



Bims Agregalı ve Genleştirilmiş Perlit Agregalı Hafif Kompozit Harçların Özelliklerinin Deneysel Olarak İncelenmesi

Experimental Investigation on Properties of Lightweight Composite Mortars with Pumice and Expanded Perlite Aggregates

Salih Taner YILDIRIM^{1,*}, Erman BABA¹

¹ İnşaat Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Kocaeli Üniversitesi, Umuttepe Kampüsü, Kocaeli, 41380, Türkiye

Araştırma Makalesi

Gönderilme Tarihi : 08/06/2018

Kabul Tarihi : 12/06/2018

Anahtar Kelimeler

Bims Agregası
Çimento
Genleştirilmiş Perlit
Hafif ve Yalıtımlı Kompozit Harç

Özet

Hafif agregalar kullanılarak; hafif beton, duvar bloğu, sıva ve şap gibi bağlayıcısı çimento olan birçok hafif ve yalıtımlı kompozit ürün elde edilmektedir. Özellikle genleştirilmiş perlit ve bims agregaları bu kompozitlerde kullanılan agrega türlerinden en popüler olanlardır. Bu çalışmada hacimsel olarak %, 25, 50, 75 ve 100 oranlarında genleştirilmiş perlit ve bims agregaları ile m³'te 250 kg çimento kullanılarak üretilen kompozit harçlar kullanılmıştır. Elde edilen 5 tip numune üzerinde; kuru birim ağırlık, su emme, basınç dayanımı, kılcal su emme ve ısı iletkenlik testleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre bims agregası arttıkça basınç dayanımı, su emme ve kılcalık özellikleri olumlu etkilenirken, kuru birim ağırlık ve ısı iletkenlik özellikleri olumsuz etkilenmiştir. Özellikle genleştirilmiş perlit ve bims agregalarının %50 oranlarında karıştırılmasının en iyi sonuçları verdiği gözlenmiştir.

Research Paper

Received Date : 08/06/2018

Accepted Date : 12/06/2018

Keywords

Cement
Expanded Perlite
Lightweight and Insulated Composite Mortar
Pumice

Abstract

Cement-bonded lightweight and insulated composite products that are such as lightweight concrete, wall blocks, plaster and screed, such as binding cement are obtained using lightweight aggregates. Especially expanded perlite and pumice are the most popular aggregate types used in these composites. In this study, composite mortars produced by using expanded perlite and pumice at 0, 25, 50, 75 and 100% by volume and cement of 250 kg at m³ were used. Dry unit weight, water absorption, compressive strength, sorptivity and thermal conductivity tests were performed on the samples of 5 types. According to the obtained results, the compressive strength, water absorption and sorptivity were positively affected while dry unit weight and thermal conductivity properties were adversely affected as the pumice increased in composite. It has been observed that mixing 50% of the expanded perlite and pumice gives the best results.

1. Giriş

Çimentolu malzemeler Dünya'da en yaygın kullanımı olan malzemeler arasındadır. İnşaat sektöründe çimentodan üretilen harçlar kolay şekillendirilebildiğinden hemen hemen her yerde kullanılmaktadır [1]. Harç, blok veya tuğlayı bir duvar düzeneğine entegre eden bir yapıştırıcı olarak bilinir. Yüzyıllar önce, kum ve kireç kombinasyonları harç olarak kullanılmıştır. Fakat kirecin kullanımının dayanım kazanma sürecini çok fazla uzattığı bilinmektedir [2]. Sektörel gelişimler kirecin yerini

çimentonun almasını sağlayarak, harçların kullanımını daha çok duvarcılıkta mümkün kılmıştır. Beton onarımı, inşaat tadilatı, fayans sabitleme, civataların tutturulması gibi diğer birçok uygulama da yeni harç üretimleri ile başarılı bir şekilde denenmiştir [3, 4]. Zemin şap harçları ve ısı yalıtım blokları ile sıvaları diğer pazar örnekleridir [5]. Harçlar agregalar ve dolgu maddeleri, bağlayıcılar ve gerektiğinde katkı maddelerinden oluşturulmaktadır [6].

Harçlarda hafif agregaların kullanımı gündeme geldiğinde mekanik özelliklerden çok yalıtımsal değer ve hafiflik dikkate alınmaktadır. Genleştirilmiş perlit, taban külü ve bims gibi agregaların kullanımı ile hafif ürünler elde etmek ve bu ürünlerden ısı izolasyonu elde etmek

* Sorumlu Yazar (Corresponding Author): styildirim@kocaeli.edu.tr

mümkündür [7, 8]. Perlit doğal bir kaynak olup Türkiye, Dünya rezervinin %74'üne sahiptir ve yaklaşık 6.6 Milyon tonun 4.5 Milyon tonu Türkiye'dedir [9, 10]. Ayrıca Türkiye 10 farklı tipte 3 Milyar m³ lük bims agregası rezervine de sahiptir [11]. Bu yüzden bu tür mevcut doğal kaynakların kullanılarak inşaat sektörüne kazandırılması da son zamanlarda popüler olan geri dönüşüm kadar önem taşımaktadır.

Perlit ve bims; iç boşluklarının fazla olmasından dolayı; hafiflik, ısı yalıtımı ve yanmazlık yönleriyle çok tercih edilebilecek, enerji etkinliğini arttırabilen malzemelerdir [8, 12-15]. Bu malzemeler ile Dünya'da üretilmiş olan pek çok hafif beton, yalıtımsal duvar blokları ve levhaları, şaplar ve sıvalar mevcuttur [14, 16, 17].

Bu çalışmada perlit ve bims agregaları kullanarak

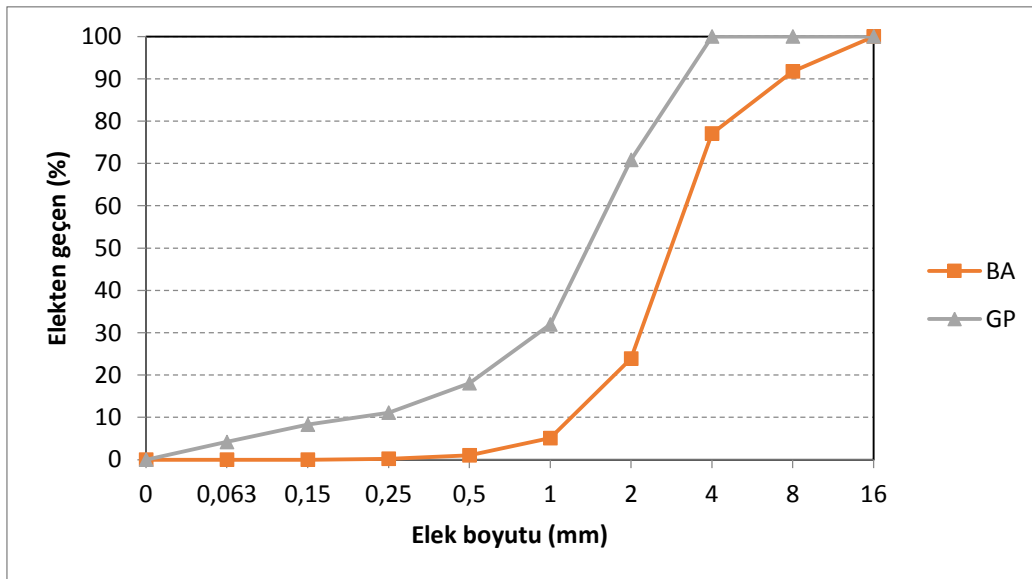
çimentolu olarak üretilen harç ve levhalar üretilmiştir. Harçlar üzerinden birim ağırlık, su emme ve basınç dayanımı; plakalar üzerinden ısı iletkenlik testleri yapılmıştır.

2. Malzeme ve Dizayn

Yapılan deneysel çalışmada bağlayıcı olarak CEM I 42,5 çimentosu, agrega ve dolgu malzemesi olarak geliştirilmiş perlit (GP) ve bims agregası (BA) kullanılmıştır. Kullanılan çimentonun bazı fiziksel, kimyasal ve mekanik özellikleri Tablo 1'de verilmiştir. GP özgül ağırlığı 0,13 g/cm³ ve su emmesi %123, BA özgül ağırlığı 1,52 g/cm³ ve su emmesi %35,7 olarak bulunmuştur. Şekil 2'de çalışmada kullanılan agregaların granülometrilere verilmiştir.

Tablo 1. Kullanılan çimentonun bazı fiziksel, kimyasal ve mekanik özellikleri

Kimyasal analiz	%	Fiziksel ve Mekanik özellikler	
SiO ₂	20,5	Özgül yüzey, cm ² /g	3510
Al ₂ O ₃	4,65	Özgül ağırlık, gr/cm ³	3,12
Fe ₂ O ₃	3,40	Priz başlama periyodu, dakika	153
CaO	62,7	Priz bitiş periyodu, dakika	188
MgO	1,02	Basınç dayanımı	
SO ₃	2,21	2 gün, MPa	30,2
TiO ₂	-	7 gün, MPa	51,1
Na ₂ O	0,18	28 gün, MPa	62,2
K ₂ O	0,41		
Klor (Cl-)	0,01		
Çözünmez kalıntı	0,60		
Kızdırma kaybı	2,15		



Şekil 1. Kullanılan agrega granülometrilere

Tablo 2. Karışımda kullanılan katı madde miktarları

Sıra No	Numune Tipi	Çimento dozajı (kg/m ³)	Hacimsel Agregat oranları (%)	
			GP	BA
1	GP100	250	100	0
2	GP75/BA25	250	75	25
3	GP50/BA50	250	50	50
4	GP25/BA75	250	25	75
5	BA100	250	0	100

Dizaynda 5 tip numune; GP ve BA kendi aralarında hacimsel (%) olarak yer değiştirilerek ve çimento dozajı 250 kg/m³ alınarak üretilmiştir. Su/çimento oranları genellikle duvar bloğu imalatındaki değerlere yakın bir değer olan 0,30 alınmıştır ve malzemelerin kıvam değerleri hiç yayılma yapmayacak kadar kuru kıvamlı döküm yapılmıştır. Elde edilen karışımlar 50x50x50 mm'lik harç kalıplarına ve 330x330x50 mm'lik ısıtma iletkenlik test kalıplarına yerleştirilmiştir. Her numune tipinde her bir deney için üçer tane numune dökülerek ölçümler yapılmış ve deney sonuçlarında bunların ortalaması verilmiştir. 1 gün sonra kalıptan çıkarılarak 20 °C'lik kür havuzuna konan numuneler 28 günlük olana kadar suda bekletilmiştir.

3. Deneysel Çalışmalar ve Değerlendirme

3.1. Kuru Birim Ağırlık ve Su emme

28 gün sonra sudan çıkartılan numuneler kurularak suya doymuş yüzeyleri kuru halde (DYK) ağırlıkları tartılmıştır. 24 saat 105 °C' de etüvde tam kurumaya sağlanmış ve tartımları yapılmıştır. Kuru ağırlık numune hacmine bölünerek kuru birim ağırlık, DYK ağırlıktan kuru ağırlık çıkarılıp, numune kuru ağırlığına göre yüzdesi bulunarak da % su emme miktarları hesaplanmıştır. Numunelerin kuru birim ağırlık ve ağırlıkça su emme değerleri Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. Numunelerin kuru birim ağırlık ve ağırlıkça su emme değerleri

Numune No	Numune Tipi	Kuru birim ağı. (g/cm ³)	Su emme (%)
1	GP100	0,52	71,93
2	GP75/BA25	0,49	77,44
3	GP50/BA50	0,49	56,93
4	GP25/BA75	0,66	40,90
5	BA100	0,84	23,46

Bulunan su emme değerleri; numuneler sudan çıkarıldıktan sonra, özellikle perlitli numuneler çok hızlı suyu geri boşalttığından, yarım dakika kadar suyun süzülmesi beklenerek yüzeyin kurulanıp tartılması (DYK) sonrası hesaplanmıştır.

Tablo 3'te bulunan sonuçlara göre bims agregası içeriğinin %50'nin üzerine çıkması birim ağırlığı da arttırmaktadır. Sadece perlit ile üretilmiş GP 100'ün 0,52 g/cm³'lik değeri GP75/BA25 ve GP50/BA50 ile hemen hemen aynı (0,49 g/cm³), hatta daha yüksek sonuç vermesi perlitin kırıldığını göstermektedir. Bims agregasının içerikteki artışı da su emme miktarında giderek azalmaya yol açmaktadır. GP100 %71,93 ile en kötü sonucu verirken, tamamen bims agregalı BA 100'de %23,46 değerine düşmüştür.

3.2. Basınç Dayanımı

ASTM C109'a göre 50x50x50 mm boyutlu numunelerin 28. günde basınç testleri yapılmıştır. Bu numuneler pres altında yine 50x50x50 mm'lik düzgün şekilli çelik küplerden faydalanılarak kırılmıştır (Şekil 2). Kırım sonuçları basınç yükü ve basınç dayanımı olarak Tablo 4'de yer almaktadır.

**Şekil 2.** Beton basınç dayanımının 50x50x50 mm'lik numuneler üzerinden test edilmesi

Tablo 4. Numunelerin 28 günlük basınç dayanımı deneyi sonuçları

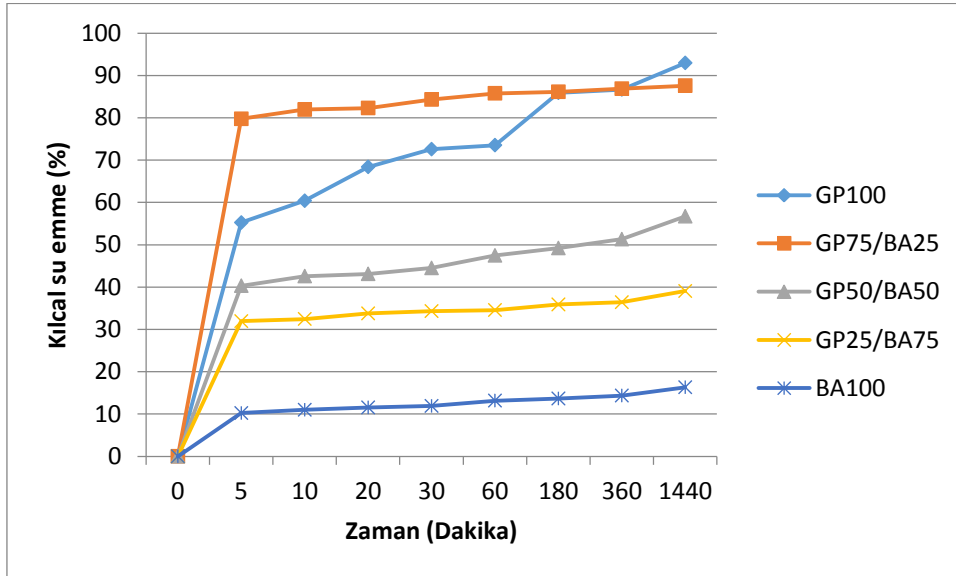
Numune No	Numune Tipi	Basınç Yüklü (kN)			Basınç dayanımı (MPa)			Ort. basınç day. (MPa)
1	GP100	1,72	1,70	1,19	0,69	0,68	0,48	0,61
2	GP75/BA25	1,53	1,81	1,94	0,61	0,72	0,78	0,70
3	GP50/BA50	1,62	1,32	1,18	0,65	0,53	0,47	0,55
4	GP25/BA75	1,38	1,36	1,31	0,55	0,54	0,52	0,54
5	BA100	3,21	4,93	4,52	1,28	1,97	1,81	1,69

Tablo 4'te her bir numune tipi için kırılan 3 numunenin kırılma yükleri ile basınç dayanımları ve üç numune ortalamasından bulunan ortalama basınç dayanımları verilmiştir. Buna göre perlitin hacimsel olarak %100'den %25'e gerilemesi ile dayanımda ciddi bir değişim görülmemiştir ve elde edilen dayanımlar oldukça yetersizdir. Tamamıyla bims agregası kullanılması ile bir anda dayanım seviyesi üç kate yakın bir artış göstererek 1,69 MPa'a yükselmiştir. Perlitin kırılğan bir malzeme olması basınç dayanımını oldukça olumsuz etkilemiştir.

3.3. Kılcal Su emme

50x100x100 mm'lik hazırlanan numunelerin yan yüzeyleri yalıtımlı boya ile boyanmıştır. Alt yüzeyleri su ile temasa getirilerek bekletilmiş ve geçen süreçte ağırlık değişimleri not edilmiştir (Şekil 3). Suya konulan numuneler 5. dakika, 10. dakika, 20. dakika, 30. dakika, 60. dakika, 180. dakika, 360. dakika ve 1440. dakikada sudan çıkartılıp bir bezle yüzeyindeki sular temizlenmiş ve tartılmıştır. Çıkan sonuçlar kuru haldeki ağırlığıyla

karşılaştırılıp su emme yüzdeleri hesaplanmıştır. ASTM C1585 test prosedürüne göre yapılan deney sonucunda 5 tip numune için yapılan grafiklendirme Şekil 4'te verilmiştir.

**Şekil 3.** Numunelere uygulanan kılcal su emme yöntemi**Şekil 4.** Numunelerin zamana göre kılcal su emme ilişkisi

Şekil 4'te görülen grafikte zamana bağlı olarak kılcal su emme yüzdelinin nasıl değiştiği gözlemlenmektedir. Buna göre ilk 5 dakika çok kritiktir ve ani su emme ile değerler hızlı yükselmektedir. Sonraki dakikalarda zamana

bağlı değişimin çok daha yavaş değiştiği gözlenmiştir. Genleştirilmiş perlit miktarı arttıkça kılcal su emme de artmaktadır. %100 genleştirilmiş perlit içerikli numune olan GP100'deki değişimin de diğer numunelere göre daha

hızlı olduğu görülmektedir. GP75/BA25 ilk 5 dakikada en hızlı su emen numune olmuştur. GP 100 360. dakikada bu numune değerini yakalamış ve 1440. Dakikada (24 saat sonra) geçmiştir. Nihai kılcal su emme değerleri Tablo 3'deki su emme (%) değerlerini geçmektedir. Bunun sebebi kılcal su emmede tartımın vakit kaybetmeden yapılmasıdır. Tablo 3'deki su emme değerlerinde yukarıda da belirtildiği gibi numunelerin sudan alındıktan sonra suyu süzülene kadar beklenip tartılmasıdır.

3.4. Isıl iletkenlik değerleri

330x330x50 mm boyutlarında dökülen plak numuneler üzerinden Hot-plate (sıcak plaka) cihazında TS EN 12664'e göre ölçümler yapılmıştır. Cihazda plakalar arasındaki ısı farkı 20 °C olacak şekilde ayarlanarak, numunelerin hem ısı iletkenlik katsayısı değeri hem de ısı direnç değerleri aşağıdaki formüllere göre hesaplanmıştır.

$$\lambda = \frac{Q \cdot d}{A \cdot T_f} \quad (1)$$

$$R = \frac{d}{\lambda} \quad (2)$$

(1) numaralı formülde; λ ısı iletkenlik katsayısını, Q uygulanan güç değerini, d kalınlığı, A yüzey alanını ve T_f de sıcaklık farkını göstermektedir. (2) numaralı formülde ise kalınlık ısı iletkenlik katsayısına bölünerek R ısı direnç değeri hesaplanmıştır.



Şekil 5. Sıcak plaka ısı iletkenlik cihazının görüntüsü

Tablo 5. Numunelerin ısı iletkenlik katsayısı (λ) ve ısı direnç değerleri (R)

Sıra No	Numune Tipi	Isıl iletk. kats.- λ (W/mK)	Isıl direnç-R (m ² K/W)
1	GP100	0,091	0,549
2	GP75/BA25	0,083	0,602
3	GP50/BA50	0,091	0,548
4	GP25/BA75	0,172	0,291
5	BA100	0,259	0,193

Tablo 5'te Şekil 5'te görülen cihazın iki plakası arasında sıkıştırılmış olan 330x330x50 mm'lik kompozit plak numunelerin elde edilen değerlerine göre hesaplanarak verilmiş olan ısı iletkenlik katsayısı ve ısı direnç değerleri görülmektedir. Isıl iletkenlik katsayılarındaki iyileşme genellikle numune boşluklarına da bağlı olduğundan yukarıda Tablo 3'te verilmiş olan birim ağırlık ve su emme değerleri ile ilişkili olduğu görülebilir. Buna göre en düşük kuru birim ağırlığa ve en yüksek su emme oranına sahip GP75/BA25 en düşük ve en iyi ısı iletkenlik, dolayısı ile en yüksek direnci vermiştir. Özellikle %50'den fazla bims agregası artışı ısı iletkenlik katsayısını yükseltmiştir. Elde edilen en yüksek ısı iletkenlik değeri olan 0,259 sadece bims agregası kullanılarak üretilen numuneden elde edilmiştir.

4. Sonuçlar

Deneylerden elde edilen verilere göre varılabilecek sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenebilir:

1. Kompozit harçlardaki bims agregası artışı su emme, kılcal su emme, basınç dayanımı yönünden numuneleri olumlu etkilerken, kuru birim ağırlık ve ısı iletkenlik yönünden olumsuz etkilemektedir.

2. Bims agregasının %50'ye kadar artırılması kuru birim ağırlık ve ısı iletkenlik yönünden bir olumsuzluk oluşturmamaktadır. Genleştirilmiş perlit agregası %50'nin altına düştüğü takdirde kuru birim ağırlık ve ısı iletkenlik katsayılarını ciddi ölçüde etkileyebilmektedir. Bu durum perlit ve bims agregalarının granülometrilere bağlanabilir. Daha ince olan genleştirilmiş perlit, daha iri yapılı olan bims ile daha uygun bir granülometri sağlamış olabilir.

3. Basınç dayanımları çok düşük olmakla birlikte %100 bims kullanılmış numune olan BA100 haricindeki numuneler oldukça zayıftır.

4. Numunelerin tümünün emdiği suyun büyük kısmını ilk 5 dakikada kılcalık yolu ile almış olduğu kılcalık deneyinden tespit edilmiştir.

5. Numunelerin tümü ısı izolasyonu açısından basınç dayanımı gözetilmeyen yerlerde rahatlıkla kullanılabilir.

Bulunan değerler yönünden üretilen kompozitler hafif ve yalıtımlı kompozit üretimi açısından ümit vadetmektedir. Numunelerin çimento oranı 250 kg/m³ olarak alındığından bundan sonraki çalışmalarda dayanımın da artırılması hedeflenerek artırılması uygun olacaktır. Ayrıca kompozite üçüncü bir agrega ilavesi yapılabilir, hatta bu ürün geri dönüştürülmüş hafif ürünlerden de seçilebilir.

Kaynaklar

- [1] Rodrigues F. A., Joekes I., (2011). Cement industry: sustainability, challenges and perspectives. *Environmental Chemistry Letters*, **9**(2), 151-166.
- [2] Sébaibi Y., Dheilly R. M., Quéneudec M., (2004). A study of the viscosity of lime–cement paste: influence of the physico-chemical characteristics of lime. *Construction and Building Materials*, **18**(9), 653-660.
- [3] Robery P., Shaw M. J., (1997). Materials for the repair and protection of concrete. *Construction and building materials*, **11**(5-6), 275-281.
- [4] Mosquera M. J., Benítez D., Perry S. H., (2002). Pore structure in mortars applied on restoration: Effect on properties relevant to decay of granite buildings. *Cement and concrete research*, **32**(12), 1883-1888.
- [5] Enevoldsen J. N., Hansson C. M., Hope B. B., (1994). The influence of internal relative humidity on the rate of corrosion of steel embedded in concrete and mortar. *Cement and concrete research*, **24**(7), 1373-1382.
- [6] Fernandes V., Silva L., Ferreira V. M., Labrincha J. A., (2005). Influence of the kneading water content in the behaviour of single-coat mortars. *Cement and concrete research*, **35**(10), 1900-1908.
- [7] Yildirim S. T., Kiraz E., (2013). Investigation of binders composition and curing condition of masonry samples with fly ash and expanded perlite. *Cement Wapno Beton* 18.80, nr 3: 169-177.
- [8] Keskin F. Ş., Yildirim S. T., (2016). Investigation of Utilization of Perlite and Bottom Ash for the Insulation Mortar by Using Design of Experiment via Taguchi Method. *El-Cezeri Journal of Science and Engineering*, **3**(1).
- [9] Uluer O., Karaağaç İ., Aktaş M., Durmuş G., Ağbulut Ü., Khanlari A., Çelik D. N., (2018). Genleştirilmiş perlitin ısı yalıtım teknolojilerinde kullanılabilirliğinin incelenmesi. *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*, **24**(1).
- [10] Topçu İ. B., Işıkdag B., (2008). Effect of expanded perlite aggregate on the properties of lightweight concrete. *Journal of materials processing technology*, **204**(1-3), 34-38.
- [11] Turhan Ş., Gündüz L., (2008). Determination of specific activity of 226Ra, 232Th and 40K for assessment of radiation hazards from Turkish pumice samples. *Journal of environmental radioactivity*, **99**(2), 332-342.
- [12] Zukowski M., Haese G., (2010). Experimental and numerical investigation of a hollow brick filled with perlite insulation. *Energy and Buildings*, **42**(9), 1402-1408.
- [13] Uygunoğlu T., Keçebaş A., (2011). LCC analysis for energy-saving in residential buildings with different types of construction masonry blocks. *Energy and Buildings*, **43**(9), 2077-2085.
- [14] Yüksek İ., (2015). The evaluation of building materials in terms of energy efficiency. *Periodica Polytechnica. Civil Engineering*, **59**(1), 45.
- [15] Sariisik A., Sariisik G., (2012). New production process for insulation blocks composed of EPS and lightweight concrete containing pumice aggregate. *Materials and structures*, **45**(9), 1345-1357.
- [16] Ochs F., Heidemann W., Müller-Steinhagen H., (2008). Effective thermal conductivity of moistened insulation materials as a function of temperature. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, **51**(3-4), 539-552.
- [17] Doğan-Sağlamtimur N., Güven A., Bilgil A., (2018). Physical and Mechanical Properties of Cemented Ash-Based Lightweight Building Materials with and without Pumice. *Advances in Materials Science and Engineering*, DOI: 10.1155/2018/9368787
- [18] ASTM C109/C109M-05. Standard test method for compressive strength of hydraulic cement mortars (using 2-in. or [50 mm] cube specimens). *ASTM International*; 2005.
- [19] ASTM, C1585-04. Standard test method for measurement of rate of absorption of water by hydraulic-cement concretes. *ASTM International*, 2004.
- [20] TS EN 12664 (EN 12664) Thermal Performance of Building Materials and Products – Determination of Thermal Resistance by Means of Guarded Hot Plate and Heat Flow Meter Methods – Dry and Moist Products of Medium and Low Thermal Resistance, *Turkish Standards Institution* (2009).