada yaygın olarak kullanılan yapı malzemesidir. Geleneksel betonun dezavantajlarından biri de birim ağırlığının yüksek olması nedeniyle yapının zati (ölü) yük değerini artırmasıdır (Karthika ve ark., 2021). Zati yükün fazla olması yatay kuvvetlerinin “yapı” üzerindeki etkisinin daha şiddetli olmasına neden olmaktadır. Özellikle yapı taşıyıcı sisteminde hafif agregalı taşıyıcı hafif beton kullanımı deprem anında oluşan yatay deprem kuvvetleri yapı zati ağırlığındaki azalışa paralel

olarak deprem hasarlarını da azalacaktır (Akkaş, 2011). Betonun kendi ağırlığını azaltmak için iri agreganın yerini kısmen hafif agrega kullanılmasıyla yoğunluğu düşük, ölü yükü azaltan ve ısı yalıtımını artıran hafif beton üretilir. Normal iri agrega yerine, doğada bol miktarda bulunan ve pomza olarak adlandırılan hafif agrega, %50, %80 ve %100 oranlarında kullanılarak hafif beton üretilir (Karthikave ark., 2021).

Birçok ülkede sığır yetiştiriciliğinde merada otlatmadan besi alanlarında endüstriyel olarak sığır üretimine geçiş olmuştur. Bu, çiftlik sahiplerine büyük faydalar sağlarken, yoğun sığır üretimi nedeniyle biriken fazla miktardaki atıklar, ağır çevresel sorunlar yaratmaktadır. Mevcut atık yönetimi uygulaması, atıkları belirli bir süre stoklamak ve ardından mevcut araziye yaymaktır (Thomas & Patnaikuni, 1998). Her sığır, beş aylık bir süre boyunca yaklaşık bir ton toplanabilir biyokütle bırakır. Bu nedenle, gübre üretiminin tarım arazilerinde kullanılabilecek olandan fazla olması nedeniyle stoklanan atıklar ekonomik ve çevresel yükümlülükler doğurmaktadır. Artan çevresel kaygılarla birlikte, büyükbaş hayvan atıklarının bertarafı için uygun sahaların bulunmaması, besi yeri yöneticileri için çok büyük sorunlar yaratmıştır. Yukarıdaki faktörler göz önüne alındığında, atıkların yakma yoluyla bertaraf edilmesi uygun bir çözümdür. Çimento esaslı malzemelerde uçucu kül, pirinç kabuğu külü, kanalizasyon çamuru külü ve diğer yakma fırını kalıntıları gibi atık maddelerin kullanıldığı geçmişte yapılan diğer araştırmalar umut verici sonuçlar vermiştir (Malhotra, 1993).

Türkiye’de kırsal bölgelerde çeşitli geleneksel enerji kaynakları kullanılmaktadır. Güneşte kurutulmuş sığır gübresi ısınma amaçlı olarak orman bölgelerine yakın olanlar dışında en çok köylerde tüketilmektedir (Gokmen ve ark., 2004). Yakacak odun, hayvansal atıklar, tarımsal ürün artıkları ve tomruk atıkları Türkiye’de uzun yıllardır doğrudan yakma amacıyla kullanılmaktadır (Demirbaş, 2001). Türkiye’de yakıt tercihlerinin bağımlı değişken olarak kullanıldığı modelde hanelerin %33’ü odun, %35’i kömür, %22’si doğalgaz, %6’sı elektrik, %4’ü tezek kullanmaktadır (Emeç ve ark., 2015).

Yaşadığımız modern çağda, inşaat malzemelerinin üretilmesinde birçok yeni teknoloji ortaya çıkmıştır. Artan nüfus, kentleşme ve sanayileşme, çimento ve doğal agrega ihtiyacını giderek artırmıştır. Kaliteli malzemelerin bulunması zorlaşmakta olup aynı zamanda ekonomik olarak fiyatları da oldukça yükselmiştir. Bu nedenle, sığır gübresi külü ve kauçuk boru atık parçaları gibi daha ucuz ve aynı zamanda çevre dostu bir malzemeye ihtiyaç vardır. İnşaat malzemesi olarak betona olan yoğun talep nedeniyle, geri dönüştürülmüş veya kullanılmamış malzemelerden elde edilebilecek alternatif malzemeler kullanılarak doğal iri agregaların korunmasına gereksinim duyulmaktadır. Bu nedenle olumsuz çevresel etkileri azaltabilecek ve doğal kaynakların korunmasına olanak sağlayabilecek etkili kullanıma yol açan kauçuk artıklarının ve SGK’nın geri kazanımları en iyi yönetim stratejileri arasında gösterilebilir (Himabindu ve ark., 2023).

Bu araştırmada, hafif agregata olarak pomza ve Türkiye'de kırsal evlerde ısıtma amaçlı kullanılan geleneksel enerji kaynaklarından güneşte kurutulmuş SGK'nın farklı oranlarda (%0, %5, %10, %15 ve %20) çimento yerine kullanılarak hafif beton üretimi hedeflenmiştir. Çimento olarak yaygın kullanılan CEM I 42,5 R tipi seçilmiştir. Özellikle YÖKTEZ merkezli yapılan literatür taramasında çimentonun yerine SGK kullanılmasının hafif beton üzerindeki etkileri hakkında herhangi bir tez çalışmasına rastlanılmamıştır. Bu nedenle, bu çalışmada külün puzolanik özelliklerini test etmek ve hafif betonun fiziksel ve mekanik özellikleri üzerindeki etkilerini değerlendirmek tezin ulusal ölçekte özgünlüğünün göstergesi olarak kabul edilebilir.

Materyal ve Yöntem

Materyal

Araştırma materyalini Erzurum-Pasinler yöresinden elde edilen volkanik kökenli pomza taşı ve SGK oluşturmaktadır. Agregata olarak kullanılan pomzanın kimyasal analizi sonuçları (Ceylan, 2019); %70.5SiO₂, %13.66 Al₂O₃, %4.65 K₂O, % 3.6 Na₂O, %0.8 CaO, %1.9 Fe₂O₃, %0.2 TiO₂, %0.3 MgO, %0.1 P₂O₅, %0.1 MnO ve % 4.3 kızdırma kaybı şeklindedir. Sığır gübresi külünün kimyasal bileşimleri, Ankara Üniversitesi Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezinde yaptırılmış olup analiz sonuçları ise; %25.78SiO₂, %3.33 Al₂O₃, %8.51 K₂O, % 1.27 Na₂O, %34.55 CaO, %3.65 Fe₂O₃, %3.77 SO₃, %4.94 MgO, %5.35 P₂O₅, %2.40 Cl ve % 6.93 kızdırma kaybı şeklinde tespit edilmiştir.

Araştırmada kullanılan CEM I 42,5 R çimentosu Aşkale Çimento San. ve Tic. A.Ş.'ye ait Erzurum Çimento

Fabrikasından temin edilmiş ve karışım suyu ise Atatürk Üniversitesi içme suyu kullanılmıştır.

Yöntem

Agregaların özelliklerinin belirlenmesinde TS EN 932-1 (Anonim, 1997), TS EN 932-2 (Anonim, 1999), TS EN 933-1 (Anonim, 2012) ve TS EN 1097-6 (Anonim, 2013)'de belirtilen yöntemler kullanılarak agregaların tane yoğunluğu ve su emme oranları belirlenmiştir (Çizelge 1). Pomza agregası üzerinde tane büyüklüğü dağılımı TS EN 933-1 (Anonim, 2012) standardına göre, agregata karışımının gradasyon eğrisi ise TS 802 (Anonim, 2016) standardında verilen sınırlara göre sunulmuştur (Şekil 1). Her bir deney için elde edilen numuneler üzerinde üçer kez agregata deneyleri yapılmış ve sonuçların aritmetik ortalamaları alınmıştır. Ancak malzemeden kaynaklı hatalı deneyler tekrarlanmıştır.

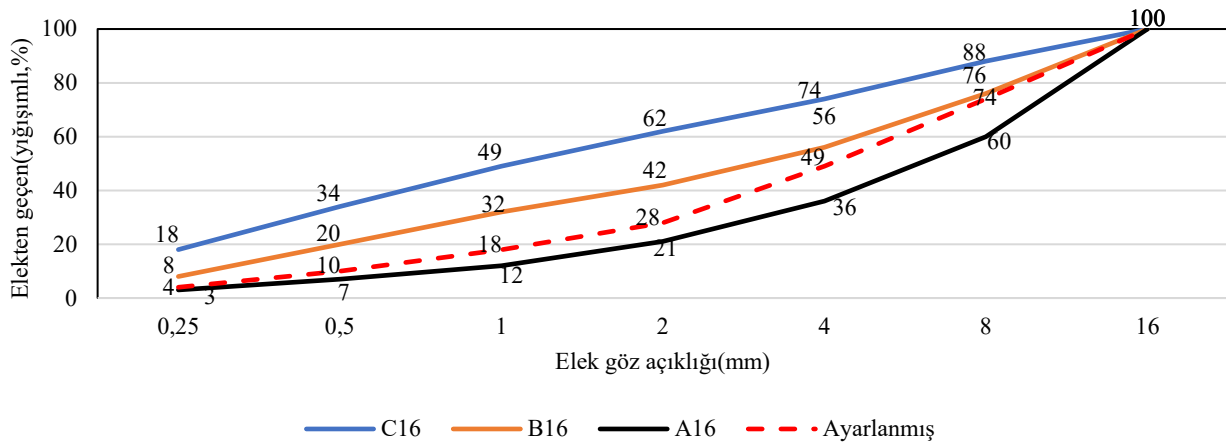
Hafif beton tasarımı TS 2511 (Anonim, 2017) ve TS 802 (Anonim, 2016) standartlarına göre belirlenmiştir. Çalışma kapsamında pomza agregasıyla, birçok seri deney yapıldıktan sonra su/çimento (S/Ç) oranı 0.57 ve çimento dozajı ise 370 kg alınarak beton karışımı hazırlanmıştır. Üretilen beton karışımlarının oranları Çizelge 2'de sunulmuştur. Agreganın yüzde oranları ise ayarlanmış granülometri eğrisinden alınmıştır. Betonlar önceden temizlenip yağlanan 150×150×150 mm boyutlarındaki fiberglas küp kalıplara tek tabaka halinde 25 kez şişlenerek doldurulduktan sonra yüzeyleri düzeltilmiştir.

Numunelerin çökme deneyi TS EN 12350-2 (Anonim, 2019a), taze birim ağırlık deneyi TS EN 12350-6 (Anonim, 2019b), 28 günlük hafif beton numunelerinin kuru birim ağırlık deneyi TS EN 12390-7 (Anonim, 2010), su emme deneyi TS EN 772-4 (Anonim, 2000) ve basınç dayanımı deneyi TS EN 12390-3 (Anonim, 2019c) standartlarına uygun olarak yapılmıştır.

Çizelge 1. Kullanılan agregaların tane yoğunluğu ve su emme değerleri

Tablo 1. Grain density and water absorption values of the aggregates used

Agregata sınıfı	Tane yoğunluğu (g/cm ³)			Su emme oranı (%)
	Görünen tane yoğunluğu (ρ_a)	Etüvde kurutulmuş tane yoğunluğu (ρ_{rd})	Doygun ve yüzeyi kurutulmuş tane yoğunluğu (ρ_{ssd})	
0-4 (mm)	1,74	1,21	1,51	25
4-8 (mm)	1,46	1,09	1,34	23
8-16 (mm)	1,27	0,97	1,21	24



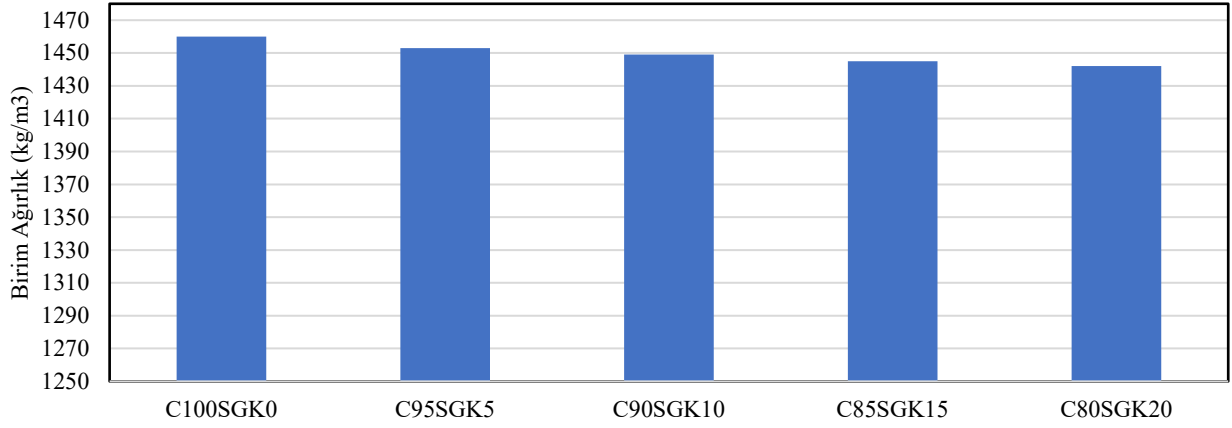
Şekil 1. Beton bileşiminde kullanılan agreganın granülometri eğrisi
Figure 1. Granulometry curve of aggregate used in concrete composition

Çizelge 2. Karışım hesapları (kg/ m³)Tablo 2. Mixture calculations(kg/m³)

KOD	Su	Bağlayıcılar		Agregalar		
		C	SGK	0-4 mm	4-8 mm	8-16 mm
C100SGK0	211	370	-	439	224	233
C95SGK5	211	351,5	18,5	439	224	233
C90SGK10	211	333	37	439	224	233
C85SGK15	211	314,5	55,5	439	224	233
C80SGK20	211	296	74	439	224	233

Çizelge 3. Taze betonun birim ağırlığı (kg/m³)Tablo 3. Unit weight of fresh concrete (kg/m³)

KOD	Taze Betonun Birim Ağırlık (kg/m ³)
C100SGK0	1460
C95SGK5	1453
C90SGK10	1449
C85SGK15	1445
C80SGK20	1442

Şekil 2. Taze betonun birim ağırlık değerlerinin karşılaştırılması
Figure 2. Comparison of unit weight values of fresh concrete

Bulgular ve Tartışma

Taze Beton Özelliklerinin Değerlendirilmesi

Pomza agregası ve SGK kullanılarak üretilen beton karışımlarının taze birim ağırlık sonuçları Çizelge 3 ve Şekil 2’de verilmiştir.

Üretilen beton numunelerden elde edilen sonuçlar sırasıyla 1460, 1453, 1449, 1445, 1442 kg/m³ olarak bulunmuştur. Şekil incelendiğinde referans numunenin (C100SGK0) birim ağırlığı 1460 kg/m³ ile en yüksek değere, %20 SGK’nın ikamesinde ise 1442 kg/m³ ile en düşük değere sahip olduğu görülmektedir. SGK’nın ikame oranı arttıkça üretilen numunelerin birim ağırlık değerlerinde azalma meydana geldiği belirlenmiştir. Bir başka deyişle %20 oranında SGK kullanılmasıyla daha hafif beton malzemesi üretilebilir.

Yapılan literatür taramasında Demir ve ark. (2009) tarafından yapılan çalışmada da taze betonlarda birim ağırlık silis dumanı ve uçucu kül oranının artması ile çok az oranda azaldığı tespit edilmiştir. Sarker ve ark. (2023) tarafından yapılan çalışmada çimentoya ağırlıkça sığır gübresi kül ikamesi oranları arttıkça betonların taze birim ağırlıklarının bir miktar azaldığı rapor edildiği görülmüştür. Verilen literatür örnekleri ile elde edilen sonuçlar arasında benzerlikler görülmektedir.

Sertleşmiş Beton Özelliklerinin Değerlendirilmesi

Birim ağırlık deneyi sonuçlarının değerlendirilmesi

Çalışmada sertleşmiş betona ait 28 günlük kür sonrası birim ağırlık sonuçları Çizelge 4 ve Şekil 3’de sunulmuştur.

Beton numunelerden elde edilen sonuçlar sırasıyla 1318, 1310, 1305, 1298, 1293 kg/m³ olarak belirlenmiştir. Şekil 15 incelendiğinde referans numunenin (C100SGK0) 1318 kg/m³ ile en yüksek değere, %20 SGK’nın ikamesinde ise 1293 kg/m³ ile en düşük değere sahip olduğu görülmektedir. SGK ikamesi ile numunelerin birim ağırlık değerlerinde azalma meydana geldiği saptanmıştır.

Yapılan literatür taramasında Taşdemir (2003) tarafından yapılan çalışmada pomza taşı hafif agregasıyla üretilen hafif betonların birim ağırlıklarını 700 kg/m³’ten 1900 kg/m³’e kadar değiştirmek mümkün olduğunu belirtmiştir. Ojedokun ve ark. (2014) ise SGK yüzdesi arttıkça numunelerin yoğunluğu azaldığı bu ise numunenin ağırlığındaki hafifliğin SGK’nın varlığından kaynaklandığını ve SGK yüzdesi ne kadar yüksekse numunenin o kadar hafif olduğunu rapor etmiştir. Verilen literatür örnekleri ile elde edilen sonuçlar arasında benzerlikler görülmektedir.

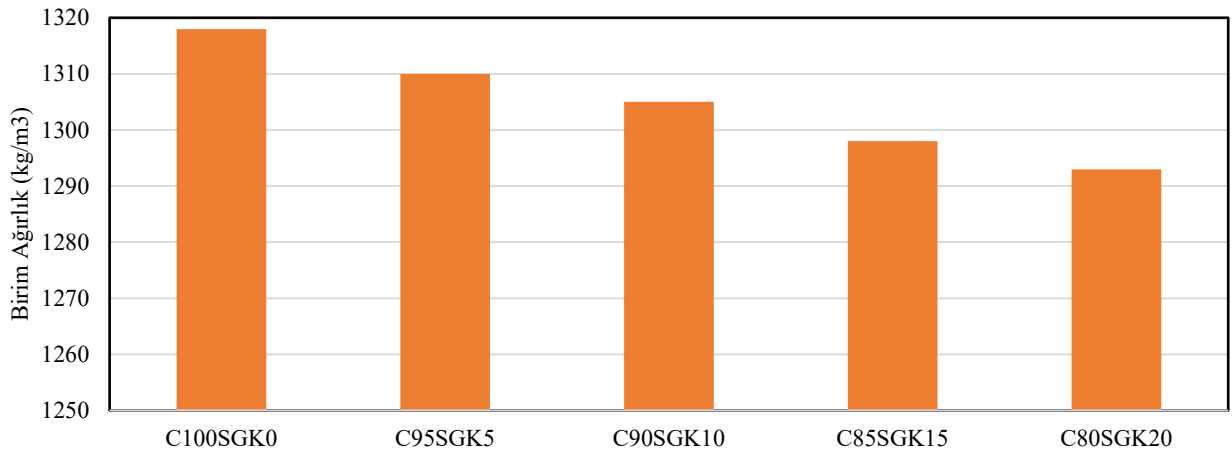
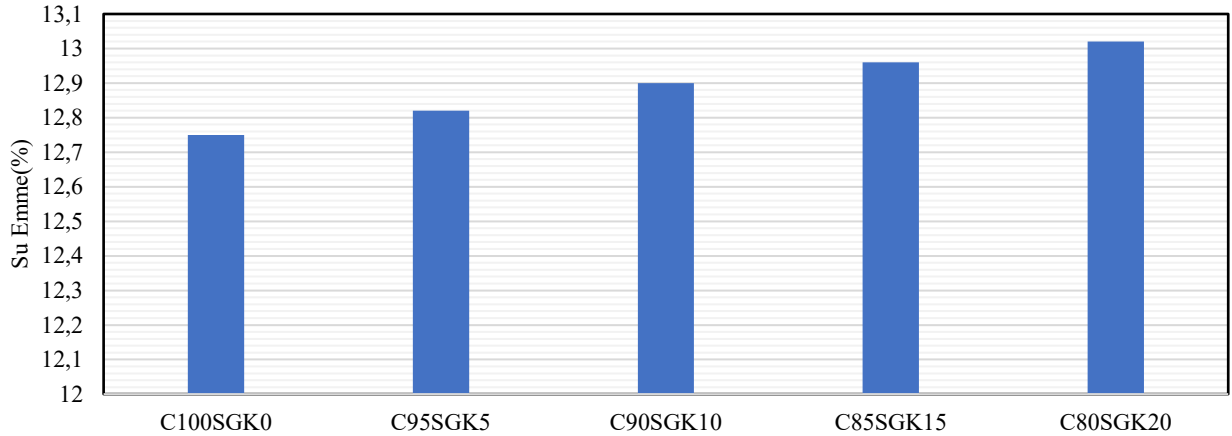
Çizelge 4. Sertleşmiş betonun birim ağırlığı (kg/m³)Tablo 4. Unit weight of hardened concrete (kg/m³)

KOD	28 Günlük Sertleşmiş Betonun Birim Ağırlık (kg/m ³)
C100SGK0	1318
C95SGK5	1310
C90SGK10	1305
C85SGK15	1298
C80SGK20	1293

Çizelge 5. Sertleşmiş betonun su emme (%)

Tablo 5. Water absorption of hardened concrete (%)

KOD	Su Emme (%)
C100SGK0	12,75
C95SGK5	12,82
C90SGK10	12,90
C85SGK15	12,96
C80SGK20	13,02

Şekil 3. Sertleşmiş betonun birim ağırlık değerlerinin karşılaştırılması
Figure 3. Comparison of unit weight values of hardened concreteŞekil 4. Sığır gübre külü içeriği- su emme ilişkisi
Figure 4. Cattle manure ash content - water absorption relationship

Sertleşmiş beton bünyesindeki suyun buharlaşması neticesinde bütün gruplarda beklenildiği şekilde birim ağırlıklarda azalmalar olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca, kuru birim ağırlığında meydana gelen düşüşün sığır gübresi külünün birim ağırlığının çimentonun birim ağırlığından daha düşük olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

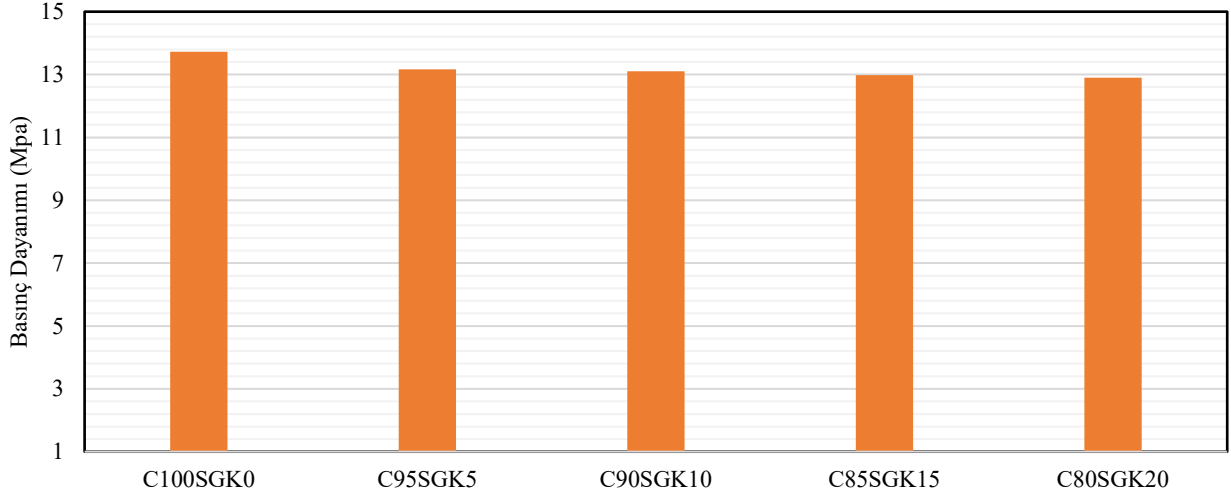
Su emme sonuçlarının değerlendirilmesi

TS EN 772-4 (Anonim 2000) standardına göre 28 günlük 150×150×150 mm boyutlarındaki küp numuneler üzerinde yapılan su emme deney sonuçları Şekil 4 ve Çizelge 5'de verilmiştir.

Çizelge 6. 28 Günlük basınç dayanımı sonuçları (MPa)

Tablo 6. 28-day compressive strength results (MPa)

KOD	28 Günlük
C100SGK0	13,73
C95SGK5	13,17
C90SGK10	13,10
C85SGK15	12,98
C80SGK20	12,90



Şekil 5. 28 günlük basınç dayanımına sığır gübre külü etkisi
Figure 5. Effect of 28-day compressive strength on cattle manure ash

Su emme deneyi sonuçları incelendiğinde, %12,75 ile en düşük su emme oranı kontrol numunesine (C100SGK0) ait iken, en yüksek su emme oranı %13,02 ile C80SGK20 numunesine aittir. SGK'nın ikame oranı arttıkça su emme oranının arttığı görülmüştür.

Yapılan literatür taramasında Worku ve ark. (2023) tarafından yapılan çalışmada çimentoya ağırlıkça SGK ikamesi oranları arttıkça harç numunelerinin su emmesinin tüm kür yaşlarında arttığını ve bunun ise SGK parçacıklarının gözenekli özelliklerinden kaynaklandığını; çünkü bu parçacıklar önemli bir su emme kapasitesine sahip olduğu rapor edildiği görülmüştür. Fredrick ve ark. (2018) tarafından yapılan çalışmada da ise çimentoya ağırlıkça SGK ikamesi oranları arttıkça beton örneklerin su emme miktarı artmıştır. Bu, su geçirgenliğinin SGK miktarından etkilendiği anlamına gelir, yani su hareketine izin verecek boşluklar olduğunu belirtmiştir. Ceylan (2005) İzmir-Menderes ve Kayseri-Talas bölgelerinden temin ederek ürettiği pomza agregaları hafif beton numunelerinin su emme değerlerinin %12,5 ile %46,1 arasında olduğunu bildirmiştir.

Basınç dayanımı deneyi sonuçları ve değerlendirmeler

Üretilen beton numunelerin 28 günlük basınç dayanımı sonuçları Çizelge 6 ve Şekil 5'de sunulmuştur.

28 gün su ortamında kür edilen numunelerin ortalama basınç dayanımı sonuçları kontrol betonunda (C100SGK0) 13,73 Mpa olarak bulunmuştur. SGK katkılı C95SGK5, C90SGK10, C85SGK15 ve C80SGK20 numunelerin basınç dayanımı sırasıyla 13,17 Mpa, 13,10 Mpa, 12,98 Mpa ve 12,90 Mpa olarak elde edilmiştir. 28. günde en yüksek basınç dayanımı kontrol betonundan elde edilmiştir. %20 SGK ikameli numunelerde ise en düşük basınç dayanımı saptanmıştır. Kontrol betonuna göre SGK katkılı (%5,

%10, %15 ve %20) örneklerin basınç dayanımındaki düşüş oranları sırasıyla %4, %4,6, %5,5 ve %6 olarak belirlenmiştir.

Yapılan literatür taramasında Omoyini ve ark. (2023) tarafından yapılan çalışmada çimentoya ağırlıkça SGK ikamesi oranları arttıkça basınç ve eğilme dayanımları azalmış ve kür süreleriyle birlikte arttığını ileri sürmüşlerdir. Şahin ve ark. (2006) tarafından yapılan çalışmada da çimentoya ağırlıkça SGK ikamesi oranları arttıkça basınç dayanımında genel bir azalma sergiledikleri belirtilmiştir. Adewuyi & Ramahobo (2019) tarafından yapılan çalışmada %10 SGK ikameli beton örneklerinin 7, 14, 21 ve 28 günlük kür yaşlarında sırasıyla %7,8, %5,4, %5,2 ve %2,8 basınç dayanımı düşüşü olduğu rapor edilmiştir. Frederick ve ark. (2018) ise kontrol örnekleri SGK katkılı örnekleriyle karşılaştırdığında daha yüksek erken dayanım kazandığı, düşük dayanım gelişimi ise puzolanların yavaş hidrasyon hızı nedeniyle betonun erken dayanımını azalttığı ve betonda katkı maddesi olarak SGK varlığının bir sonucu olduğunu, aynı zamanda SGK'nın %10'luk optimal ikamesi ile etkinin çok fazla endişe verici olmayacağı ve çok iyi bir puzolan varlığını gösterdiğini belirtmişlerdir. Verilen literatür örnekleri ile elde edilen sonuçlar arasında benzerlikler görülmektedir.

Sonuçlar ve Öneriler

Bu makalede, agrega olarak Erzurum-Pasinler yöresi pomzasi ve farklı oranlarda (%0, %5, %10, %15 ve %20) çimento yerine SGK ikame malzemesi kullanılarak hafif beton üretimi yapılmıştır. Numunelere fiziksel ve mekanik deneyler uygulanmıştır.

Elde edilen sonuçlar aşağıda sıralanmıştır.

- Üretilen karışımlarda en yüksek birim ağırlık değerleri kontrol betonlarına aittir. Örneklerin taze ve sertleşmiş birim ağırlıklarında SGK oranının artmasıyla bir miktar birim ağırlık değerlerinin azaldığı gözlemlenmiştir. Bu sonuç SGK yoğunluğunun çimento yoğunluğuna göre düşük olmasından kaynaklanmıştır.
- SGK ikamesinin artmasıyla su emme oranında önemsiz bir oranda artma meydana geldiği görülmüştür. En düşük değer %12,75 ile kontrol numunesinde, en yüksekse değer ise %13,02 değeri ile %20 SGK ikameli betonda görülmüştür.
- Hafif beton numunelerinin basınç dayanımının SGK ikamesinin artması ile azalmaktadır. Çimento yerine %5, %10, %15 ve %20 oranlarında SGK ikamesi ile üretilen betonların 28 günlük basınç dayanımları düşüş oranları kontrol örneğine göre sırasıyla %4, %4,6, %5,5 ve %6 olarak belirlenmiştir. Çimentonun yerine SGK ikamesinin kullanılması basınç dayanımında bir azalmaya yol açsa da çok fazla endişe verici olmadığı düşünülmektedir.
- Pomza gibi doğal hammaddelerin, SGK gibi tarımsal atıkların inşaat sektöründe kullanılması sürdürülebilir yapı malzemesi üretiminde oldukça etkili olacağı ve aynı zamanda betonda puzolan olarak başarıyla kullanılabileceğini göstermiştir. SGK sadece beton değil, aynı zamanda harç gibi farklı yapı malzemelerinin üretiminde de kullanılabilir.
- SGK tamamlayıcı çimentolu malzeme olarak benimsenmesi hem çevre hem de inşaat sektörü için ekonomik açıdan malzeme maliyetini azaltarak avantajlar sunabilir.
- Çalışma aynı zamanda atık malzemelerin beton üretiminde kullanılmasının sadece beton endüstrisinde kullanılan çimentoyu kurtarmakla kalmayıp, aynı zamanda çimento endüstrisinden kaynaklanan CO₂ emisyonunu kontrol ederek çevreyi koruyacağını ve güvenli bir şekilde bertaraf etme tekniği sağlayacağı düşünülebilir.
- Tarımsal atıkların inşaat sektöründe aktif bir şekilde kullanılması teşvik edilmelidir.
- Kırsal bölgelerdeki binaların çoğu düşük kaliteli geleneksel malzemelerden oluşmaktadır. Bu nedenle kırsal kesimde yaşayan aileler sığır gübresi külünü bağlayıcı olarak kullanması durumunda düşük maliyetli ve kaliteli bir malzeme üretebilirler.

Bilgi

Bu çalışma Ahmet Korkmaz tarafından hazırlanan yüksek lisans tezine ait bazı veriler içermektedir.

Kaynaklar

- ACI (1995). ACI 318-95. Building Code Requirements for Structural Concrete: *American Concrete Institute*.
- Adewuyi, A. & Ramahobo, G. L. (2019). Properties of cow-dung ash blended cement concretes in fresh and hardened states. *Journal of Multidisciplinary Engineering Science Studies (JMESS)*. ISSN: 2458-925X, 5(12). www.jmess.org JMESP13420608 3012

- Akkaş, A. (2011). *Pomza agregalı hafif betonların taşıyıcılık özelliklerinin araştırılması* (Yayınlanmamış doktora tezi). İnşaat Mühendisliği Bölümü, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta.
- Anonim, (1997). TS EN 932-1: Agregaların genel özellikleri için deneyler-Kısım 1 numune alma metodları. *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- Anonim, (1999). TS EN 932-2: Agregaların genel özellikleri için deneyler bölüm 2: Laboratuvar numunelerin azaltılması metodu. *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- Anonim, (2000). TS EN 772-4: Kâgir birimler- Deneysel metodları-Bölüm 4: Tabii taş kâgir birimlerin toplam ve görünen porozitesi ile boşluksuz ve boşluklu birim hacim kütlelerinin tayini, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- Anonim, (2010). TS EN 12390-7: Beton-Sertleşmiş beton deneyleri-Bölüm7:Sertleşmiş betonun yoğunluğunun tayini, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- Anonim, (2012). TS EN 933-1: Agregaların geometrik özellikleri için deneyler bölüm 1: Tane büyüklüğü dağılımı tayini-Elementer metod, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- Anonim, (2013). TS EN 1097-6: Agregaların mekanik ve fiziksel özellikleri için deneyler Bölüm 6: Tane yoğunluğu ve su emme oranının tayini, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- Anonim, (2016). TS 802: Beton karışımı hesap esasları, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- Anonim, (2017). TS 2511: Taşıyıcı hafif betonların karışım hesap esasları, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- Anonim, (2019a). TS EN 12350-2: Beton-taze beton deneyleri-Bölüm 2: Çökme (slamp) deneyi, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- Anonim, (2019b). TS EN 12350-6: Beton-taze beton deneyleri-Bölüm 6: Yoğunluk, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- Anonim, (2019c). TS EN 12390-3: Beton-Sertleşmiş Beton Deneyleri-Bölüm3: Deneysel numunelerinin basınç dayanımının tayini, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- Ceylan, B. T. (2019). *Erzurum Yöresinde Çıkarılan Pomza ve Perlitin Seramik Sanayisinde Kullanılabilirliğinin Araştırılması* (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Ceylan, H. (2005). *Farklı pomza agregası türlerinden elde edilen hafif betonun sıcaklık etkisindeki karakteristiği* (Yayınlanmamış doktora tezi). Maden Mühendisliği ve Madencilik Bölümü, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta.
- Demir, İ., Durgun, M.Y. & Kurt, D. (2009). *İki Farklı Puzolanik Katkının Sertleşmiş Beton Özelliklerine Etkisinin Karşılaştırılması*. 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu, Karabük, Türkiye.
- Demirbas, A. (2001). Energy balance, energy sources, energy policy, future developments and energy investments in Turkey. *Energ. Convers. Manage.*, 42: 1239-1258.
- Emeç, H., Altay, A., Aslanpay, E., Özdemir, A.O. (2015). Türkiye’de Enerji Yoksulluğu ve Enerji Tercihi Profili, Finans Politik & Ekonomik Yorumlar, Cilt: 52 Sayı: 608
- Fredrick J. O., Dambring E. D., Molwus J. J., Amos, N. G. (2018). Permeability properties of concrete produced with ordinary portland cement (OPC) blended with cow dung ash (CDA). *Scientific Research Journal*, 6(4), 27-34.
- Gokmen, A., Kayaligil, S., Weber, G.W., Gokmen, I., Ecevitand, M. & Sürmeli, A. (2004). Balabanvalley project: Improving the quality of life in rural area in turkey. *Intl. Sci. J. Meth. Models Complex*, Vol: 7.
- Himabindu, K., Narendra Naidu, L., Sri Hari, S., Ashok, N., Raj Mohan Redd, O., Sai Kumar, T. & Sandeep, E. (2023). Experimental study on mechanical properties of M-25 grade concrete with cow dung ash and waste rubber tube pieces. *Materials Today: Proceedings*, 92(2), 1681-1687. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.06.306>

- Karthika, R.B., Vidyapriya, V., Nandhini Sri, K.V., Merlin Grace Beaula, K., Harini, R. & Sriram, M. (2021). Experimental study on lightweight concrete using pumice aggregate. *Materials Today: Proceedings*, 43, 1606–1613. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.09.762>
- Malhotra, V.M. (1993). Fly ash, slag, silica fume and rice husk ash in concrete. *A Review. Concrete Intl. Design Construc.*, 15: 23-28.
- Mehta, P.K. & Monteiro, P.J.M. (1993). *Concrete- Structures, Properties and Materials*. 2nd ed. Prentice-Hall.
- Neville, A.M. (2005). *Properties of Concrete*. John Wiley & Sons, New York.
- Ojedokun, O., Adeniran, A.A., Raheem, S.B. & Aderinto, S.J. (2014). Cow Dung Ash (CDA) as Partial Replacement of Cementing Material in the Production of Concrete. *British Journal of Applied Science & Technology*, 4(24), 3445-3454. <https://doi.org/10.9734/bjast/2014/6447>
- Omoniyi, T. M., Duna, S., Moh'd Abba, G., Rahama, B. S. & Abdullahi, M. (2023). Statistical Evaluation of the Mechanical Properties of Cow Dung Ash Concrete. *The Asian Institute of Research Engineering and Technology Quarterly Reviews*, 6(1), 99-112. DOI: 10.5281/zenodo.8084826
- Ramasamy, V. (2012). Compressive Strength and Durability Properties of Rice Husk Ash Concrete. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 16(1), 93-102. DOI 10.1007/s12205-012-0779-2.
- Sahin, S., Kocaman B., Orung, I. & Memis S. (2006). Replacing cattle manure ash as cement into concrete. *Journal of Applied Science*, 6(13), 2840-2842. <http://dx.doi.org/10.3923/jas.2006.2840.2842>
- Sarker, K., Shiuly, A. & Dutta, D. (2023). Strength, durability and microstructure study of cow dung ash ased cement for sustainable development, *Innovative Infrastructure Solutions*, 8:148. <https://doi.org/10.1007/s41062-023-01116-7>
- Taşdemir, C. (2003). Hafif Betonların Isı Yalıtım ve Taşıyıcılık Özellikleri. *Türkiye Mühendislik Haberleri*, Sayı 427.
- Thomas, P.R. & Patnaikuni, I. (1998). *Farm cattle waste ash recycling strategy in construction. Proceedings of the International Symposium on Innovative World of Concrete (IWC-98)*, November 16-19, Oxford and IBH Publishing Co. Pvt. Ltd., 91-98.
- Worku, M.A., Taffese, W.Z., Hailemariam, B.Z., & Yehualaw, M.D. (2023). Cow Dung Ash in Mortar: An Experimental Study. *Appl. Sci.*, 13(10), 6218. <https://doi.org/10.3390/app13106218>