ISBS
28-30 MAY 2015
ANKARA - TURKIYE
2nd INTERNATIONAL
SUSTAINABLE BUILDINGS SYMPOSIUM

GENLEŞTİRİLMİŞ PERLİTİN HORASAN HARÇLARINDA KULLANILMASI

USING EXPANDED PERLITE IN KHORASAN MORTARS

Prof. Dr. İlker Bekir Topçu [a], İnş. Müh. Salih Gökbel [b], Yrd. Doç. Dr. Burak Işıkdağ [c*]
[a] Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi,
İnşaat Mühendisliği Bölümü, Eskişehir, Türkiye, ilkerbt@ogu.edu.tr
[b] Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi,
İnşaat Mühendisliği Bölümü, Eskişehir, Türkiye, salih.gokbel@tkdk.gov.tr
[c*] Anadolu Üniversitesi, Porsuk Meslek Yüksekokulu,
İnşaat Bölümü, Eskişehir, Türkiye, bisikdag@anadolu.edu.tr

Özet

Bu çalışmada, genleştirilmiş perlit içeren horasan harçlarının fiziksel özellikleri araştırıldı. Karışımlarda, 0-10-20-30-40% oranında genleştirilmiş perlit, 0-2 mm kiremit tozu yerine agrega olarak kullanıldı. Bağlayıcı olarak sönmüş kireç kullanıldı. Boyutları 40x40x160 mm olan numuneler üzerinde birim ağırlık, ultrases geçiş hızı, eğilme dayanımı, basınç dayanımı, su emme ve ısı iletkenlik deneyleri yapıldı. Deneyler sonucunda numunelerin eğilme dayanımı, basınç dayanımı ve birim ağırlık değerlerinde azalma belirlenirken ısı yalıtımı değerlerinde iyileşme görüldü.

Anahtar kelimeler: Horasan harcı, genleştirilmiş perlit, kiremit tozu, ısı yalıtımı

Abstract

In this study, the physical properties of khorasan mortars incorporated expanded perlite were investigated. In the mixtures, 0-10-20-30-40% expanded perlite was used instead of 0-2 mm tile powder as aggregate. Slaked lime was used as a binder. The tests of unit weight, ultrasonic pulse velocity, flexural strength, compressive strength, water absorption and heat conductivity were conducted on specimens at size of 40x40x160 mm. It was observed that the flexural strength, compressive strength and unit weight values decreased while thermal insulation values improved.

Keywords: Khorosan mortar, expanded perlite, tile powder, thermal insulation

1. Giriş

Tarihi yapılar günümüzdeki yapılardan farklı olarak kısıtlı malzeme çeşitleri ve teknik olanaklarla imal edilmiştir. Çoğunluğu yığma yapıdır ve kullanılan malzemeler taşıyıcı özelliğin yanında yapının mimari özelliğini de ortaya çıkarmaktadır [1-4]. Tarihi yapılarda genel olarak taş, harç, sıva, ahşap, metal ve cam malzemeler kullanılmıştır. Harç ve sıva yapı elemanları olarak bağlayıcı ve dış etkenlere karşı koruyucudur. Harçlar genellikle yapının bulunduğu coğrafya, kültür ve dönemin özelliklerine bağlı olarak farklı karışımlarla üretilmiştir [5-7]. Kireç içeren harçlar, Yunanlılar, Romalılar ve Osmanlılar tarafından su kuyuları, sarnıç ve hamam inşaatlarında yaygın olarak kullanılmıştır [8-12].

Tarihi yapılarda bağlayıcı malzeme olarak kullanılan harçlardan birisi horasan harcıdır. Horasan kelimesinin İran'ın Horasan bölgesinden geldiği bilinmektedir. Horasan harcının ve betonunun Bizans, Roma, Selçuklu ve Osmanlı dönemlerinde yapılarda kullanıldığı görülmektedir [13-15]. Horasan harcı yapılarda bağlayıcı olarak kullanılan, tuğla kırığı, kireç, çeşitli lifler ve katkılar kullanılarak hazırlanan malzemedir [16-18].

Restorasyonlar sırasında horasan harcı yerine çimento kullanımı oldukça sık karşılaşılan bir durumdur. Bu durum yapıların tarihi dokusuna zarar vermekte ve özelliklerini kaybetmesine yol açmaktadır. Horasan harcı yerine farklı malzemelerin kullanılmasının nedeni, genel olarak bu malzemenin üretiminin tam olarak bilinmemesinden ve istenilen özelliklerin sağlanamayacağı endişesinden kaynaklanmaktadır. Bu nedenle horasan harcını oluşturan malzemelerin tanınması ve harcın geliştirilmesine ihtiyaç duyulmuştur [19,20].

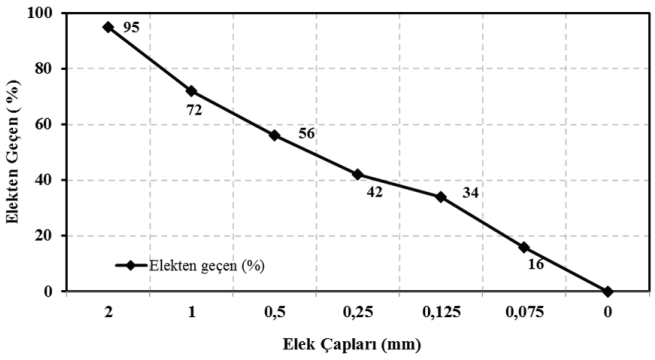
Bu çalışmada, horasan harçlarının yalıtım ve birim ağırlık yönünden özelliklerini iyileştirmek amacıyla 4x4x16 cm boyutlarında perlitli horasan harcı numuneleri üretildi ve numuneler üzerinde yapılan deneysel çalışmaların sonuçları değerlendirilerek, genleştirilmiş perlitin horasan harçlarında agrega olarak kullanılmasının horasan harçlarının özelliklerinde oluşturduğu değişim belirlendi [21-23]. Deney sonuçları değerlendirilerek, horasan harçlarında kullanılabilecek uygun perlit oranı belirlendi.

2. Yöntem

Numunelerin üretiminde karışımın kireç oranı sabit tutuldu ve agrega olarak kullanılan kiremit tozu yerine hacimce belirli oranlarda genleştirilmiş perlit ikame edilerek karışım oranları belirlendi. Numuneler 4x4x16 cm boyutlarında ve üç farklı su oranı ile üretilerek, 28 gün süre ile laboratuvar ortamında bekletildi. Numunelerin birim ağırlık, ultrases geçiş hızı, eğilme dayanımı, basınç dayanımı, su emme ve ısı iletkenlik değerleri belirlendi.

2.1. Kiremit tozu

Numunelerin üretiminde agrega olarak kullanılan kiremit tozu Kılıçoğlu Kiremit Fabrikası atıklarından elde edildi. Kiremit kırıkları 0-2 mm tane boyutunda olup granülometri eğrisi Şekil 1'de görülmektedir.



Şekil 1. Kiremit tozu granülometri eğrisi

2.2. Kireç

Numunelerin üretiminde bağlayıcı olarak Nuh Yapı Ürünleri tarafından üretilen sönmüş kireç kullanıldı. Kireç analiz değerleri Çizelge 1'de görülmektedir.

Çizelge 1. Sönmüş kireç özellikleri

Kimyasal Analiz Değeri	%	TS EN 459-1
Kızdırma Kaybı	Maks. 7,0	Maks.7,0
$Ca(OH)_2$	Min. 85	-
Toplam CaO+MgO	Min. 89	Min 80
MgO	Maks. 1,5	Maks. 5,0
Çözünmeyen Madde	Maks. 2,0	-
H_2O	Maks. 2,0	Maks. 2,0
SO_3	Maks. 2,0	Maks. 2,0
R_2O_3	Maks. 1,0	-
Fiziksel Analiz Değerleri	%	TS EN 459-1
200 Elek Üstü	Maks. 0,5	Maks. 2,0
90 Elek Üstü	Maks. 4	Maks. 7,0
Birim Hacim Kütlesi	Maks. 0,5	Maks. 0,6

2.3. Genleştirilmiş perlit

Numunelerin üretiminde Kütahya Yapı Kimyasalları tarafından üretilen genleştirilmiş perlit kullanıldı. Fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 2 ve 3'te, üretilen numunelere ait karışım oranları ise Çizelge 4'te görülmektedir.

Çizelge 2. Perlitin fiziksel özellikleri

Renk	Beyaz, gri ve tonları
Yumuşama noktası	870-1100 °C
Ergime noktası	1260-1343 °C
PH	6,5-8,0
Özgül ısı	0,2 Cal/g°C (837 J/kg.k)
Özgül ağırlık	2200-2400
Refraktif İndeks	1,5
Serbest nem (%)	Maksimum 0,5
Gevşek yoğunluk	32-180 kg/m^3
Isı iletkenliği	0,04 W/mK

Çizelge 3. Perlitin kimyasal özellikleri

Bileşik	%
SiO_2	71,0 - 75,0
AlO_3	12,5 - 18,0
Na_2O_3	2,9 - 4,0
K_2O	0,5 - 5,0
CaO	0,5 - 0,2
Fe_2O_3	0,1 - 1,5
MgO	0,02 - 0,5
TiO_2	0,03 - 0,2
MnO_2	0 - 0,1
SO_3	0 - 0,2
FeO	0 - 0,1
Cr	0 - 0,1
Ba	0 - 0,05
PbO	0 - 0,03 / 0,3
Serbest silis	0 - 0,2

Çizelge 4. Deney numuneleri karışım oranları

Grup	%	Kiremit tozu oranı	Kireç oranı	Genleştirilmiş perlit oranı	Su
A1	0	2,0	1	0,0	1,2
B1	10	1,8	1	0,2	1,2
C1	20	1,6	1	0,4	1,2
D1	30	1,4	1	0,6	1,2
E1	40	1,2	1	0,8	1,2
A2	0	2,0	1	0,0	1,3
B2	10	1,8	1	0,2	1,3
C2	20	1,6	1	0,4	1,3
D2	30	1,4	1	0,6	1,3
E2	40	1,2	1	0,8	1,3
A3	0	2,0	1	0,0	1,4
B3	10	1,8	1	0,2	1,4
C3	20	1,6	1	0,4	1,4
D3	30	1,4	1	0,6	1,4
E3	40	1,2	1	0,8	1,4

3. Sonuçlar ve tartışma

Bu çalışmada üretilen numunelere ait birim ağırlık, ultrases geçiş hızı, eğilme dayanımı, basınç dayanımı, su emme ve ısı iletkenlik deney sonuçları Şekil 2-7'de görülmektedir.

3.1. Birim ağırlık

Numunelerde birim ağırlık ölçümleri 28 günlük kür süresi sonunda yapıldı. Numunelerin birim ağırlıkları perlit oranının artması ile azaldı. Birim ağırlık değerlerindeki azalma perlitin yerini aldığı kiremit kırığı ve tozundan daha yüksek su tutma kapasitesine sahip olmasından ve daha hafif bir malzeme olmasından kaynaklanmaktadır. Perlit oranın artmasına bağlı olarak birim ağırlık değerleri kontrol grubuna göre ortalama %10 perlit içeren numunelerde %11, %20 perlit içeren numunelerde %23, %30 perlit içeren numunelerde %37, %40 perlit içeren numunelerde %47 oranlarında azaldı. Numunelerin hazırlanması sırasında kullanılan su oranının değişmesine bağlı olarak birim ağırlık değerleri değişmektedir. En düşük birim ağırlık %40 perlit içeren ve karışım su oranı 1,4 olan horasan numunelerde 0,72 g/cm^3 olarak belirlendi. En yüksek birim ağırlık 1,2 karışım suyu oranına sahip kontrol numunelerinde 1,47 g/cm^3 olarak belirlendi.

3.2. Basınç dayanımı

Numunelerin basınç dayanımları perlit oranının artması ile azaldı. Kontrol numuneleri ve perlit içeren numunelerin basınç dayanımları karşılaştırıldığında, %10 perlit içeren numunelerde %19, %20 perlit içeren numunelerde %41, %30 perlit içeren numunelerde %65 ve %40 perlit içeren numunelerde %77 oranlarında azalma görüldü. Bunun nedeni perlit oranının artması ile numunelerin yapılarında artış gösteren boşluk miktarıdır. En düşük basınç dayanımı %40 perlit içeren ve karışım su oranı 1,4 olan numunelerde 1,85 MPa olarak belirlendi. En yüksek basınç dayanımı 1,2 karışım suyu oranına sahip kontrol numunelerinde 9,24 MPa olarak belirlendi.

3.3. Ultrases geçiş hızı

Numunelerin ultrases geçiş hızları perlit oranının artması ile azaldı. Bu durum numunelerin yapısındaki boşluk miktarının arttığını göstermiştir. Ayrıca su oranının arttırılarak hazırlanan 2 ve 3 numaralı deney guruplarına ait numunelerde ultrases geçiş hızının aynı perlit oranına sahip ancak su oranı düşük 1 nolu gruptaki numunelerden daha düşük çıktığı gözlenmiştir. Böylece su oranındaki artışın boşluklu yapının artmasına neden olduğu söylenebilmektedir. Ultrases geçiş hızı değerlerinin perlit oranının artmasına bağlı olarak azalması sonucunda birim ağırlık ve basınç dayanımı değerlerinin azalması da beklenmektedir.

3.4. Eğilme dayanımı

Numunelerin eğilme dayanımları perlit oranının artması ile azaldı. Kontrol numuneleri ve perlit içeren numunelerin eğilme dayanımları karşılaştırıldığında, %10 perlit içeren numunelerde %8, %20 perlit içeren numunelerde %37, %30 perlit içeren numunelerde %60 ve %40 perlit içeren numunelerde %86 oranlarında azalma görüldü. Bunun nedeni perlit oranının artması ile numunelerin yapılarında artış gösteren boşluk miktarıdır. En düşük eğilme dayanımı %40 perlit içeren ve karışım su oranı 1,4 olan numunelerde 0,05 MPa olarak belirlendi. En yüksek eğilme dayanımı ise 1,2 karışım suyu oranına sahip kontrol numunelerinde 0,58 MPa olarak belirlendi.

3.5. Su emme

Numunelerde su emme yüzdeleri perlit oranının artması ile arttı. Kontrol numuneleri ve perlit içeren numunelerin su emme değerleri karşılaştırıldığında, %10 perlit içeren numunelerde %54, %20 perlit içeren numunelerde %98, %30 perlit içeren numunelerde %139, %40 perlit içeren numunelerde %189 oranlarında arttı. Genleştirilmiş perlitin en önemli özelliklerinden olan yüksek su emme kapasitesi ve perlit oranının artmasına bağlı olarak numunelerin artan gözenekli yapısı su emme yüzdesini etkileyen faktörlerdir. Numunelerin üretiminde kullanılan su miktarı arttıkça numuneler daha boşluklu bir yapıya sahip olmuştur. Bu nedenle yüksek su oranı ile üretilen numunelerin su emme değerleri daha yüksektir.

3.6 Isı iletkenlik

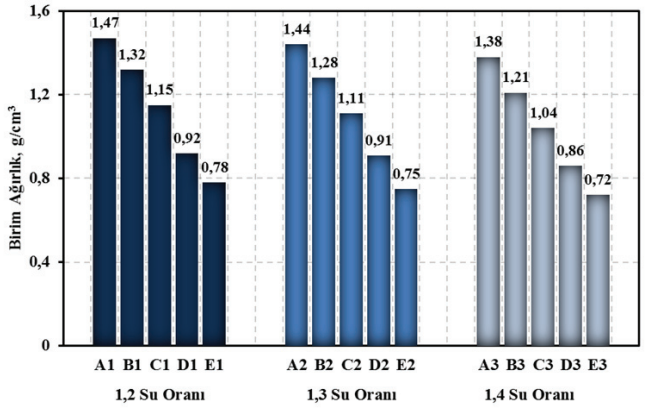
A1, B1, C1, D1 ve E1 numunelerinin ısı iletim katsayısı değerleri Transient Hot Bridge aleti ile ölçülerek perlit oranına bağlı olarak değişim gözlendi. Bu ölçümlere göre, numunelerin ısı iletkenlik katsayıları perlit oranının artması ile azaldı. Kontrol numuneleri ve %40 oranında perlit içeren numunelerin ısı iletkenlik katsayıları karşılaştırıldığında, %64 oranında azalma görüldü. Bunun nedeni perlit oranının artması ile numunelerin yapılarında artış gösteren boşluk miktarıdır.

4. Sonuçlar

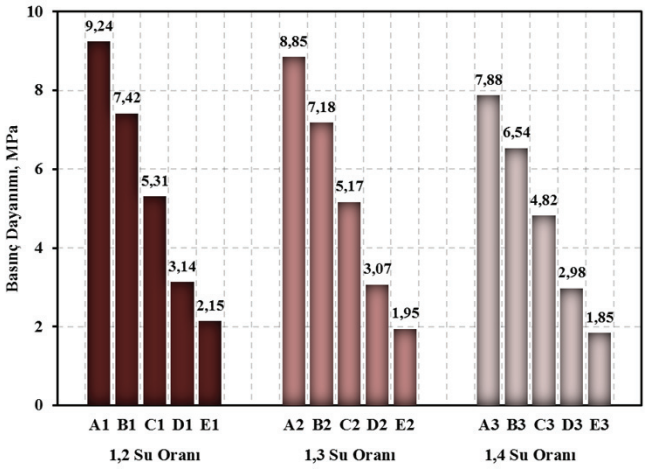
- Horasan harçlarında kiremit tozu yerine belirli oranlarda perlit kullanımı numunelerin birim ağırlık, ultrases geçiş hızı, basınç dayanımı, eğilme dayanımı ve ısı iletkenlik katsayıları değerlerinde azalmaya neden olurken, su emme yüzdelerinde artışa neden olmuştur.
- Perlitin kiremit tozuna göre daha yüksek olan su emme kapasitesi numunelerin ilk zamanlardaki birim ağırlık değerlerinin yüksek olmasını sağlamıştır. Ancak suyun numunelerden uzaklaşması ile oluşan boşluklu yapı birim ağırlıkların düşmesine neden olmuştur.
- Tarihi yapıların restorasyon çalışmalarında perlit içeren horasan harçlarının kullanılması yapının zati ağırlığını azaltacağından taşıyıcı sisteme etkiyecek kuvvetler azalacaktır.
- Numunelerde hesaplanan su emme yüzdelerinin harçlarda bulunan perlit oranının artmasına bağlı olarak

yükselmesi perlitli horasan harçlarının su ile temas etmesi muhtemelen yerlerde, özellikle dış cephelerde kullanımını zorlaştırmaktadır.

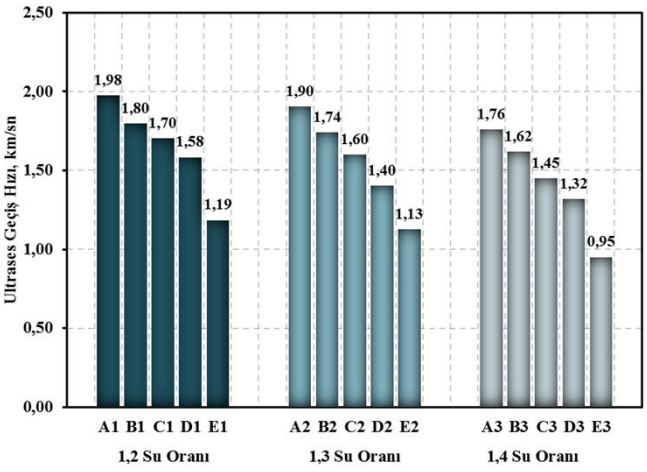
- Horasan harçlarında perlit kullanımı, ısı iletkenlik katsayılarını önemli ölçüde düşürmüştür. Bu durum ısı yalıtımı açısından perlitli horasan harçlarının normal horasan harçlarına göre avantajlı olduğunu göstermiştir.
- Deney sonuçları değerlendirildiğinde, horasan harçlarında kiremit tozu yerine perlit kullanımı için en uygun oran %10 ve %20 olarak belirlenmiştir.



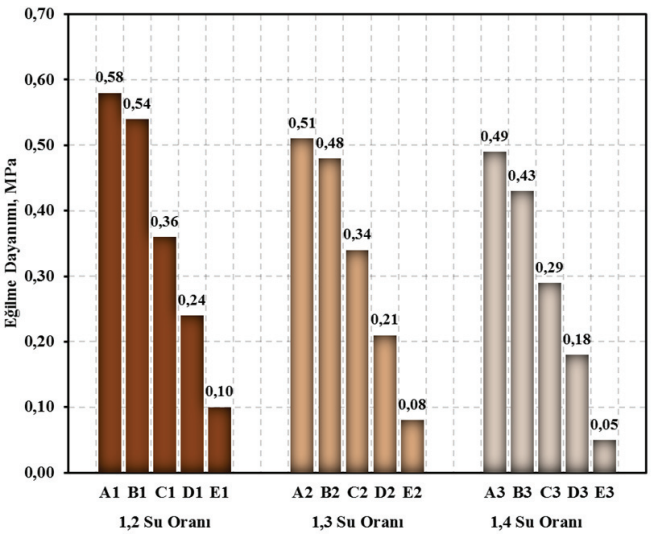
Şekil 2. Perlitli horasan harcı birim ağırlık değerleri



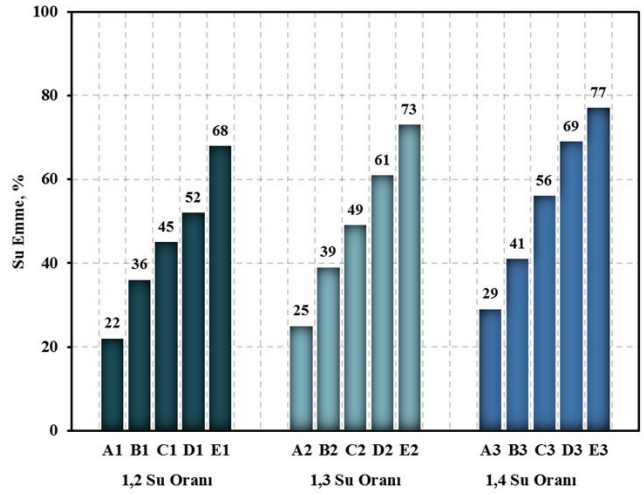
Şekil 3. Perlitli horasan harcı basınç dayanımı değerleri



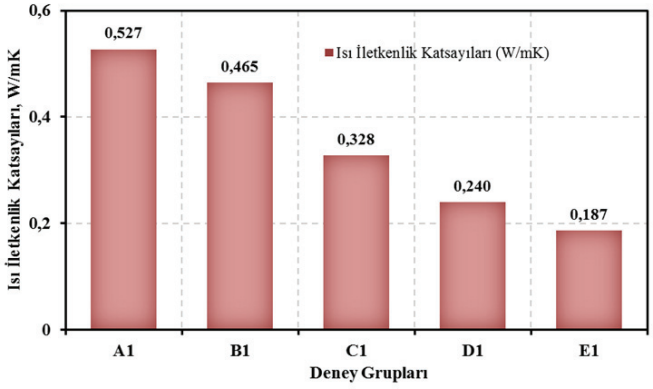
Şekil 4. Perlitli horasan harcı ultrases geçiş hızı değerleri



Şekil 5. Perlitli horasan harcı eğilme dayanımı değerleri



Şekil 6. Perlitli horasan harcı su emme değerleri



Şekil 7. Perlitli horasan harcı ısı iletkenlik katsayıları

Kaynaklar

[1]. Akkurt S, İpekoğlu B, Böke H. The characteristics of brick powder mortars and plasters used in historic buildings. Yapı Dergisi 2004;269:90–5.

[2]. Arıoglu N, Acun S. A research about a method for restoration of traditional lime mortars and plasters: a staging system approach. Build Environ 2006;41:1223–30.

[3]. Böke H, Akkurt S, İpekoğlu B, Uğurlu E. Characteristics of brick used as aggregate in historic brick-lime mortars and plasters. Cem Concr Res 2006;36:1115–22.

[4]. Akman MS, Güner A, Aksoy IH. The history and properties of khorasan

mortar and concrete. In: The 2nd international congress of Turkish and Islamic science and technology. vol. 1; 1986. p. 101–12.
[5]. Spence R. Lime and Surkhi manufacture in India. Appropr Technol 1974;1:6–8.
[6]. Lea FM. Investigations on pozzolanas. Build Res 1940;27:1–63.
[7]. Miriello D, Bloise A, Crisci GM, Apollaro C, Marca AL. Characterisation of archaeological mortars and plasters from kyme (Turkey). J Archaeol Sci 2011;38:794–804.
[8]. Güleç A, Tulun T. Physico-chemical and petrographical studies of old mortars and plasters of Anatolia. Cem Concr Res 1997;27:227–34.
[9]. Bakolas A, Biscontin G, Moropoulou A, Zendria E. Characterization of structural byzantine mortars by thermogravimetric analysis. Thermochim Acta 1998;321:151–60.
[10]. Degryse P, Elsen J, Waelkens M. Study of ancient mortars from Sagalassos (Turkey) in view of their conservation. Cem Concr Res 2002;32:1457–63.
[11]. Moropoulou A, Cakmak AS, Biscontin G, Bakolas A, Zendri E. Advanced Byzantine cement based composites resisting earthquake stresses: the crushed brickylime mortars of Justinian's Hagia Sophia. Constr Build Mater 2002;16:543–52.
[12]. Böke H, Akkurt S. Ettringite formation in historic bath brick-lime plasters. Cem Concr Res 2003;33:1457–64.
[13]. Ipekoğlu B, Böke H, Çizer Ö. Assessment of material use in relation to climate in historical buildings. Build Environ 2007;42:970–8.
[14]. Böke H, Çizer Ö, İpekoğlu B, Uğurlu E, Şerifaki K, Toprak G. Characteristics of lime produced from limestone containing diatoms. Constr Build Mater 2008;22:866–74.
[15]. Uğurlu E, Böke H. The use of brick-lime plasters and their relevance to climatic conditions of historic bath buildings. Constr Build Mater 2009;23:2442–50.
[16]. Özkaya ÖA, Böke H. Properties of Roman bricks and mortars used in Serapis temple in the city of Pergamon. Mater Charact 2009;60:995–1000.
[17]. Binici H, Arocena J, Kapur S, Aksogan O, Kaplan H. Investigation of the physico chemical and microscopic properties of Ottoman mortars from Erzurum (Turkey). Constr Build Mater 2010;24:1995–2002.
[18]. Prince W, Castanier G, Giafferi JL. Similarity between alkali–aggregate reaction and the natural alteration of rocks. Cem Concr Res 2001;31:271–6.
[19]. Bakolas A, Biscontin G, Contardi V, Franceschi E, Moropoulou A, Palazzi D, et al. Thermoanalytical research on traditional mortars in Venice. Thermochim Acta 1995;269(270):817–28.
[20]. Moropoulou A, Bakolas A, Bisbikou K. Investigation of the technology of historic mortars. J Cult Herit 2000;1:45–58.
[21]. Türk Standardı, TS EN 196-1. Çimento deney metotları–Bölüm 1: Dayanım tayini; 2002.
[22]. Türk Standardı, TS EN 459-1. Yapı kireci–Bölüm 1: Tarifler, özellikler ve uygunluk kriterleri, 2011.
[23]. American Standards of Testing Materials. ASTM C 597-97. Standard test method for pulse velocity through concrete; 1998.