



**Makale / Research Paper**

**Genleştirilmiş Cam Agregalı ve Genleştirilmiş Perlit Agregalı Şap Harçlarının Performans Özelliklerinin Belirlenmesi**

Yusuf Tahir ALTUNCI<sup>1a\*</sup>, Cenk ÖCAL<sup>2b</sup>, Kemal SAPLIOĞLU<sup>3c</sup>, Hüseyin Hakan İNCE<sup>4d</sup>,  
Murat ÇEVİKBAŞ<sup>2e</sup>

<sup>1</sup>Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Teknik Bilimler MYO, İnşaat Bölümü, Isparta/TÜRKİYE,

<sup>2</sup>Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Isparta/TÜRKİYE,

<sup>3</sup>Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Isparta/TÜRKİYE,

<sup>4</sup>Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fak., İnşaat Müh. Bölümü, Burdur/TÜRKİYE,  
[yusufaltunci@isparta.edu.tr](mailto:yusufaltunci@isparta.edu.tr)

Received/Geliş: 16.06.2020

Accepted/Kabul: 05.10.2020

**Öz:** Bu çalışmada yüzey kaplama ve tesviye amacı ile kullanılan şap harcı üretiminde genleştirilmiş cam agregası ve genleştirilmiş perlit agregası kullanarak şap harçları üretilmiş ve şap harcı malzemesinin birim hacim ağırlığının azaltılması, ısı ve ses izolasyon performanslarının artırılması hedeflenmiştir. Bu amaçla inşaat sektöründe yaygın olarak kullanılan 4 tip çimento kullanılarak, genleştirilmiş cam agregası (0.25-0.5 mm) ve genleştirilmiş perlit agregası (0.25-0.5 mm), CEN standart kumu yerine %0, %15 ve %30 oranlarında ikame edilmiştir. Elde edilen ikameli şap numunelerinde yoğunluk, ısı ve ses izolasyon performans özellikleri deneyler ile belirlenmiştir. Bu deneylerde TS EN 13892-1 standardına göre şap harçları üretilmiş ve TS EN 13813 standardına göre çimento esaslı şap harçlarında belirlenmesi zorunlu olan basınç dayanımı, eğilme dayanımı ve aşınma direnci deneyleri yapılmıştır. Çalışmanın sonucunda; 17.60 MPa-58.00 MPa basınç dayanımı aralığında, 4.00 MPa-11.16 MPa eğilme dayanımı aralığında, 9.22 cm<sup>3</sup>/50 cm<sup>2</sup>-17.26 cm<sup>3</sup>/50 cm<sup>2</sup> aşınma direnci aralığında, 1.669 g/cm<sup>3</sup>-2.192 g/cm<sup>3</sup> yoğunluk aralığında, 0.151-0.249 ses yutma katsayısı aralığında ve 0.446 W/mK-0.817 W/mK ısı iletkenliği aralığında, genleştirilmiş cam agregalı ve genleştirilmiş perlit agregalı şap harçlar elde edilmiş olup şap harçlarının ilgili parametreler ile olan ilişkisi irdelenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Genleştirilmiş cam; genleştirilmiş perlit; şap harcı.

**Determination of Performance Characteristics of Screed Mortar with Expanded Glass Aggregate and Expanded Perlite Aggregate**

**Abstract:** In this study, it is aimed to reduce the density of the screed mortar and increase the heat and sound performance of the screed by using expanded glass aggregate and expanded perlite aggregate in screed mortar which is mainly used for surface coating and leveling in the construction sector. To achieve this objective, the most common four cement types in the construction industry were used, and expanded glass aggregates (0.25-0.5 mm) and expanded perlite aggregates (0.25-0.5mm) were replaced with CEN standard sand as the ratio of 0%, 15% and 30%. The density, heat and sound insulation performance properties of the substituted screed samples obtained were obtained through experiments. In these experiments, screed mortars were produced in accordance with TS EN 13892-1 standard, and tests concerning compressive strength, bending strength and wearing resistance, which were required to be determined in cement-based screed mortars according to TS EN 13813 standard were performed. In the light of the study; expanded glass aggregates and expanded perlite aggregates were used to obtain screed mortar with the strength range between 17.60 MPa and 58.00 MPa, bending strength range between 4.00 MPa and 11.16 MPa, wearing resistance range between 9.22 cm<sup>3</sup>/50cm<sup>2</sup> and 17.26 cm<sup>3</sup>/50cm<sup>2</sup>, density range between 1.669 g/cm<sup>3</sup> and 2.192 g/cm<sup>3</sup>, sound absorption range between 0.151 and 0.249, thermal conductivity range between 0.446 W/mK and 0.817 W/mK, and the related parameters were examined.

**Keywords:** Expanded glass; expanded perlite; screed mortar.

*Bu makaleye atf yapmak için*

Altunç, Y. T., Öcal, C., Saphoğlu, K., İnce H. H., Çevikbaş M., "Genleştirilmiş Cam Agregalı ve Genleştirilmiş Perlit Agregalı Şap Harçlarının Performans Özellikleri" El-Cezerî Fen ve Mühendislik Dergisi 2021, 8(1); 11-20.

*How to cite this article*

Altunç, Y. T., Öcal, C., Saphoğlu, K., İnce H. H., Çevikbaş M., "Performance Characteristics of Screed Mortar with Expanded Glass Aggregate and Expanded Perlite Aggregate" El-Cezerî Journal of Science and Engineering, 2021, 8(1); 11-20.

ORCID: <sup>a</sup>0000-0002-5418-7742, <sup>b</sup>0000-0002-1407-7637, <sup>c</sup>0000-0003-0016-8690, <sup>d</sup>0000-0003-1503-1742, <sup>e</sup>0000-0002-8421-6591

## 1. Giriş

Kullandığımız enerji miktarı her geçen gün artmakta ve bu artış ülke ekonomilerine büyük zararlar vermektedir [1]. Bununla birlikte enerji kaynaklarına olan talebin artmasına da neden olmaktadır [2]. Ülkemizde kullanılan elektrik enerjisinin %70'inin dışa bağımlı olması ve fosil kaynaklı yakıtların bir gün tükenecek olması enerji tasarrufu için alınabilecek önlemleri gündeme getirmiştir [3]. Enerjinin tasarrufu ile ilgili olarak 05.12.2009 tarihinden itibaren yürürlüğe giren "Binalarda Enerji Performans Yönetmeliği" [4] çerçevesinde enerji verimliliği yüksek yapı malzeme ve elemanlarına ihtiyaç duyulması ülkemiz için son derece önemli bir konu olmuştur. Aynı zamanda "Binaların Gürültüye Karşı Korunması Yönetmeliği" [5], 31.05.2018 tarihinden itibaren yürürlüğe girmiştir. Bu yönetmelik ile birlikte, konut içerisinde yürüme gibi darbe ile yayılan sesin iletimini engellemek için döşemeler belirli koşulları sağlamak zorunda olup, yapılan düzenleme ile yalıtım zorunluluk haline gelmiştir [6].

Dünyada ve ülkemizdeki teknolojik gelişmeler, artan şehir nüfus oranlarına paralel olarak enerjinin daha çok kullanımını artırmakta ve enerji alanında da olumlu gelişmeler meydana gelmektedir [3]. Yapı malzemesi sektöründeki firmalar sadece en iyi kalite, en geniş çeşitlilik ve en iyi fiyat için rekabet etmeyip aynı zamanda sürdürülebilir kalkınma, kurumsal sosyal sorumluluk ve çevrenin korunması için de birbirleriyle daha fazla rekabet etmek durumunda kalmaktadırlar [7]. Bu gelişmelerden dolayı; perlit kayacının, ısı işleme maruz bırakılması sonucu elde edilen genleştirilmiş perlit gibi malzemelerin yanında; yalıtım özelliği fazla, uzun ömürlü, geri dönüştürülmüş cam maddelerin ısı işleme maruz bırakılması sonucu elde edilen genleştirilmiş cam gibi sürdürülebilir yapı malzemelerinin piyasaya çıkarılması büyük önem taşımaktadır [1]. Avrupa piyasasında uzun yıllardan beri hafif beton üretiminde [7,8,9-10] kullanılan bu malzemelerin, farklı yapılar oluşturmaya oldukça elverişli yapısı sayesinde, diğer beton türlerinde de yaygın olarak kullanılması beklenmektedir. Bu amaçla, görsel güzellik ve özel kullanım amacı yanında genleştirilmiş cam agregası ve genleştirilmiş perlit agregası kullanarak yalıtım özellikleri geliştirilmiş, şap harcı adı verilen modern zemin kaplama malzemelerine her zaman ihtiyaç duyulmaktadır. Genleştirilmiş cam agregasının ve genleştirilmiş perlit agregasının; artan termal kararlılık, artan tokluk gibi büyük avantaj sağlayan özelliklerinden dolayı şap harcı üretiminde kullanılması performans ve ekonomiklik açısından önemlidir [1]. Bu kapsamda değerlendirildiğinde; genleştirilmiş cam ve genleştirilmiş perlit dayanıklılığının yanı sıra düşük yoğunluklu olması, ısı ve ses yalıtımını iyileştirmesi gibi avantajlara sahiptir [11,12]. Genleştirilmiş cam agreganın hacmi, atık camın hacminden yaklaşık olarak 17 kat daha fazladır ve bu özelliğinden dolayı suda batmayan beton kano yapımında da kullanılmaktadır [13,14]. Genleştirilmiş cam agregalar 16 mm tane boyutuna kadar üretilmektedir [12,15,16,17-18]. Ancak betonda iri agrega olarak kullanımı beton mukavemetini çok düşürmesi [7,8-19] sebebiyle tercih edilmediği için 4 mm'ye kadar olan cam agregalar sektörde daha çok kullanılmaktadır [20,21]. Bunun yanında ülkemizin volkanik kesimlerinde bolca bulunan perlit kayacı, yüksek ısı işlemlere maruz bırakıldığında, hacminin 20 katına kadar genişleyerek yüksek termal özelliğe, düşük birim hacim ağırlığa, fiziksel esnekliğe, kimyasal sabitliğe ve yangına dayanıklı bir yapıya dönüşerek [11,22]; izolasyon malzemelerinde, sıvalarda, yalıtım betonlarında, hafif yapı elemanlarında, gevşek dolgu gerektiren yerlerde, yüzey döşemelerinde ve farklı bağlayıcılarla yapılan özel amaçlı perlit betonlarında yapı malzemesi olarak yaygın bir biçimde kullanılmaktadır [11]. Literatürde, perlitli, genleştirilmiş perlitli, cam lif katkılı ve genleştirilmemiş cam ikameli harçlar ve betonlar hakkında sayısız çalışma bulunmakta, fakat şap harcı üretiminde, genleştirilmiş camın ve genleştirilmiş perlitin agrega olarak kullanılması ile birim hacim ağırlığının azaltıldığı, ısı iletkenlik değerlerinin ve ses yutma katsayısı özelliklerinin incelendiği bir çalışma bulunmamaktadır [1].

Bu çalışmada, şap harcı üretimlerinde, genleştirilmiş cam agregası ve genleştirilmiş perlit agregası CEN standart kumu yerine %30 oranına kadar ikame edilerek TS EN 13892-1 standardı [23] kapsamında şap harcının birim hacim ağırlığının azaltılması, ısı ve ses izolasyon performanslarının

artırılması hedeflenmiştir. Bu sebeple bu çalışma kapsamında, inşaat sektöründe yaygın olarak kullanılan 4 tip çimento (CEM I 42.5 R, CEM I 52.5 N, CEM II 42.5 R ve CEM IV 32.5 N) ile geliştirilmiş cam ve geliştirilmiş perlit agregalarını CEN standart kumu yerine %0, %15 ve %30 oranlarında ikame ederek şap harçları üretilmiş; TS EN 13813 standardına [24] göre yapılan sertleşmiş şap harcı mekanik özelliklerine (eğilme dayanımı, basınç dayanımı ve aşınma direnci deneyleri) ek olarak yoğunluk, ısı iletkenlik ve ses yutma katsayısı değerleri belirlenmiştir. Bu çalışma ile geliştirilmiş cam agregalı şap harçlarının ve geliştirilmiş perlit agregalı şap harçlarının performans özellikleri belirlenmiş olup, bu malzemelerin inşaat sektöründe kullanılabilirliği irdelenmiştir. Buna ek olarak geliştirilmiş camların geri dönüşümü ile de hem çevresel hem de endüstriyel yönden katkı sağlanmıştır.

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. Materyal

Deneyisel çalışmalarda; CEM I 42.5 R portland çimento [25], CEM I 52.5 N portland çimento [26], CEM II/A-M (P-LL) 42.5 R portland kompoze çimento [27] ve CEM IV/B (P) 32.5 N puzolanik çimento türleri [28] ile  $2.56 \text{ g/cm}^3$  yoğunluğundaki CEN standart kumu, 0.25–0.5 mm elek çapı aralığındaki ve  $0.38 \text{ g/cm}^3$  yoğunluğundaki geliştirilmiş cam granülleri [29] ve 0.25–0.5 mm elek çapı aralığındaki ve  $0.15 \text{ g/cm}^3$  yoğunluğundaki geliştirilmiş perlit [22] kullanılmıştır.

Deneyisel çalışmalarda kullanılan çimentoların, kimyasal, fiziksel ve mekanik özellikleri Tablo 1’de [25,26,27-28], CEN standart kumunun granülometrisi Tablo 2’de, geliştirilmiş cam granüllere ve geliştirilmiş perlite ait teknik bilgiler ise Tablo 3’de [22,29] verilmiştir.

**Tablo 1.** Deneyisel çalışmalarda kullanılan çimentoların kimyasal, fiziksel ve mekanik özellikleri [25,26,27-28]

Çimento türü	Cl (%)	SO <sub>3</sub> (%)	Priz başlama (dakika)	Genleşme (mm)	Basınç dayanımı (MPa)		
					2 günlük	7 günlük	28 günlük
CEM I 42.5 R	0.004	2.75	156	0.46	24.3	----	50.1
CEM I 52.5 N	0.0008	2.59	140	0	30.2	----	54.9
CEM II/A-M (P-LL) 42.5 R	0.012	2.77	139	0.36	23.9	----	48.1
CEM IV/B (P) 32.5 N	0.013	2.80	143	0.35	----	25	36.6

**Tablo 2.** CEN standart kumun granülometrisi [1]

Kare göz açıklığı (mm)	2.00	1.60	1.00	0.50	0.16	0.08
Kümülatif elekte kalan (%)	0	8 ± 2	34 ± 2	66 ± 2	7 ± 2	99 ± 1

**Tablo 3.** Geliştirilmiş cam granüllere ve geliştirilmiş perlite ait teknik bilgiler [22,29]

	Yoğunluk (g/cm <sup>3</sup> )	Su emme (%)	Yumuşama noktası (°C)	pH değeri (pH)
Genleştirilmiş cam	0.37 ± 0.04	17	700	8 – 11
Genleştirilmiş perlit	0.032 – 0.18	200 – 600	871 – 1093	6.8

### 2.2. Metot

Şap harçları ağır bir yapı malzemesi olup, ısı ve ses izolasyon performansları sıklıkla önemsenmemektedir. Bu çalışmada yüzey kaplama ve tesviye amacı ile kullanılan şap harcı

üretiminde CEM I 42.5 R [25], CEM I 52.5 N [26], CEM II 42.5 R [27] ve CEM IV 32.5 N [28] çimento türleri ile genleştirilmiş cam agregası (0.25-0.5 mm) [29] ve genleştirilmiş perlit agregası (0.25-0.5 mm) [22], CEN standart kumu yerine %0, %15 ve %30 oranlarında hacimce ikame edilerek genleştirilmiş cam agregalı ve genleştirilmiş perlit agregalı şap harcı numuneleri TS EN 13892-1 Şap Malzemeleri - Deney Metotları - Bölüm 1: Deneyle İçin Numune Alma, Hazırlama ve Kürleme (2004) standardına göre üretilmiş [23] ve üretilen numuneler TS EN 196-1 (2016) standardına göre kalıplara yerleştirilmiştir [30]. Numuneler 1 gün sonra kalıptan çıkartılarak, kür havuzlarına konulmuştur. Üretilen sertleşmiş şap harcı örneklerine ait bazı görseller Şekil 1'de verilmiştir.



**Şekil 1.** Üretilen sertleşmiş şap harcı örneklerine ait bazı görseller [1]

Süresi gelen ve yapılacak deney önceden belirlenen numuneler kür havuzundan çıkartılarak, TS EN 13813 standardına [24] göre çimento esaslı şap harçlarına yapılması zorunlu olan; TS EN 196-1 (2016) standardına göre eğilme dayanımı ve basınç dayanımı deneyleri [30] ile TS EN 13892-3 (2015) standardına göre Böhme aşınma direnci deneyine [31] tabi tutulmuş, daha sonra bu deneylere ek olarak TS EN 12390-7 (2010) standardına göre yoğunluk [32], TS EN ISO 10534-1 (2004) [33] ve TS EN ISO 10534-2 (2003) [34] standardına göre ses yutma katsayısı deneyleri ve TS EN 12664 (2009) standardına göre ısı iletkenlik deneyleri [35] yapılarak şap harcı malzemesinin birim hacim ağırlığının azaltılması, ısı ve ses izolasyon performanslarının artırılması hedeflenmiştir. Kullanılan kodlamaya ait detaylı bilgilendirme ise Tablo 4'de belirtilmiştir.

**Tablo 4.** Genleştirilmiş cam agregalı ve genleştirilmiş perlit agregalı şap harçlarına ait kodlama detayları

Kullanılan çimento türü	Kodlama ilk 2 hanesi	Çimento türü	Kodlama 3. Hanesi
CEM I	CI	32.5	A
CEM II	CII	42.5	B
CEM IV	CIV	52.5	C
Genleştirilmiş cam ve genleştirilmiş perlit ikame oranı	Genleştirilmiş cam için kodlamanın sonraki 3 veya 4 hanesi	Genleştirilmiş perlit için kodlamanın sonraki 3 veya 4 hanesi	
%0, %15 ve %30	EG, 15EG ve 30EG	EP, 15EP ve 30EP	

Örneğin CIB15EG kodu, CEM I 42.5 çimentosu kullanılarak ve CEN standart kum yerine %15 genleştirilmiş cam agregası ikame edilerek üretilen örneği ifade etmektedir. Çalışma süresince yapılan deneysel çalışmalar ise Tablo 5'de özetlenmiştir.

**Tablo 5.** Çalışma süresince yapılan deneysel çalışmalar ve ilgili standartlar

Yapılan Deneysel Çalışma	İlgili Standart
Sertleşmiş Harç Yoğunluk	TS EN 12390-7. (2010). Beton - Sertleşmiş Beton Deneyleri - Bölüm 7: Sertleşmiş Beton Yoğunluğunun Tayini. Türk Standartları, Ankara [32].
Eğilme ve Basınç Dayanımı	TS EN 196-1. (2016). Çimento deney metotları - Bölüm 1: Dayanım tayini. Türk Standartları, Ankara [30].
Böhme Aşınma Direnci	TS EN 13892-3. (2015). Şap Malzemeleri – Deneysel Yöntemleri – Bölüm 3: Aşınma Direncinin Tayini – Böhme. Türk Standartları, Ankara [31].
Ses Yutma Katsayısı	TS EN ISO 10534-1. (2004). Akustik- Empedans Borularında Ses Absorplama Katsayısı ve Empedansın Tayini- Bölüm 1: Duran Dalga Oranını Kullanma Metodu. Türk Standartları, Ankara [33]. TS EN ISO 10534-2. (2003). Akustik-Empedans Borularındaki Ses Absorpsiyon Katsayısının Ve Empedansın Tayini-Bölüm 2: Aktarım Fonksiyonu Metodu. Türk Standartları, Ankara [34].
Isıl İletkenlik Katsayısı	TS EN 12664. (2009). Yapı Malzemeleri Ve Mamulleri- Isıl Direncin, Korumalı Tablalı Isıtıcı ve Isı Akı Ölçerinin Kullanıldığı Metotlarla Tayini- Isıl Direnci Orta Ve Düşük Seviyede Olan Kuru Ve Rutubetli Mamuller. Türk Standartları, Ankara [35].

### 3. Araştırma Bulguları

#### 3.1. TS EN 13813 Standardı Kapsamında Yapılan Deneylerin Sonuçları (Eğilme Dayanımı, Basınç Dayanımı Ve Aşınma Direnci Deneyleri)

Genleştirilmiş cam agregalı ve genleştirilmiş perlit agregalı şap harçlarının mekanik özelliklerini belirlemek için; TS EN 196-1 (2016) [30] standardına göre yapılan 28 günlük eğilme ve basınç dayanımı deney sonuçları ve TS EN 13892-3 (2015) [31] standardına göre yapılan Böhme aşınma direnci deney sonuçları ve TS EN 13813 (2004) [24] standardına göre örneklerin özelliklerine göre kısa gösterimleri Tablo 6 ve Tablo 7’de verilmiştir.

**Tablo 6.** Genleştirilmiş cam agregalı şap harçlarına ait mekanik deney sonuçları ve TS EN 13813 standardına göre kısa gösterimi

Numune	Eğilme Dayanımı (MPa)	Basınç Dayanımı (MPa)	Böhme aşınma miktarı(cm <sup>3</sup> /50cm <sup>2</sup> )	TS EN 13813 (2004) [24] Kısa gösterim
CIB	8.17	50.70	10.92	CT-C50-F8-A10
CIB15EG	7.42	45.56	12.18	CT-C45-F7-A12
CIB30EG	6.75	38.74	14.03	CT-C38-F6-A14
CIC	11.16	58.00	9.22	CT-C58-F11-A9
CIC15EG	10.71	48.40	11.13	CT-C48-F10-A11
CIC30EG	10.43	41.42	13.26	CT-C41-F10-A13
CIIB	7.45	50.30	11.01	CT-C50-F7-A11
CIIB15EG	7.16	43.75	12.84	CT-C43-F7-A12
CIIB30EG	6.42	37.61	14.19	CT-C37-F6-A14
CIVA	4.60	37.30	14.54	CT-C37-F4-A14
CIVA15EG	4.48	28.17	15.63	CT-C28-F4-A15
CIVA30EG	4.17	20.27	16.08	CT-C20-F4-A16

**Tablo 7.** Genleştirilmiş perlit agregalı şap harçlarına ait mekanik deney sonuçları ve TS EN 13813 standardına göre kısa gösterimi

Numune	Eğilme Dayanımı (MPa)	Basınç Dayanımı (MPa)	Böhme aşınma miktarı (cm <sup>3</sup> /50cm <sup>2</sup> )	TS EN 13813 (2004) [24] Kısa gösterim
CIB	8.17	50.70	10.92	CT-C50-F8-A10
CIB15EP	7.01	42.70	13.06	CT-C42-F7-A13
CIB30EP	6.44	35.63	14.55	CT-C35-F6-A14
CIC	11.16	58.00	9.22	CT-C58-F11-A9
CIC15EP	10.77	44.20	11.94	CT-C44-F10-A11
CIC30EP	10.47	38.95	13.85	CT-C38-F10-A13
CIIB	7.45	50.30	11.01	CT-C50-F7-A11
CIIB15EP	6.81	42.40	13.15	CT-C42-F6-A13
CIIB30EP	6.40	34.90	14.63	CT-C34-F6-A14
CIVA	4.60	37.30	14.54	CT-C37-F4-A14
CIVA15EP	4.42	26.95	15.79	CT-C26-F4-A15
CIVA30EP	4.00	17.60	17.26	CT-C17-F4-A17

Tüm genleştirilmiş cam agregalı ve genleştirilmiş perlit agregalı şap harçları arasında en etkili basınç, eğilme ve aşınma özelliğine sahip örneklerin şahit örnekler olduğu, deney örnek gruplarının ve çimento türlerinin basınç dayanımı, eğilme dayanımı ve aşınmaya karşı direnç açısından sırasıyla CIC>CIB>CIIB>CIVA ve EG>EP şeklinde sıralandığı gözlemlenmiştir. Ayrıca yapılan deneyler sonucunda ikame oranı artışı ile basınç dayanımı, eğilme dayanımı ve aşınma direnci özelliklerinin olumsuzlaştığı belirlenmiştir. Bu durum literatürde karışıma eklenen hafif agrega miktarı arttıkça, hafif agregalı betonların yoğunluklarının azaldığı ve dolayısıyla mekanik özelliklerinin olumsuz etkilendiği bilgisiyle örtüşmektedir [36,37-38]. Ayrıca genleştirilmiş cam agregalı örneklerin basınç dayanımı, eğilme dayanımı ve aşınma dirençlerinin genleştirilmiş perlit agregalı örneklerin aşınma dirençlerinden az da olsa daha etkili olduğu gözlemlenmiştir. Buradaki durum genleştirilmiş camın yoğunluğunun (0.38 g/cm<sup>3</sup>) genleştirilmiş perlitin yoğunluğundan (0.15 g/cm<sup>3</sup>) daha fazla olması ile açıklanabilir.

### 3.2. TS EN 13813 Standartı Kapsamı Dışında Yapılan Deneylerin Sonuçları (Yoğunluk, Ses Yutma Katsayısı ve Isıl İletkenlik Deneyleri)

Genleştirilmiş cam agregalı ve genleştirilmiş perlit agregalı şap harçlarının fiziksel özelliklerini belirlemek için; TS EN 12390-7 (2010) [32] standardına göre yapılan sertleşmiş yoğunluk deney sonuçları ve termal özelliklerini belirlemek için; TS EN ISO 10534-1 (2004) [33] ve TS EN ISO 10534-2 (2003) [34] standardına göre yapılan ses yutma katsayısı deney sonuçları ve TS EN 12664 (2009) [35] standardına göre yapılan ısı iletkenlik deneyi sonuçları Tablo 8 ve Tablo 9'da verilmiştir.

Tüm genleştirilmiş cam agregalı ve genleştirilmiş perlit agregalı şap harçları arasında en yüksek ses yutma kapasitesine ve en düşük ısı iletkenlik değerine sahip örnek gruplarının ve çimento türlerinin sırasıyla CIVA>CIIB>CIB>CIC ve EP>EG şeklinde sıralandığı gözlemlenmiştir. Ayrıca yapılan deneyler sonucunda ikame oranı artışı ile örneklerin yoğunluklarının azalmasına bağlı olarak ses yutma kapasitelerinin arttığı ve ısı iletkenlik değerlerinin ise azaldığı gözlemlenmiştir. Deney sonuçlarının literatür bilgileri aralığında olması [36,39-40], üretmiş olduğumuz genleştirilmiş cam agregalı ve genleştirilmiş perlit agregalı şap harçlarının, yalıtımlı şap betonu uygulamalarında kullanılabileceğini göstermektedir. Ayrıca genleştirilmiş perlit agregalı örneklerin hem ses yutma

kapasitelerinin hem de ısı iletkenlik performanslarının genleştirilmiş cam agregalı örneklerinkinden az da olsa daha üstün olduğu gözlemlenmiştir. Bu yüzden yalıtım özelliklerinin ön plana çıktığı yalıtımlı şap betonu uygulamalarında öncelikle genleştirilmiş perlit agregalarının, daha sonra ise genleştirilmiş cam agregalarının tercih edilmesi uygun olacaktır.

**Tablo 8.** Genleştirilmiş cam agregalı şap harçlarına ait yoğunluk, ses yutma katsayısı ve ısı iletkenlik değeri deney sonuçları

Numune	TS EN 13813 (2004) [24] Kısa Gösterim	Yoğunluk (g/cm <sup>3</sup> )	Ses Yutma Katsayısı	Isıl İletkenlik Değeri (W/Mk)
CIB	CT-C50-F8-A10	2.157	0.159	0.781
CIB15EG	CT-C45-F7-A12	1.950	0.197	0.652
CIB30EG	CT-C38-F6-A14	1.742	0.224	0.571
CIC	CT-C58-F11-A9	2.192	0.151	0.817
CIC15EG	CT-C48-F10-A11	1.983	0.172	0.717
CIC30EG	CT-C41-F10-A13	1.770	0.218	0.603
CIIB	CT-C50-F7-A11	2.149	0.172	0.732
CIIB15EG	CT-C43-F7-A12	1.942	0.201	0.644
CIIB30EG	CT-C37-F6-A14	1.737	0.225	0.570
CIVA	CT-C37-F4-A14	2.084	0.187	0.722
CIVA15EG	CT-C28-F4-A15	1.878	0.210	0.608
CIVA30EG	CT-C20-F4-A16	1.683	0.241	0.467

**Tablo 9.** Genleştirilmiş perlit agregalı şap harçlarına ait yoğunluk, ses yutma katsayısı ve ısı iletkenlik değeri deney sonuçları

Numune	TS EN 13813 (2004) [24] Kısa Gösterim	Yoğunluk (g/cm <sup>3</sup> )	Ses Yutma Katsayısı	Isıl İletkenlik Değeri (W/Mk)
CIB	CT-C50-F8-A10	2.157	0.159	0.781
CIB15EP	CT-C42-F7-A13	1.931	0.207	0.614
CIB30EP	CT-C35-F6-A14	1.718	0.239	0.501
CIC	CT-C58-F11-A9	2.192	0.151	0.817
CIC15EP	CT-C44-F10-A11	1.975	0.187	0.699
CIC30EP	CT-C38-F10-A13	1.763	0.220	0.590
CIIB	CT-C50-F7-A11	2.149	0.172	0.732
CIIB15EP	CT-C42-F6-A13	1.937	0.205	0.634
CIIB30EP	CT-C34-F6-A14	1.722	0.235	0.570
CIVA	CT-C37-F4-A14	2.084	0.187	0.722
CIVA15EP	CT-C26-F4-A15	1.876	0.215	0.605
CIVA30EP	CT-C17-F4-A17	1.669	0.249	0.446

#### 4. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada inşaat sektöründe yüzey kaplama ve tesviye amacı ile en çok kullanılan şap harcının özelliklerini iyileştirmek için, genleştirilmiş cam agregası ve genleştirilmiş perlit agregası, şap harcı bileşeni olarak kullanılmış ve bu şekilde şap harcı malzemesinin eğilme dayanımı, basınç dayanımı ve aşınma direnci özelliklerinin artırılmasına ek olarak birim hacim ağırlığının azaltılması, ısı ve ses izolasyon performanslarının artırılması hedeflenmiştir. Elde edilen bilgiler ışığında,

genleştirilmiş cam ve genleştirilmiş perlitin; yapıların ağırlığını azaltma, termal özelliklerini iyileştirme gibi performans artırıcı özelliklerinden dolayı, CEN standart kum yerine ikame edilerek şap harcı üretiminde sürdürülebilir yapı malzemesi olarak kullanılmasının faydalı olacağı sonucuna ulaşılmıştır. Genleştirilmiş cam ve genleştirilmiş perlit malzemesinin performans özellikleri karşılaştırıldığında ise; mukavemetin önem kazandığı yerlerde genleştirilmiş camın, hafifliğin önem kazandığı yerlerde ise genleştirilmiş perlitin tercih edilmesi uygun olacaktır. Bununla birlikte genleştirilmiş cam agregalı şap harçlarının tercih edilmesi, atık camların çevreye verdiği zararı kısmen de olsa azaltabilir. Ayrıca konu ile ilgili çalışmaların; sıva harcı, beton, hafif beton, kendiliğinden yerleşen beton, püskürtme beton gibi diğer özel betonlarla sürdürülmesinin faydalı olacağı düşünülmektedir.

## Teşekkür

118M111 kodlu bu proje, TÜBİTAK tarafından desteklenmiştir. Bu çalışmanın ortaya çıkmasında verdiği destekten ötürü TÜBİTAK'a ve katkılarından dolayı Göltaş Çimento A.Ş.' ye teşekkür ederiz.

## Kaynaklar

- [1]. Altuncu Y. T., “Genleştirilmiş Cam Agregalı ve Genleştirilmiş Perlit Agregalı Şap Harçlarının Performans Özellikleri”, Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, 2019.
- [2]. Çalışkan Ş., “Türkiye'nin Enerjide Dışa Bağımlılık Ve Enerji Arz Güvenliği Sorunu”, Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 2009, 25, 297-310.
- [3]. Alcan Y., Demir M., Duman S., “Sinop İlinin Güneş Enerjisinden Elektrik Üretim Potansiyelinin Ülkemiz Ve Almanya İle Karşılaştırarak İncelenmesi”, El-Cezerî Fen ve Mühendislik Dergisi, 2018, 5(1): 35-44.
- [4]. Resmi Gazete. Yönetmelik. <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2008/12/20081205-9.htm> (Erişim Tarihi: 18.01.2019).
- [5]. Resmi Gazete. Yönetmelik. <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2017/05/20170531-7.htm> (Erişim Tarihi: 18.01.2019).
- [6]. Winworld. İZODER Açıklama. <http://www.winworld.net/haberler/1-haziranda-yururluge-giren-iki-yeni-yonetmelikle-binalarda-su-ve-ses-yalitimi-zorunlu-oldu.html> (Eriş. Tarihi: 18.01.2019).
- [7]. Kralj D., “Experimental Study of Recycling Lightweight Concrete with Aggregates Containing Expanded Glass”, Process Safety and Environmental Protection, 2009, 87(4), 267-273.
- [8]. Nemes R., Józsa Z., “Strength of Lightweight Glass Aggregate Concrete”, Journal of Materials in Civil Engineering, 2006, 710-714.
- [9]. Bumanis G., Bajare D., Korjakins A., “Mechanical and Thermal Properties of Lightweight Concrete Made from Expanded Glass”, Journal of Sustainable Architecture And Civil Engineering, 2013, 2(3), 26-32.
- [10]. Carsana M., Bertolini L., “Durability of Lightweight Concrete with Expanded Glass and Silica Fume”, ACI Materials Journal, 2017, 207-213.
- [11]. Keskin F.Ş., Yıldırım S.T., “Taguchi Metoduyla Deneysel Tasarım Kullanarak Yalıtımlı Harç İçin Perlit ve Taban Külü Kullanılabilirliğinin Araştırılması”, El-Cezerî Fen ve Mühendislik Dergisi, 2016, 3(1): 91-102.
- [12]. Perhabbe. Genleştirilmiş Cam Bilgi. <http://www.perhabbe.com/perHAbbe%C2%AEGenlesmis-Cam,s4.html> (Erişim Tarihi: 19.01.2019).
- [13]. ASCE. Suda Batmayan Beton Bilgi. <https://www.infrastructurereportcard.org/> (Erişim Tarihi: 18.01.2019).



- [14]. ITUMHK. Suda Batmayan Beton Kano. <http://www.itumhk.com/> (Erişim Tarihi: 18.01.2019).
- [15]. Misapor. Teknik Bilgi. <http://www.misapor.ch/en> (Erişim Tarihi: 18.01.2019).
- [16]. Liaver. Teknik Bilgi. <http://www.liaver.com/reapor/> (Erişim Tarihi: 18.01.2019).
- [17]. Poraver. Teknik Bilgi. <http://www.poraver.com/en/poraver/> (Erişim Tarihi: 18.01.2019).
- [18]. Stikloporas. Teknik Bilgi. <http://www.stikloporas.lt/Produktas/Savybes> (Erişim Tarihi: 18.01.2019).
- [19]. Yu, R., Onna, D. V., Spiesz, P., Yu, Q. L., Brouwers, H. J. H., “Development of Ultra-Lightweight Fibre Reinforced Concrete Applying Waste Glass”, *Jornal of Cleaner Production*, 2016, 112, 690-701.
- [20]. Ismail, Z. Z., Al-Hashmi, E. A., “Recycling of Waste Glass as a Partial Replacement for Fine Aggregate in Concrete”, *Waste Management*, 2009, 29(2), 655-659.
- [21]. Rashad A. M., “Recycled Waste Glass as Fine Aggregate Replacement in Cementitious Materials Based on Portland Cement”, *Construction and Building Materials*, 2014, 72, 340-357.
- [22]. Ultraper. Teknik Bilgi. [http://www.ultraper.com/-page\\_id=32.htm](http://www.ultraper.com/-page_id=32.htm) (Erişim Tarihi: 18.01.2019).
- [23]. TS EN 13892-1, “Şap Malzemeleri – Deney Metotları – Bölüm 1: Deneyler için Numune Alma, Hazırlama ve Kütleme”, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2004.
- [24]. TS EN 13813, “Şap Malzemeleri ve Zemine Uygulanan Şaplar - Şap Malzemeleri - Özellikler ve Gerekler”, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2004.
- [25]. Göltaş. Teknik Bilgi. <http://www.Goltas.com.tr/files/urunlerimiz/dgjrapbsb6jsoc0c0kg.pdf> (Erişim Tarihi: 19.01.2019).
- [26]. Göltaş. Teknik Bilgi. <http://www.Goltas.com.tr/files/urunlerimiz/2n6ovha9ftkws88ggg.pdf> (Erişim Tarihi: 19.01.2019).
- [27]. Göltaş. Teknik Bilgi. <http://www.Goltas.com.tr/files/urunlerimiz/pwnnb8yfadcwk4coc4.pdf> (Erişim Tarihi: 19.01.2019).
- [28]. Göltaş. Teknik Bilgi. <http://www.Goltas.com.tr/files/urunlerimiz/b9cpybnmq74g0og8sk.pdf> (Erişim Tarihi: 19.01.2019).
- [29]. Perhabbe. Teknik Bilgi. <http://www.perhabbe.com/Teknik-Bilgiler,s11.html> (Erişim Tarihi: 19.01.2019).
- [30]. TS EN 196-1, “Çimento Deney Metotları - Bölüm 1: Dayanım tayini”, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2016.
- [31]. TS EN 13892-3, “Şap Malzemeleri – Deney Metotları – Bölüm 2: Aşınma Direncinin Tayini – Böhme”, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2015.
- [32]. TS EN 12390-7, “Beton - Sertleşmiş Beton Deneyleri - Bölüm 7:Sertleşmiş Beton Yoğunluğunun Tayini”, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2010.
- [33]. TS EN ISO 10534-1, “Akustik- Empedans Borularında Ses Absorplama Katsayısı ve Empedansın Tayini - Bölüm 1: Duran Dalga Oranını Kullanma Metodu”, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2004.
- [34]. TS EN ISO 10534-2, “Akustik-Empedans Borularındaki Ses Absorpsiyon Katsayısının Ve Empedansın Tayini-Bölüm 2: Aktarım Fonksiyonu Metodu”, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2003.
- [35]. TS EN 12664, “Yapı Malzemeleri Ve Mamulleri - Isıl Direncin, Korumalı Tablalı Isıtıcı ve Isı Akı Ölçerinin Kullanıldığı Metotlarla Tayini - Isıl Direnci Orta Ve Düşük Seviyede Olan Kuru Ve Rutubetli Mamuller”, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2009.
- [36]. Kılıç, F. M., “Hafif Şap ile Normal Şap Uygulamasının Karşılaştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri, 2018.
- [37]. Balun, B., “Hafif Agregalı Kendiliğinden Yerleşen Harçların Mekanik ve Durabilite Özellikleri”, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ, 2013.

- [38]. Demirboęa, R., Göl, R., Örüng, İ., ‘‘Effects Of Expanded Perlite Aggregate And Mineral Admixtures On The Compressive Strength Of Low- Density Concretes’’, Cement and Concrete Research, 2001, 31, 1627-1632.
- [39]. Demirboęa, R., Göl, R., ‘‘The Effects Of Expanded Perlite Aggregate, Silica Fume And Fly Ash On The Thermal Conductivity Of Lightweight Concrete’’, Cement and Concrete Research, 2003, 33, 723-727.
- [40]. Clarke, J. L., ‘‘Structural Lightweight Aggregate Concrete’’, Blackie Academic & Professional, 1993, London.