

Mikronize Edilmiş İzmir-Alaçati Alapietra Taşının Yalıtımlı Kompozit Dolgu Harcı Üretiminde Kullanımı Üzerine Bir İnceleme

Lütfullah GÜNDÜZ¹, Şevket Onur KALKAN^{2*}, Ferruh ERTAN³

¹İzmir Katip Çelebi Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İzmir, Türkiye, +902323293535, lutfullah.gunduz@ikc.edu.tr

²İzmir Katip Çelebi Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İzmir, Türkiye, +902323293535, sevketonur.kalkan@ikc.edu.tr

³EBİMS A.Ş.

*İletişimden sorumlu yazar/Corresponding author

Geliş/Received: 13 Şubat (February) 2017

Kabul/Accepted: 26 Nisan (April) 2017

DOI: 10.18466/cbayarfe.319931

Özet

Volkanik doğal orijinli ve gözenekli yapıya sahip endüstriyel kayaların mikronize boyutlarda inşaat sektöründe kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır. Malzeme bünyesinde yer alan gözeneklilik, malzemeye düşük birim ağırlık yanı sıra ısısal yalıtım performans değeri de katmaktadır. Ülkemizde doğal hafif agrega türevleri arasında mikronize boyut formuyla kullanılacak alternatif bir malzeme türü, İzmir-Alaçati Bölgesi'nde kesme taş işletmeciliği olarak kullanımı bilinen "Alaçati Alapietra" taşıdır. Alapietra taşının 1 mm boyut altında mikronize olarak kabul edilebilecek boyut fraksiyonları, kompozit formda yalıtım amaçlı dolgu harcı uygulamalarında kullanımı endüstriyel bir açılım olarak nitelendirilebilir. Bu amaçla yürütülmekte olan bir ArGe çalışmasının bir seri bulguları bu bildiride tartışılmaktadır. Bu bildiride, mikronize edilmemiş Alaçati Alapietra agregasının ana malzeme bileşeni olarak kullanıldığı kompozit dolgu harç örnekleri üzerine bir dizi teknik inceleme yapılmış olup, analiz sonuçları irdelenmiştir. Ayrıca, Alapietra agrega boyutu değişiminin dolgu harcı özelliklerine olan etkileri de sayısal olarak irdelenmiştir.

Anahtar Kelimeler — Alaçati taşı, Alapietra taşı, hafif agrega, kompozit dolgu harcı, ısı yalıtımı.

An Investigation On The Use Of Micronized Izmir-Alaçati Alapietra Stone In The Production Of Insulating Composite Filling Mortar

Abstract

In the construction sector, the use of industrial rocks with volcanic natural origin and porous structure in micronized sizes is becoming widespread. The porosity in the material adds value to the material's low unit weight as well as its thermal insulation performance. An alternative material that can be used in micronized size form among natural lightweight aggregate derivatives in our country is "Alaçati Alapietra" stone which is known to be used in İzmir-Alaçati Region. The use of micronized dimensions of Alapietra stone under 1 mm size in composite form thermal insulation filling mortar applications can be considered as an industrial innovation. A series of findings from an R&D study conducted for this purpose are discussed in this paper. The non-micronized Alaçati Alapietra aggregate was used as the main material component of the composite filling mortar samples. In this paper, a series of technical studies were carried out on these composite mortar samples. In addition, the effects of Alapietra aggregate size change on filling mortar characteristics were also investigated numerically.

Keywords — Alaçatı stone, Alapietra stone, composite filling mortar, lightweight aggregate, thermal insulation.

1 Giriş

Bugün, toplumun karşı karşıya bulunduğu en önemli zorluklardan biri iklim değişikliğidir. İklim değişikliğinin en büyük nedenlerinden biri ise çevreye salınan sera gazı emisyonudur. Enerji tüketiminin minimuma indirilmesi, sera gazı emisyonlarını en aza indirmek için önemli bir faktördür [1]. Binalarda enerji tüketiminin azaltılması da iyi ısı yalıtımı uygulamaları ile gerçekleştirilebilir. Günümüzde dünyanın birçok ülkesinde inşaat sektörü alanında dolgu harcı kullanımları iyi yalıtım özelliklerine sahip olması ve yüksek performans değerleri göstermesi sebebiyle sıklıkla tercih edilen uygulamalar arasında yer almaktadır. Bu tür uygulamalarda genellikle hafif agrega olarak bilinen, farklı orijinlere sahip doğal ya da suni içerikli ve gözenekli agregaların mikronize edilmiş boyutlarının harç kombinasyonlarında ana hammadde olarak tercih edildikleri görülmektedir [2,3,4]. Düşük birim hacim ağırlık, yüksek porozite ve yüksek mukavemet gibi özellikleri sebebiyle, bu tür karışım kombinasyonlarının yalıtım amaçlı duvar yapı elemanlarında dolgu harcı olarak tercih edilebilen bir uygulama şekli olduğu tecrübe edinilmektedir. Ülkemizde bu tarz uygulamalara sıklıkla rastlanılmamakla birlikte bu çalışma, endüstriyel olarak inşaat sektörüne yeni bir malzeme ve uygulama kazanımı açısından ve ayrıca, binalarda enerji verimliliği bağlamında önemli olabilecek bir materyali de gündeme getirmektedir.

Ülkemizde doğal hafif agrega türleri arasında mikronize boyut formuyla kullanılabilecek farklı alternatif malzeme türünde İzmir-Alaçatı Bölgesi'nde kesme taş işletmeciliği olarak kullanımı bilinen "Alapietra" taşıdır. Alaçatı taşının volkanik kökenli, pomza kırıntıları içeren bir orijine sahip endüstriyel hammadde olduğu bilinmektedir. Bu taşın kesme taş işletmeciliği sırasında gerek ocakta gerekse fabrikada önemli miktarda toz formda artık malzeme olarak da isimlendirilebilecek malzemeler oluşmaktadır. Ancak, bu malzemenin henüz endüstriyel olarak kullanımı çok yaygın görülmemektedir. Bu bildiride, mikronize boyutta yer alan Alaçatı taşının kompozit formda yalıtım özelliği olan dolgu harcı üretimine yönelik yürütülmekte olan AR-GE

çalışmasının teknik bulguları tartışılacaktır. Endüstriyel olarak mikronize malzemenin etkin tane boyutu, karışımlardaki efektif kullanım oranı, alternatif polimer bileşenlerle uyumluluk dereceleri ve yalıtım amaçlı akustik empedans değerleri gibi özellikler bu çalışma kapsamında irdelenmektedir. Elde edilen bulgular ışığında sektörel olarak uygulanabilecek yalıtımlı kompozit dolgu harç kombinasyonlarının karakteristikleri tartışılacaktır.

2 Alaçatı Alapietra Taşı

Kesme taş ve kaplama ve/veya yapı taşı endüstrisinde kullanım alanı bulan geleneksel mermer ocak işletmeciliği şeklinde üretimi yapılan İzmir-Alaçatı Taşı, volkanik kökenli, beyaz renkte, içinde bazalt çakılları bulunan gözenekli bir yapıya sahiptir. Bölgeye özgü özelliklerinden dolayı "Alaçatı Taşı" veya "Alapietra Taşı" olarak da bilinen malzeme, yörede çok uzun zamandır ve yaygın olarak, taş ev yapımında kullanılmaktadır. Yumuşak karakterde olduğundan yontulması ve şekillendirilmesi kolay olup, ocak üretimi sonrası kullanıldığı ortamda genellikle hava, rüzgâr ve güneş ile temas etmesi sonucunda sertleşerek doğal bir yapı malzemesine dönüşmektedir [5]. Bu doğal ve volkanik özelliklerden dolayı zamanla daha dayanıklı bir form kazanan kayaç malzeme yapısı sergilemektedir. Alaçatı taşı formasyonunun bulunduğu bölgede yer alan volkanik kayalar tüf, tüfit, aglomera, andezit ve çok az bir alanda gözlenen bazaltlardır. Alaçatı ve civarında geniş yayılımlar sunarlar. Beyaz, kirli beyaz, krem renklerde olan tüfler içerlerinde andezit ve bazalt çakıl ve blokları içerirler. Yer yer belirgin katmanlanma sunan tüfitler, volkano-sedimenter özelliktedirler. Bu katmanlanmalar volkanik kayaların karasal tortul kayalar ile aralanma sundukları geçişli dokanıklarda belirgindir [6]. Bölgede bulunan Alaçatı Taşına ait genel özellikler Tablo 1'de verilmiştir [6]. Kayaç örnekleri üzerine yapılan makroskopik ve mikroskopik inceleme bulgularına göre kayaç malzemenin, petrografik açıdan "Pomza bileşenli tüfit agrega" veya "Pomza bileşenli volkanik tüf agrega" olarak isimlendirilebileceği saptanmıştır [7].

Alapietra Taşı örnekler üzerinde makroskopik olarak

yapılan inceleme bulgularına göre kayaç bünyesinde oransal olarak %60'dan fazla pomza taneciklerinin yer aldığı görülmüştür. 0-4 mm boyut aralığındaki Alapietra Taşı agrega örneklerinin ortalama birim ağırlık değerinin 850 kg/m³ dolayında olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 1. İzmir-Alaçatı Taşı genel özellikleri [6].

Birim Hacim Ağırlık	1370 kg/m ³
Özgül Ağırlık (DIN 52102)	2.36 gr/cm ³
Toplam Gözeneklilik	%42.06
Basınç Dayanımı	16.29 N/mm ²
Matrix (İnce kül-cam)	%15-20
Riyolit lav – cam kırıntıları	%10
Bazalt lav	%5-10
Pomza Kırıntıları	%60-70
Feldspat - Kuvars	%3-5
Amfibol-Piroksen	%1.5

İzmir-Alaçatı bölgesinde yer alan bu doğal malzeme günümüzde bir kısmı kesme taş işlemeciliği tekniği uygulanarak Alaçatı Taşı olarak yapı sektöründe kullanılmaktadır. Ancak, doğada blok formunda ocaktan çıkarılabilen büyük kayaç kütleleri bu üretim şekline müsait olarak görülebilmektedir. Üretim aşamasında çok sayıda doğal kayaç malzeme zayıt oluşturmakta ve meydana çıkan artık malzeme, endüstriyel olarak reel bağlamda değerlendirilememektedir (Şek. 1). Bu çalışma kapsamında, kesme taş formundaki üretim şeklinde arta kalan doğal malzemeler, endüstriyel bir hammadde olarak ele alınarak farklı mikronize tane boyutlarında sınıflandırılmış ve kompozit bir karışım kombinasyonunda çimento bazlı dolgu harcı normunda ürün geliştirmesi ArGe çalışmasında ana hammadde olarak kullanılmıştır.

3 Alaçatı Taşı Agregalı Beton Tasarımı ve Test Örneklerinin Hazırlanması

Alaçatı Alapietra taşı agregası ile üretilebilecek dolgu harcında, agrega tane boyunun harcın teknik performans değerlerine etkisini detaylı irdelemek amacıyla dolgu harcının kıvam ve uygulanabilirlik durumu da göz önüne alınarak tüm çalışma boyunca iki farklı agrega boyutunun kullanılması öngörülmüştür. Bu boyutlar genellikle mikronize boyut olarak da kabul edilebilecek boyutlarda olup, tercihe

edilen boyut aralıkları 250 mikron altı boyut ve 250 mikron ile 1 mm arası boyut olarak tasarlanmıştır.



Şekil 1. Alaçatı Alapietra Taşı ocak üretimindeki artık malzemedeki genel bir görünüm.

Alaçatı Alapietra taşı mikronize boyutlarda hazırlanmak üzere öncelikle İzmir Alaçatı bölgesinde yer alan Alapietra taşı ocağından maksimum boyutu 4 mm olan ocak kesim tozu artığı şeklindeki agrega malzemeler laboratuvar ortamına getirilerek, 1 mm kare açıklıklı bir elekten elenmiştir. Elek üstü malzeme daha sonra, 1 mm boyut altına düşürülmek üzere birincil bir kırıcıda kırılmıştır. Kırma işlevi sonrası kırılmış agrega malzeme, ilk sınıflamaya tabi tutulmuş malzeme ile birlikte harmanlanarak 0-250 mikron ve 250 mikron-1 mm boyut aralıklarında eleme yapmak suretiyle iki boyut fraksiyonunda sınıflandırılmıştır. -250 µm boyutunda hazırlanan Alaçatı Alapietra taşı "ince agrega" olarak adlandırılmış olup, 250 µm - 1 mm boyutunda hazırlanan agregalar ise "iri agrega" olarak adlandırılmıştır. Alaçatı Alapietra taşı agrega boyutunun harç performansına etkisinin incelenmesi amacıyla, başlangıç bir çalışma olarak Alaçatı Alapietra taşı içermeyen bir dizi harç örnekleri mikronize edilmiş kuvars kumu (0-1 mm boyut aralığında) ile hazırlanmış olup, bu örnekler kontrol karışımları olarak çalışmada değerlendirilmiştir. Kuvars kumu boyutlanmış malzeme olarak Manisa-Salihli bölgesindeki yerel üreticilerden tedarik edilerek kullanılmıştır. Bununla birlikte karışım kombinasyonlarında dolgu malzemesi olarak kullanılmak üzere -100 µm boyutunda mikronize kalsit piyasadan tedarik edilerek kullanılmıştır. Karışım kombinasyonlarında dolgu harcının birim ağırlığını düşürmek amacıyla ortama bo-

yutu 0-1 mm olan genişmiş perlit malzemede piyasadan tedarik edilerek kullanılmıştır. Ayrıca karışımlarda kıvamlaştırıcı, priz ayarlayıcı ve bağ yapıcı kuvvetlendirme amacıyla kullanılan toz polimer bileşenler ise BOYSAN Kimya A.Ş. ve Akdeniz Kimya A.Ş.'den tedarik edilmiştir. Karışım örneklerinin tamamı PÇ 42,5R Çimento ile hazırlanmıştır. Alaçatı Alapetra taşı ile kompozit dolgu harcı hazırlama ve test işlemlerinin gerçekleştirilmesinde İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi, Yapı Malzemeleri Laboratuvarının alt yapısından yararlanılmıştır.

Çalışma kapsamında öncelikle bileşiminde yalnızca mikronize kuvars kumu içeren bir kontrol harç örne-

ği oluşturulmuştur. Bu kontrol harç örneğinde, ağırlıkça %7,5 oranında -100 µm boyutunda mikronize kalsit kullanılmış olup, harcın birim ağırlığını minimum seviyeye düşürebilmek amacıyla, karışım kombinasyonu içerisine ağırlıkça eşit oranlarda olmak koşuluyla %14,25 oranlarında 0-1 mm genişletilmiş perlit agrega ilave edilerek geleneksel kullanım olarak kabul edilebilecek bir kompozit harç örnekleri elde edilmiştir. Bu karışımlarda ağırlıkça %6,5 oranında sönmüş toz kireç, ağırlıkça %1,25 oranında da toz polimer katkı ve ağırlıkça %27 oranında da PÇ 42,5R çimento sabit olarak kullanılmıştır. Deneysel çalışmalarda kullanılan tüm kombinasyonları Tablo 2'de detay olarak verilmiştir.

Çizelge 2. Kompozit dolgu harç karışım kombinasyonları

Bileşen	Karışım oranları, (ağırlıkça %)										
	KK	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10
0-1 mm Kuvars Kumu	43,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-250 µm Alaçatı Alapetra	0	40,5	38,5	36,5	30,5	25,5	19,5	16,5	11,5	6,5	3
250 µm-1 mm Alaçatı Alapetra	0	3	5	7	13	18	24	27	32	37	40,5
-250 µm Kalsit	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5
PÇ 42,5 R Çimento	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27
Sönmüş Toz Kireç	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5
0-1 mm Genleşmiş Perlit	14,25	14,25	14,25	14,25	14,25	14,25	14,25	14,25	14,25	14,25	14,25
Polimer Katkı	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
Toplam	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Kontrol harcı örneklerinin hazırlanmasında optimum su/katı oranını belirlemek amacıyla, akma tablası yöntemiyle kıvam analizi yapılmış olup, 0.54 Su/Katı oranının en uygun karışım kıvamını sağladığı belirlenmiştir. Daha sonra, Vicat iğne yöntemiyle bu harç örneğinin ilk priz ve son priz süreleri tespit edilerek ön kıvam-priz alma değerlendirmesi yapılmıştır. Taze harç olarak karışımı yapılan kontrol harcı, TS EN 998-1 [8] standardının öngördüğü prensiplere göre 4x4x16 cm boyutundaki prizma kalıplara, 5x5x5 cm küp kalıplara ve ayrıca 5x40x20 cm boyutundaki plaka kalıplara dökülmüştür. Bu örnekler, 24 saat sonra kalıplardan çıkartılarak TS EN 998-1 standardının öngördüğü prensiplere göre kürlenmiş olup, 28 günlük kür sonrasında örneklerin birim hacim ağırlık, kılcal (kapiler) su emme, basınç dayanımı, ısı iletkenlik özelliği ve sismik hız değeri gibi teknik özellikleri deneysel olarak analiz edilmiştir.

Bu şekilde elde edilen örnekler, bu çalışma kapsamında referans örnekler olarak ele alınmış ve KK olarak kodlanmıştır.

Alaçatı Alapetra taşı agregalı kompozit dolgu harcı geliştirilmesi amacıyla karışım kombinasyonundaki diğer tüm parametrik bileşenler ve kullanım oranları sabit tutulmak koşuluyla, ince agrega ve iri agrega boyutlarındaki Alaçatı Alapetra agrega kullanım oranları 10 ayrı karışım oranında düzenlenerek bir seri test örnekleri hazırlanmıştır. Bu test örneklerinde, Alaçatı Alapetra taşı kullanım oranının elde edilen dolgu harç örneklerinin teknik performansına, fiziksel ve mekanik özelliklerine etkisi test bulgularından elde edilen parametrik verilerle irdelenmiştir. Çalışmada bu amaçla hazırlanmış tüm karışımlar bir seri şeklinde A1 – A10 olarak kodlanmıştır. Bu karışımlarda kontrol karışımında olduğu gibi, ağırlıkça

%6,5 oranında sönmüş toz kireç, %14,25 oranlarında 0-1 mm boyutlu genleşmiş perlit malzeme, ağırlıkça %7,5 oranında -100 µm kalsit, %27 oranında PÇ 42.5R çimento ve ağırlıkça toplamda %1,25 oranında da toz polimer katkı sabit olarak kullanılmıştır. Malzeme örneklerinin hazırlanmasında optimum su/katı oranını belirlemek amacıyla, akma tablası yöntemiyle kıvam analizi yapılmış olup, 0.85 Su/Katı oranının en uygun karışım kıvamını sağladığı belirlenmiş olup, 10 ayrı karışım kombinasyonunda bu su/katı oranı sabit değer olarak kullanılmıştır. Tüm kompozit dolgu harcı örnekleri aynı boyutlardaki numune kalıplarına dökülmüştür. Örnekler 24 saat sonra kalıplardan çıkartılarak TS EN 998-1 standardının öngördüğü prensiplere göre kütleme işlemi yapılmıştır. 28 günlük kür sonrasında örneklerin birim hacim ağırlık, kılcal (kapiler) su emme, basınç dayanımı, ısı iletkenlik özelliği ve sismik hız değeri gibi teknik özellikleri deneysel olarak analiz edilmiştir. Tüm teknik bulgular, referans örneklerde elde edilen teknik veriler ile karşılaştırılarak Alaçatı Alapietra taşı agregalı harç örnekleri için etkisi irdelenmiştir. Her bir karışım kombinasyonu için 4x4x16 cm boyutlarında 18 adet, 5x5x5 cm boyutlarında 18 adet ve 5x40x20 cm boyutlarında ise 3 adet numune hazır-

lanmıştır.

Bu çalışmada, kompozit matris yapıda harç örnekleri oluşturmak, karışımın tiksotropisini dengelemek ve polimerizasyon sürecini optimal duruma getirmek amacıyla kıvamlaştırıcı, aderans artırıcı, renk pigmenti ve rötre giderici toz polimer bileşenleri bir karışım olarak kullanılmıştır. Deneysel çalışma programında kullanılan yöntem, standartlar ve yapılan analiz süreci, TS EN 998-1 standardı ve bu standartta öngörülen diğer TS EN normu standartlarına göre yapılmıştır.

4 Araştırma Bulguları

Kuvars kumlu kontrol test örnekleri ile Alaçatı Alapietra taşı agregalı kompozit dolgu harcı örnekleri, Tablo 2'de tanımlanan karışım kombinasyon değerlerinde ayrı ayrı toz formda hazırlanarak, her bir karışım için sabit su/katı oranında karma suyu ile karışımları yapılmıştır. Tüm harç örneklerinin karma suyu sonrası taze yaş formundaki harç birim hacim ağırlık değerleri test örnek kalıplarına yerleştirilmeden önce belirlenmiştir. Toz ve taze harç formundaki tüm karışımların yoğunluk değerleri Tablo 3'de verilmiştir.

Çizelge 3. Karışımların yoğunluk değerleri

Karışım	İnce/iri Agregata Oranı	Toz Formda Malzeme Yoğunluğu (kg/m ³)	Karışımın Su/Katı Oranı	Taze Harç Formda Malzeme Yoğunluğu (kg/m ³)
KK	-	721	0,54	1292
A1	13,50	397	0,85	991
A2	7,70	386	0,85	926
A3	5,21	379	0,85	889
A4	2,35	372	0,85	851
A5	1,42	365	0,85	815
A6	0,81	361	0,85	763
A7	0,61	355	0,85	800
A8	0,36	348	0,85	764
A9	0,18	340	0,85	734
A10	0,07	334	0,85	793

Tablo 3 irdelendiğinde görüleceği gibi, kontrol örneğinin toz formdaki yığın yoğunluk değeri ortalama 721 kg/m³ olarak belirlenmiş olup, Alaçatı Alapietra taşı agregalı karışım kombinasyonlarının tamamının toz yığın yoğunluk değerleri kontrol örneğine göre düşük değerlerdedir (kontrol örneğine göre %44.94 -

%53.66 oranında daha hafiftir). Hafif harç karışımlarında iri agregata olarak Alaçatı Alapietra taşı oranı arttıkça toz yığın yoğunluk değerinin de %15.86 oranına kadar düştüğü görülebilmektedir. Kompozit harcın uygulanabilirlik koşulları dikkate alındığında, hazır harç formunun kullanım yerinde yeterli kı-

vamda olması önemli bir özelliktir. Bu nedenle, toz formda hazırlanmış harç karışımına ne oranda karma suyu katılması gerektiği dikkatle belirlenmelidir. Aynı zamanda, karma suyu oranı elde edilen harcın teknik performansına doğrudan etkiyen önemli faktörlerden birisi olması sebebiyle, teknik açıdan karşılaştırması yapılacak harç test örneklerinin hazırlanmasında aynı bir karma suyu oranının kullanılması daha anlamlı sonuçların oluşmasına imkân tanımaktadır. Bu nedenle, kıvam analizi ölçümü ASTM-C 230 [9] ve TS EN 1015-3 [10] standartlarına uygun akma tablası yöntemi kullanılarak belirlenir. Bu yöntemde, taze harç olarak hazırlanan karışımın uygun su oranı, ilk yayılma çapının ortalama 165 ± 5 mm olması esas alınarak elde edilmiştir. Her bir karışım kombinasyonu için yapılan akma tablası analizinde uygun olan Su/Katı oranları ve taze harç yoğunluk değerleri Tablo 3'de verilmiştir. Tablo 3 irdelendiğinde görüleceği gibi, en az karma suyu ihtiyacı gözeneklilik olgusunun daha düşük olması sebebiyle kontrol karışım örnekleri için elde edilmişken, diğer karışımların

karma suyu oranı benzer değerler olarak ele alınmıştır.

Taze harç formunda hafif harç malzemelerinin yoğunluk değerleri irdelendiğinde, karışımdaki iri agrega olarak Alaçatı Alapetra taşı oranı arttıkça, harcın yoğunluk değerinde de lineer kabul edilebilecek bir düşme olduğu gözlenmektedir. Bu da, daha hafif bir harç elde edilmesi anlamına gelmektedir. Dolgu amaçlı kullanılacak kompozit harçlarda ısısal performansın yüksek olması arzu edilen önemli bir teknik parametre olarak görülmektedir. Harç kombinasyonlarında bu özelliğin iyileştirilebilmesi amacıyla, harcın düşük yoğunluk değerlerinde olması gerekmektedir. Alaçatı Alapetra taşı agregalı dolgu harç örneklerinin yoğunluk değeri, kuvars kumlu kontrol harcına göre ortalama %53.7 daha hafif yoğunlukta olduğu gözlenmiştir. Dolgu harcı örneklerinin deneysel çalışmalarda elde edilen teknik bulguları Tablo 4'de verilmiştir.

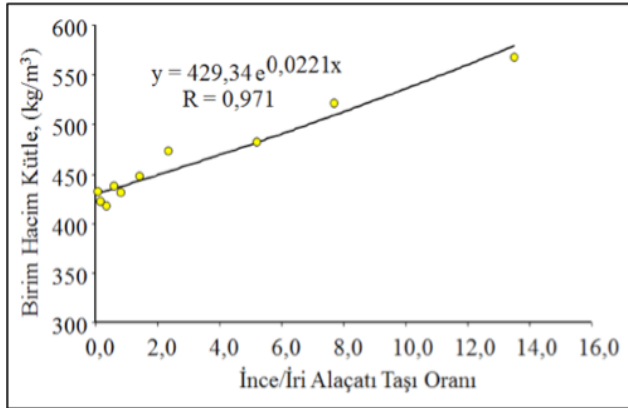
Çizelge 4. Hafif harç örneklerinin analiz bulguları.

Karışım	Priz Sonrası Birim Hacim Kütle (kg/m ³)	Basınç Dayanımı (N/mm ²)	Kapiler Su Emme (kg/m ² dak0,5)	Isı İletkenlik (W/mK)	Sismik Hız (m/sn)
KK	933	3,85	0,277	0,217	2449
A1	567	2,48	0,226	0,124	1144
A2	521	2,36	0,238	0,112	883
A3	482	2,29	0,251	0,097	821
A4	473	1,96	0,284	0,088	774
A5	448	1,85	0,303	0,083	742
A6	431	1,74	0,327	0,076	703
A7	438	1,66	0,346	0,077	671
A8	418	1,51	0,381	0,073	652
A9	422	1,37	0,422	0,075	634
A10	432	1,14	0,459	0,076	611

Kompozit formdaki birçok harç türevinde teknik özellikler, priz sonrası sertleşmiş harcın kuru birim hacim ağırlığının bir fonksiyonu olarak irdelenebilmektedir. Genel olgu, birim ağırlığın düşük olması, harcın ısısal özelliklerinin iyileşmesi, daha gözenekli bir yapı arz etmesi, daha yalıtkan bir karakteristik sergilemesi gibi avantajlı hususları gündeme getirmektedir. Bunun tersine düşük birim hacim ağırlık, aynı zamanda harcın mukavemet değerinin düşmesine etkiyen önemli bir faktör olarak görülmesinin

yanı sıra artan gözenekliliğe bağlı olarak kapiler su emme gibi özelliklerin ise daha su emici bir karakteristik kazanmasına neden olabilmektedir. Bu bağlamda, dolgu amaçlı kullanılacak kompozit formdaki bir harçta mümkün olduğunca ısısal özelliklerin yüksek ancak su emme karakteristiklerinin ise mümkün olan minimum değerlerde olması arzu edilir. Bu ön değerlendirme ışığında, kompozit dolgu harçları için sertleşmiş harcın kuru birim hacim ağırlığı 500 kg/m³ ve daha düşük değerde olan harç

kombinasyonları daha yüksek performanslı yalıtkan özellikler sergileyen dolgu materyalleri olarak tecrübe edilmiştir. Aynı zamanda bu birim hacim ağırlık değerlerindeki dolgu harçlarının ısı iletkenlik değerlerinin TS EN 998-1 standardında öngörülen T1 grubu “Yüksek Performanslı Isı Yalıtımı Sağlayan Harç” grubunda yer alabilme olasılığı da oldukça yüksektir. Bu çalışmada hazırlanmış olan tüm dolgu harcı örnekleri, küp veya prizma şeklindeki kalıplara dökülerek 28 gün boyunca normal ortam koşullarında priz almaları sağlanmış ve priz sonrası boyutları ölçülerek birim ağırlıkları (yoğunlukları) belirlenmiştir [11]. Bu açıdan irdelendiğinde, Alaçatı Alapietra taşı “ince/iri” agrega boyut oranının 5.2’den daha düşük olduğu harç örneklerin priz sonrası kuru birim ağırlıkları 500 kg/m³ değerinden daha düşük olduğu ve 480 - 430 kg/m³ aralığında değişim gösterdiği ölçülmüştür. Kuvars kumlu kontrol harcı olarak analiz edilmiş örneklerde ise birim ağırlık değerinin ortalama 933 kg/m³ olduğu tanımlanmıştır. Karışım kombinasyonlarında Alaçatı Alapietra taşı ince/iri agrega oran değişimine bağlı olarak harç örneklerinin birim hacim kütle değerleri grafiksel olarak Şekil 2’de verilmiştir.



Şekil 2. Alaçatı Alapietra taşı ince/iri agrega oran değişimi - birim hacim kütle ilişkisi.

Dolgu harcı karışımlarının, inşaat sektöründe farklı alanlarda kullanımı için malzemelerin kabul edilebilir ölçütlerde basınç dayanım değerine sahip olmalıdır. Malzeme mukavemeti olarak da isimlendirilen bu değer, her bir malzeme türüne ve kullanım yerine göre farklılık gösterebilir. TS EN 998-1 standardında harç gruplarının 28 günlük basınç dayanım değerleri için, 4 ayrı dayanım sınıfı öngörülmüştür (CS I – CS IV) [7]. Bu sınıflarda dayanım sınırları şu şekilde

verilmiştir:

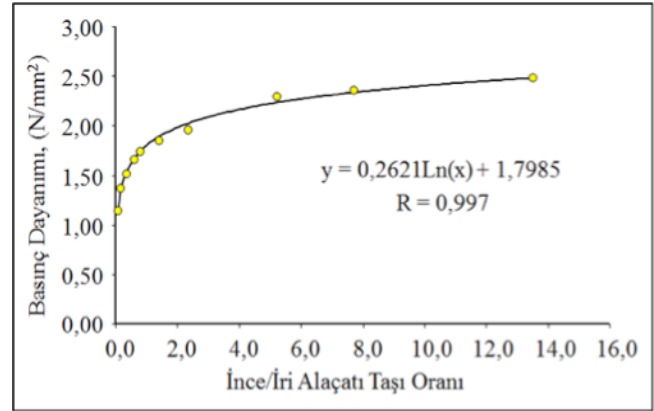
CS I dayanım sınıfı için : 0.4 – 2.5 N/mm²

CS II dayanım sınıfı için : 1.5 – 5.0 N/mm²

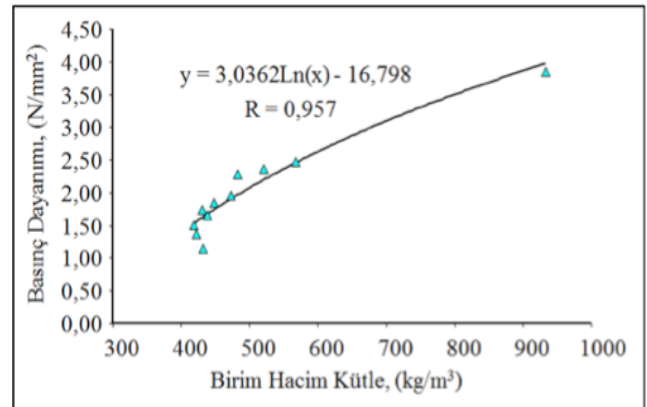
CS III dayanım sınıfı için : 3.5 – 7.5 N/mm²

CS IV dayanım sınıfı için : ≥ 6 N/mm²

Dolgu harcı olarak kullanılacak malzemelerin minimum basınç dayanım sınırını öngören herhangi bir standart kural henüz reel olarak görülememektedir. Ancak, pratik uygulamalarda elde edilen bulgulara göre, dolgu harçlarının uygulama alanında taşıyıcılık özellikleri göstermemesi de dikkate alındığında minimum basınç dayanım değerinin 1.2 N/mm² olması öngörülebilir. Bu çalışmada, Alaçatı Alapietra taşı agregalı dolgu harcı örneklerinin 28 günlük basınç dayanım değerleri TS EN 1015-11 [5] standardına göre analiz edilmiş olup, bulgular Tablo 4’de verilmiştir. Alaçatı Alapietra ince/iri agrega oranı değişimi ve birim hacim kütle değerlerine bağlı olarak harç örneklerinin basınç dayanım değerleri grafiksel olarak Şekil 3 ve Şekil 4’de sırasıyla verilmiştir.



Şekil 3. Alaçatı Alapietra ince/iri agrega oran değişimi - basınç dayanımı değeri ilişkisi



Şekil 4. Harç birim hacim kütle - basınç dayanım değeri ilişkisi

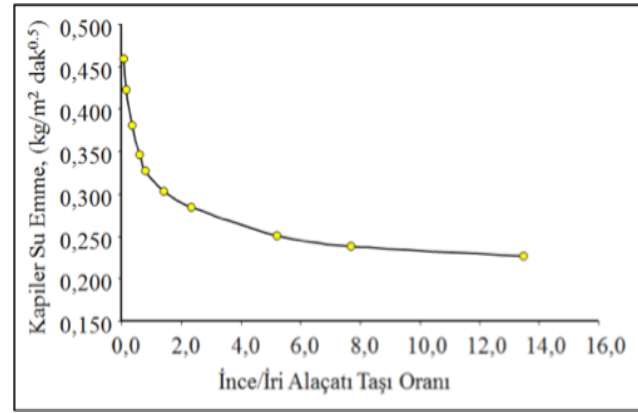
Şekil 3 detayda irdelendiğinde, kompozit dolgu harcı örneklerinin basınç dayanım değerleri, ince ve iri agrega oranına göre önemli bir rol oynamakta olup, logaritmik lineer bir yaklaşım sergileyen trend sergilediği görülmektedir. Bu trend benzer şekilde, kompozit dolgu harcı birim hacim kütle değeri ile basınç dayanım değerleri arasında oluşturulan grafiksel analizde de görülebilmektedir (Şek. 4). Karışım kombinasyonundaki iri agrega oranının azalması veya harcın gözeneklilik oranının artmasına bağlı olarak harç örneklerinin basınç dayanım değerinin de düştüğü gözlenmiştir. TS EN 998-1 standardında öngörülen sınır değerler açısından irdelendiğinde, Alaçatı Alapietra ince/iri agrega oranının bu çalışmada kullanılan tüm değer aralıklarında, CS I sınıfı basınç dayanım değerinin sağlandığı tespit edilmiştir. Ancak, kuvars kumlu kontrol harcının dayanım değerinin ise CS II sınıfına dâhil olduğu görülmüştür. Kompozit dolgu harcı kullanımı için yukarıda özetle öngörülen basınç dayanım sınırı açısından irdelendiğinde ise, Alaçatı Alapietra ince/iri agrega oranının 0.20 ve üzerinde olan karışım kombinasyonlarının dolgu harcı olarak kullanımının daha uygun olacağı görülmüştür. Bununla birlikte kullanım optimizasyonu yapmak bağlamında ince/iri agrega oranının 0.80 dolayında olduğu bir karışım kombinasyonunun dayanım açısından daha reel bir harç formu olduğu öngörülebilmektedir.

Dolgu harçları, eğer uygulama alanında bir yüzeyleri atmosfer ortamına açık bir konumda bulunduğu durumlarda, bünyelerine su emme kabiliyetleri ayrı bir inceleme konusu olmaktadır. Malzemelerin su etkisine karşı dirençleri ve bünyelerinde kapiler olarak yükselen veya malzeme bünyesine emilen suya karşı gösterdikleri direnç önemlidir. Diğer bir deyişle, tüm malzeme türevlerinde olduğu gibi kompozit dolgu harç malzemelerinin de mümkün olduğunca minimum seviyede su emmesi ve yüzeyine su etki ettiği zaman (örneğin yağmur etkisi, su püskürtülmesi, taban birimlerinde zemin suyu etkisi vb. gibi), yüzeysel suyu geçirmemesi temel prensiptir. Bu bağlamda, harç malzemelerin kapiler su geçirimsizlik değerlendirilmesi de kaçınılmaz olmaktadır [7,12]. Bu amaçla, TS EN 998-1 standardında harç türevleri için öngörülen kapilerite değerlendirme kriterleri, analizlerde ana parametre olarak kullanılmıştır. TS EN 998-1 standardında harç gruplarının kılcal (kapiler)

su emme (c) değerleri için, 3 ayrı sınıf öngörülmüştür (W0-W2) [7]. Bu sınıflarda kılcal su emme sınır değerleri şu şekilde verilmiştir:

W0 Kılcal (Kapiler) Su Emme Sınıfı	:	Belirlenmiş değer yoktur
W1 Kılcal (Kapiler) Su Emme Sınıfı	:	$c \leq 0.40$ kg/m ² .dak0.5
W2 Kılcal (Kapiler) Su Emme Sınıfı	:	$c \leq 0.20$ kg/m ² .dak0.5

Çalışma kapsamında Alaçatı Alapietra taşı kompozit dolgu harcı malzemeleri olarak hazırlanan örneklerin kılcal (kapiler) su emme değerleri TS EN 1015-18 [13] standardına göre analiz edilmiş olup, bulgular Tablo 4'de verilmiş ve Alaçatı Alapietra ince/iri agrega oran değişimine bağlı olarak grafiksel incelemesi ise Şekil 5'de verilmiştir.



Şekil 5. Alaçatı Alapietra ince/iri agrega oran değişimi - kılcal (kapiler) su emme değeri ilişkisi.

Grafiksel analizden de görüldüğü üzere, harç karışımlarında Alaçatı Alapietra iri agrega oranı arttıkça, artan gözeneklilik oranının da bir fonksiyonu olarak kılcal (kapiler) su emme karakteristiği artış göstermektedir. Diğer bir deyişle, kapiler olarak daha su emen ve yüzeysel emiciliği ve geçirgenliği daha yüksek fiziksel bir form kazanmaktadır. Elde edilen bulgular bağlamında, Alaçatı Alapietra ince/iri agrega oranının 13.25 - 0.20 aralığında olan karışım kombinasyonlarında kılcal (kapiler) su emme karakteristiği W1 sınıfında yer alırken, ince/iri agrega oranının 0.20'den daha düşük değerlerinde ise kılcal (kapiler) su emme karakteristiği W0 sınıfında yer aldığı tespit edilmiştir.

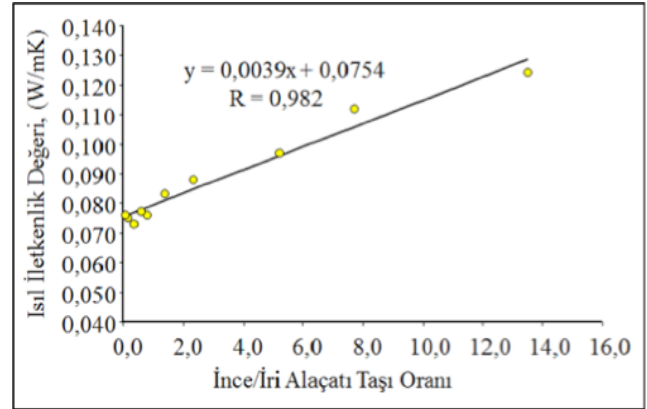
Dolgu harcı uygulamalarında en önemsenen parametrelerden birisi, harcın sağlamış olduğu ısısal per-

formans veya ısı yalıtım değerlendirmesidir. Bu bağlamda, kompozit dolgu harçlarının ısı iletkenlik değerinin düşük olması arzu edilir. Bilindiği gibi sertleşmiş harç malzemeler, ısı geçişine, ısı iletkenlik katsayılarına ve kalınlıklarına bağlı olarak bir direnç gösterirler. Bir başka ifadeyle, en genel anlamda ısısal konfor veya ısısal performans, ısı geçişini azaltan bir dirençtir. Bunu sağlayan malzemelere de ısı yalıtım malzemesi adı verilmektedir. Isı yalıtımı sağlayan malzemelerin en önemli özelliği “ısı iletkenlik katsayısı” olup, genellikle “ λ ” sembolü ile gösterilmekte ve “kcal/mh°C” veya “W/mK” biriminde ifade edilmektedir. Bu değer, ne kadar küçük ise o malzemenin ısı yalıtımına ve enerji verimliliğine katkısı o derece yüksek olduğunun bir ifadesidir [7,14]. Bu çalışmada hazırlana tüm dolgu harcı örneklerinin ısı iletkenlik değeri, ASTM-C 237 ve TS EN ISO 8990 standardında öngörülen Mahfazalı Sıcak Kutu yöntemine göre ölçülmüş olup, ısı iletkenlik değerleri Tablo 4’de verilmiştir. Isıl iletkenlik değerinin detayda irdelenmesi amacıyla Alaçatı Alapietra ince/iri agrega oran değişimine bağlı ve birim hacim kütle değerlerine bağlamında grafiksel incelemesi ise Şekil 6 ve Şekil 7’de verilmiştir.

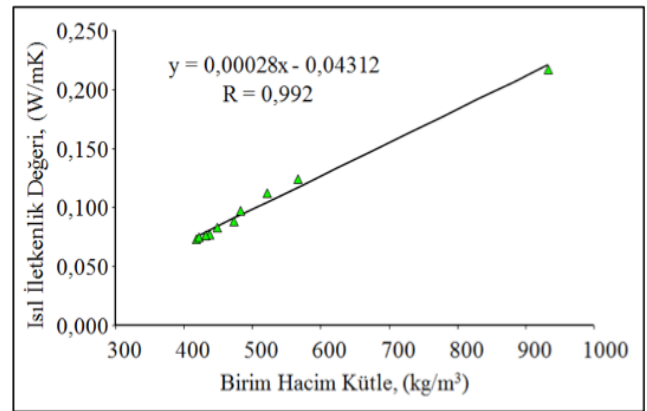
Çalışma bulgularından dolgu harçlarının ısı iletkenlik analiz değerleri irdelendiğinde, ısı iletkenlik değerinin Alaçatı Alapietra iri agrega kullanım oranının artma eğilimine bağlı olarak değişim gösterdiği belirlenmiştir. Alaçatı Alapietra agregalı dolgu harcı örneklerin ısı iletkenlik değeri 0,076 – 0,124 W/mK arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Buna karşın kuvars kumlu kontrol harcı örneğinin ise ısı iletkenlik değerleri 0,217 W/mK olarak belirlenmiş olup, Alaçatı Alapietra ince agrega oranı en yüksek karışıma göre 1.75 kat; iri agrega oranı en yüksek karışıma göre de 2.9 kat daha yüksektir. Bu kısaca şu anlama gelmektedir. Uygulama kalınlığı aynı olmak koşuluyla Alaçatı Alapietra agregalı malzeme, kontrol karışımı örnekler göre çok daha yüksek verimlilikte ısı tasarrufu sağlayabilen malzemeler olduğu anlamına gelmektedir. Ayrıca, TS EN 998-1 standardına göre, ısı yalıtımı sağlayan harç grupları için 2 ayrı sınıf (T1 – T2) öngörülmüştür. Bu değerlendirme, harç türevlerinin ısı iletkenlik değeri ölçütü bağlamında yapılmış olup, sınır değerler şu şekilde öngörülmüştür [7]:

T1 Sınıfı - Isıl İletkenlik Değeri : $\lambda \leq 0.10$ W/mK

T2 Sınıfı - Isıl İletkenlik Değeri : $\lambda \leq 0.20$ W/mK



Şekil 6. Alaçatı Alapietra ince/iri agrega oran değişimi – ısı iletkenlik değeri ilişkisi.



Şekil 7. Harç birim hacim kütle – ısı iletkenlik değeri ilişkisi.

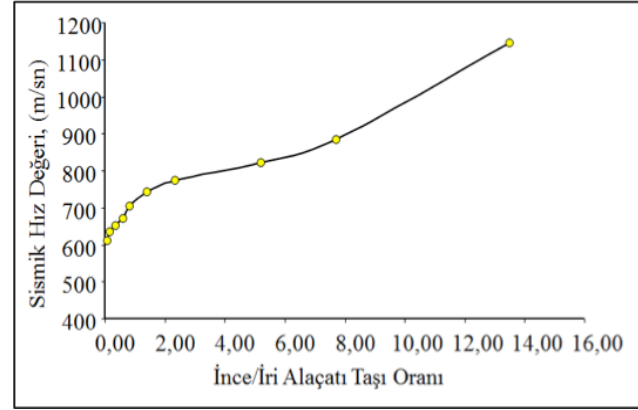
TS EN 998-1 standardına göre bir malzemenin ısı iletkenlik değerinin ≤ 0.10 W/mK olması, yüksek performanslı ısı tasarrufu sağlayan (yüksek enerji verimli) malzeme olduğunu simgelemektedir. Bu değer ≤ 0.20 W/mK olması durumunda ise, malzemenin normal ölçütlerde ısı yalıtımı sağlayan bir malzeme grubunda yer alabildiğini simgelemektedir [7]. Bu bağlamda, bu çalışmada Alaçatı Alapietra agregalı tüm malzeme örneklerinin ısı iletkenlik değerleri TS EN 998-1 standardında öngörülen sınır değerler arasında kaldığı, kontrol örneğinin ise bu kategori içerisinde yer almadığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte, Alaçatı Alapietra ince/iri agrega oranının 6.5’nin üzerinde veya diğer bir deyişle birim hacim kütle değerinin ortalama 500 kg/m³’ün üzerinde olan örneklerde, T2 sınıfı “Isı tasarrufu sağlayan malzeme” kategorisinde yer aldığı görülmüştür. Bu değer altındaki karışımlarda ise örneklerinin T1

“Yüksek performanslı ısı tasarrufu sağlayan malzeme” kategorisinde yer aldığı belirlenmiştir. Diğer bir deyişle, düşük ısıl iletkenlik değeri sağlayabilmek için karışımlarda iri boyutlu ve daha yüksek gözeneklilik sağlayan malzeme kullanımı önem kazanmaktadır.

Ultrasonik teknikler uzun yıllardır birçok endüstriyel alanda ve uygulamalarda kullanılmaktadır. Bu teknikler, uygulanmasının kolaylığı ve zararsız olmasından dolayı, birçok mühendislik uygulamalarında da artarak kullanılmaya başlanmıştır. Bilindiği gibi katı malzemeler farklı fiziksel özelliklere sahiptir ve herhangi bir etki karşısında farklı tepki vermektedirler. Zararsız, düşük maliyetli ve kolay uygulanabilen ölçüm tekniklerinden biri olan ultrasonik ses ölçüm yöntemleri, farklı amaçlar için oluşturulmuş numunelerinin ultrasonik hızlarının laboratuvar ortamında belirlenmesinde uzun yıllardan beri kullanılmaktadır. Akustığın bir kolu olan ultrasonik insan kulağının işitmeyeceği kadar yüksek frekanslı (>20Khz) ses dalgalarına verilen addır. Ultrasonik P (boyuna) ve S (enine) dalga hızları, ölçümü yapılan numunenin yoğunluğuna ve dokusal özelliklerine bağlı olarak değişim göstermektedir. Ultrasonik hızlar homojen ve heterojen malzemelerde doğal olarak farklılık gösterir. Beton ve harç malzemelere ait fiziksel ve mekanik özelliklerin tespiti için, ultrasonik dalga hızları birçok araştırmacı tarafından kullanılmıştır. Ancak, ultrasonik ses ölçüm değerlerinin katı malzemenin bünyesinden geçirebileceği ısı akımı ve buna bağlı ısısal performans karakteristiğinin belirlenmesinde kullanılması, üzerinde detay çalışılabilecek ve yeni bir yaklaşım getirilebilecek konudur. Çalışma kapsamında hazırlanan tüm dolgu harcı test örneklerinin ayrıca ultrasonik ses (sismik hız) değerleri, piezoelektrik kristalli bir proba boyuna dalgaları iletim yöntemiyle ölçülmüştür [15,16,17,18]. Test örneklerinin ultrasonik ses ölçüm değerleri Tablo 4’de verilmiş olup, Alaçatı Alapietra ince/iri agrega oran değişimine bağlı olarak grafiksel incelemesi ise Şekil 8’de verilmiştir.

Dolgu harcı örneklerinin sismik hız değerlerinin, Alaçatı Alapietra ince ve iri agrega oranına göre değişim sergilediği görülmüştür. Bunda en büyük etkenin karışım bünyesinde yer alan ince ve iri agrega oranının değişken rolü olup, iri agrega oranının artması veya harç gözenekliliğinin artış göstermesi,

harç örneklerinin sismik hız değerinin düşmesine neden olduğu görülmüştür. Alaçatı Alapietra agregalı dolgu harcı örnekleri için elde edilen sismik hız değeri aralığı 611 – 1144 m/sn arasında değişim göstermektedir. Kontrol örneğinin ise sismik hız değeri 2449 m/sn olarak belirlenmiştir.



Şekil 8. Alaçatı Alapietra ince/iri agrega oran değişimi – sismik hız değeri ilişkisi.

Akustik empedans, sesin en önemli bileşenlerinden birisidir. Bir malzemede ultrasonik dalgaların yayılmasına karşı gösterilen dirence akustik empedans denir [16]. Akustik empedans Z harfi ile gösterilir ve Denklem 4.1’de verildiği gibi malzemedeki ultrasonik dalga hızı ile malzeme yoğunluğunun çarpımına eşittir:

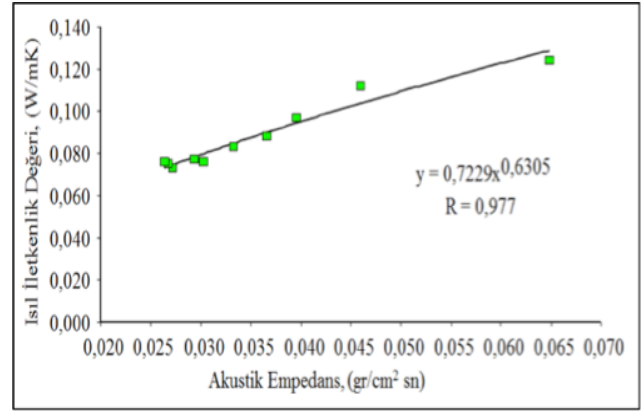
$$Z = \rho * C \quad (4.1)$$

Burada; Z, akustik empedans, (kg/m² sn), ρ , malzemenin yoğunluğu (kuru birim hacim kütlesi, kg/m³), C, malzemedeki geçen ultrasonik dalga hızı, (m/sn) olarak değerlendirilmektedir. Akustik empedans, bazen “gr/cm².sn” birimine çevrilerek de gösterilebilmektedir. Bu birim malzemeler için “akustik ohm” olarak da nitelenebilmektedir. Akustik empedans birçok bilimsel çalışmada bir ana parametre olarak değerlendirilebilmektedir. Örneğin, jeofizik incelemelerde kayaların yapısal incelemesinde kullanıldığı gibi, tıpta akustik empedans kulak zarı ve orta kulak sistemlerinin sesi ne kadar iyi iletebildiğini gösterir [15,19]. Bu çalışma kapsamında da kompozit dolgu harcı olarak geliştirilen tüm test örneklerinin ayrı ayrı akustik empedans değerleri malzemelerin priz sonrası yoğunluk değerleri bağlamında yukarıda tanımlanan bilgilerin ışığında hesaplanmış olup, parametrik bulguları Tablo 4’de verilmiştir. Bu analizden de görüldüğü gibi, test örneklerinin yoğunluk değerlerinin düşük olması ve aynı zamanda ultraso-

nik ses değerlerinin düşük düzeylerde olması, malzemenin akustik empedans değerinin de düşük değerlerde olmasını sağlamaktadır. Karışım kombinasyonlarında Alaçatı Alapietra iri agrega oranı arttıkça, akustik empedansın da önemli ölçütlerde düştüğü görülmektedir. Bu olgu, gerçekte bu malzemenin daha yüksek ısısal bir performans sergileyebileceğinin de ön bir belirtici olarak nitelenebilir. Bu çalışma bulgularından elde edilen genel bir olgu, çok yüksek ısısal performanslı bir ürünün akustik empedans değerinin olabildiğince düşük değerde olması gerekmektedir.

Bir malzemenin ısı iletkenlik değeri, o malzemenin yoğunluk ve gözeneklilik oranının bir fonksiyonu olarak değişim gösterdiği literatürde bilinen bir husustur. Bu bağlamda, bir malzemenin akustik ohm veya akustik direnci de, malzemenin ısısal performansında etken olabilecek bir parametre olarak da görülebilecektir. Bu hususu daha detay irdelemek amacıyla, bu çalışma kapsamındaki tüm test örnekleri için elde edilen akustik empedans değerleri ile deneysel olarak belirlenmiş ısı iletkenlik değerleri arasında bir ilişkinin oluşturabileceği öngörülmüş olup, istatistiksel bir analizle irdeleme yapılmıştır. Bu analiz bulgusu Şekil 9'da detay olarak verilmiştir.

Şekil 9 irdelendiğinde görüleceği üzere, akustik empedans ile dolgu harcı ısı iletkenlik değeri arasında lineer kabul edilebilecek görgül üstel bir ilişki söz konusudur. Bu yaklaşım, pratik uygulamalarda ısısal konfor amaçlı olarak kullanılacak bir kompozit dolgu harcının performans hesaplamasının yapılmasına olanak sağlayabilecektir. Bu analizde gerekli olan ısı iletkenlik katsayısı değeri, malzeme bünyesi veya yüzeyinde herhangi bir tahribata imkân tanımaksızın doğrudan uygulama alanında malzeme yüzeyinden ölçülen ultrasonik ses değerine göre belirlenecek akustik empedansı bağlamında tanımlanabilir. Bu uygulama göstermektedir ki, ısı yalıtım amacıyla olarak kullanılan dolgu harcı türleri için önceden tanımlanmış akustik empedans değerlerinin varlığında, pratik uygulamalarda kolaylıkla o malzemenin ısı iletkenlik değeri ve yapılacak hesaplamalarla da ısısal performansları kısa bir işlem ve kolay ölçütlerle kestirimi yapılabileceğini göstermektedir.



Şekil 9. Akustik empedans – ısı iletkenlik değeri ilişkisi

5 Sonuçlar

Bu çalışma kapsamında İzmir İli Çeşme İlçesi Alaçatı Yöresi çevresinde bulunan, beyaz renkte görülen ve Alaçatı Taşı olarak da adlandırılan volkanik kökenli kayaç oluşumlarının inşaat sektöründe yalıtımlı kompozit dolgu harcı üretiminde değerlendirilebilirliği deneysel çalışmalar sonucunda belirlenmiştir. Çalışma kapsamında üretilen kompozit harçların birim hacim ağırlık değerlerinin kontrol numunelerine oranla oldukça hafif yapılı bir karakteristik sergilediği gözlenmiştir. Birim hacim ağırlıktaki bu düşüş ısı iletkenlik ve sismik hız değerlerinde doğrudan etki oluşturmaktadır. Dolayısıyla, mikronize Alapietra taşı ile üretilen harçlar ısı ve ultrasonik ses geçişi bakımından oldukça yalıtkan değerler sergilemiştir. Alaçatı Alapietra agregalı örnekler üzerinde TS EN 998-1 standardının ön gördüğü deneyler sonucunda, numunelerin kılcal su emme değerleri W1 ve W2, basınç dayanım değerler, CSI ve CSII, ısı iletkenlik değerleri T1 ve T2 sınıfı olarak tespit edilmiştir. Karışım kombinasyonlarında Alaçatı Alapietra iri agrega oranı arttıkça, akustik empedansın da önemli ölçütlerde düştüğü görülmektedir. Bu çalışma kapsamındaki tüm test örnekleri için elde edilen akustik empedans değerleri ile deneysel olarak belirlenmiş ısı iletkenlik değerleri arasında bir ilişkinin oluşturabileceği öngörülmüş olup, istatistiksel bir analizle irdeleme yapılmıştır. Bu analizin uygulamada en önemli getirisi, gerekli olan ısı iletkenlik katsayısı değerinin, malzeme bünyesi veya yüzeyinde herhangi bir tahribata imkân tanımaksızın doğrudan uygulama alanında malzeme yüzeyinden ölçülen ultrasonik ses değerine göre belirlenecek akustik

empedansı bağlamında tanımlanabilmesi olarak değerlendirilebilir.

Yapılan analizlerden elde edilen bulgulara göre, Alaçatı Taşı'nın hafif yapı malzemesi olarak kuru karışım hafif beton kombinasyonlarında kullanılabilirliğinin uygun olduğu görülmüştür.

6 Referanslar

- [1] Wu, M.H.; Ng, T.S.; Skitmore, M.R. Sustainable building envelope design by considering energy cost and occupant satisfaction. *Energy for sustainable development*. 2016; 31, 118-129.
- [2] Shoukry H.; Kotkata M.F.; Abo-EL-Enein S.A.; Morsy M.S.; Shebl S.S. Enhanced Physical, Mechanical and Microstructural Properties of Lightweight Vermiculite Cement Composites Modified With Nano Metakaolin. *Construction and Building Materials*. 2016; 112, 276-283.
- [3] Shannag M. Characteristics of lightweight concrete containing mineral admixtures. *Construction and Building Materials*. 2011; 25(2), 658-662.
- [4] Gündüz, L.; Kalkan, Ş.O. Diyatomit Agregaların Çimento Esaslı Hafif Harç Özelliklerinin Gelişimine Etkisi. *AGGRESS 2016*, 8. Uluslararası Kırmataş Sempozyumu, Kütahya-TÜRKİYE, s.284-294, 13-14 Ekim 2016.
- [5] TSE, 2000. TS EN 1015-11 Ekim 2000 Kâgir Harcı - Deney Metotları - Bölüm 11: Sertleşmiş Harcın Basınç ve Eğilme Dayanımının Tayini, TSE, Ankara.
- [6] MGS, 2013. Çed Raporu: Namık Kemal AYDOĞDU, İR: 51232 Ruhsat Numaralı II. Grup Kalker Ocağı Rehabilitasyonu, Kırma-Elemente Tesisi Ve Dekoratif Taş Ocağı Kapasite Artışı Projesi, MGS Proje Müşavirlik Mühendislik Tic. Ltd. Şti. Ankara, 2013.
- [7] Gündüz, L., Kalkan, Ş.O., Aydoğdu, N.K., İzmir-Alaçatı Taşının Kuru Karışım Hafif Beton Agregası Olarak Kullanılabilirliği Üzerine Teknik Bir Analiz, *AGGRESS 2016*, Kütahya, TÜRKİYE, 8. Uluslararası Kırmataş Sempozyumu, s.390-399, 13-14 Ekim, 2016.
- [8] TSE, 2006. TS EN 998-1 Şubat 2006 Kâgir harcı - Özellikler - Bölüm 1: Kaba ve ince sıva harcı, TSE, Ankara.
- [9] ASTM, 2008. ASTM C230 / C230M-08, Standard Specification for Flow Table for Use in Tests of Hydraulic Cement, ASTM International, West Conshohocken, PA, USA.
- [10] TSE, 2000. TS EN 1015-3 Kasım 2000 Kâgir Harcı-Deney Metotları- Bölüm 3: Taze Harç Kıvamının Tayini (Yayılma Tablası İle), TSE, Ankara.
- [11] TSE, 2001. TS EN 1015-10 Nisan 2001 Kâgir Harcı-Deney Metotları- Bölüm 10: Sertleşmiş Harcın Boşluklu Kuru Birim Hacim Kütlelerinin Tayini, TSE, Ankara.
- [12] Gündüz, L.; Bekar, M.; Şapcı, N. Influence of a new type of additive on the performance of polymer-lightweight mortar composites. *Cement and Concrete Composites*. 2007; 29(8), 594-602.
- [13] TSE, 2004a. TS EN 1015 - 18 Ocak 2004 Kâgir harcı - Deney metotları - Bölüm 18: Sertleşmiş harcın kapiler etkiler esnasında su emme katsayısının tayini, TSE, Ankara.
- [14] TSE, 2004b. TS EN 1745 Nisan 2004 Kâgir ve kâgir mamulleri - Tasarım ısı değerlerinin tayini metotları, TSE, Ankara.
- [15] Helvacı, E. Ultrasonik Kontrol Yöntemiyle Hata Değerlendirmesi. *Oerlikon Kaynak Bilimi*. 1995; 2, 86-98.
- [16] ISRM, Rock Characterisation Testing and Monitoring ISRM Suggested Methods. Brown, E.T., (Editor), Pergamon Press, 211 p, 1981.
- [17] Özeden, N. Ses ötesi (ultrasonik) ile muayene. Segem Sınai Eğitim ve Geliştirme Merkezi Genel Müdürlüğü. Eylül 1981, Ankara, Yayın No.48, 1981.
- [18] Popovics, S.; Rose, J.L.; Popovics, J.S. The behavior of ultrasonic pulses in concrete. *Cem. Concr. Res*. 1990; 20, 259.
- [19] Tekiz, Y., Tahribatsız Deneyler, İ.T.Ü. Makine Fakültesi, Ofset Atölyesi, 1984.