



Makale / Research Paper

**Çimento Esaslı Dış Cephe Kaplama Malzemelerinin Üretiminde
Kompozit Bileşenli Harçların Teknik Değerlendirilmesi**

Nükhet ŞAPCI

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Teknik Bilimler MYO, İnşaat Bölümü, Isparta/TÜRKİYE

nukhetsapci@isparta.edu.tr

Received/Geliş: 26.03.2021

Accepted/Kabul: 03.05.2021

Öz: Binaların dış cephelerinde son yıllarda özellikle mimari tasarım açısından kaplama malzemesi kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır. Bugün inşaat sektöründe kullanılan ve dekoratif taş olarak da isimlendirilen bu kaplama malzemelerinin, birim ağırlıklarının yüksek olması nedeniyle ısı yalıtım amaçlı kullanımları pek öngörülmemektedir. Ayrıca birim ağırlıklarının yüksek olması, binaların ölü yükünü daha da artırması nedeniyle deprem sistematığı açısından da oldukça riskli durumlar oluşturmaktadır. Bu nedenle bu makalede, birim ağırlığı düşük, ısı performans özelliği yüksek, esnek ve suya karşı hidrofob özellikte kaplama malzemelerinin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bu bağlamda, Isparta-Diyadin kalker ocaklarından temin edilen agregaların mikronize boyutta kırma kum olarak kullanılması ile polimer bileşenli kompozit formda çimento esaslı bir dizi harç örnekleri oluşturulmuştur. Ayrıca çalışma kapsamında, mevcut inşaat sektöründe binaların dış cephe uygulamalarında kullanılan kaplama malzemelerini temsil eden kontrol amaçlı harç örnekleri de tasarlanmıştır. Bu kontrol örneklerinin polimer bileşenli kompozit formdaki harç örnekleri ile teknik bağlamda mukayeseleri TS EN 998-1 standartları kapsamında yapılmıştır. Deneysel bulgulara göre çalışma bulgularından, birim ağırlıkları düşük, ısı performans ve esneklik özellikleri yüksek dış cephe kaplama malzemelerinin geliştirilmesine önemli bir ışık tutulması amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kırma kum; kaplama malzemesi, kompozit harç, ısı performans.

**Technical Evaluation of Composite Component Mortars in the
Production of Cement-Based Exterior Coating Materials**

Abstract: In recent years, the use of cladding material in the exteriors of buildings has become increasingly common, especially in terms of architectural design. These coating materials, which are used in the construction sector today and are often called decorative stones, are not expected to be used for thermal insulation purposes due to their high unit weight. In addition, due to the high unit weights and the fact that the buildings increase the dead load even more, they also pose very risky situations in terms of earthquake systemics. Therefore, in this article, it is aimed to develop coating materials with low unit weight, high thermal performance, flexible and hydrofob properties against water. In this context, a series of cement-based mortar samples were created in composite form with polymer component by using aggregates obtained from Isparta-Diyadin limestone quarries as crushed sand in micronized size. In addition, within the scope of the study, control mortar samples representing the cladding materials used in exterior applications of buildings in the existing construction sector were also designed. The comparison of these control samples with mortar samples in polymer component composite form in technical context was made within the scope of TS EN 998-1 standards. According to the experimental findings, the study findings were intended to shed an important light on the development of exterior coating materials with low unit weights and high thermal performance and flexibility characteristics.

Keywords: Crushed sand; coating material; composite mortar; thermal performance.

Bu makaleye atıf yapmak için

Şapcı, N., "Çimento Esaslı Dış Cephe Kaplama Malzemelerinin Üretiminde Kompozit Bileşenli Harçların Teknik Değerlendirilmesi" El-Cezerî Fen ve Mühendislik Dergisi 2021, 8 (2); 981-993.

How to cite this article

Şapcı, N., "Technical Evaluation of Composite Component Mortars in The Production of Cement-Based Exterior Coating Materials" El-Cezerî Journal of Science and Engineering, 2021, 8 (2); 981-993

ORCID ID: *0000-0002-8390-9134

1. Giriş

Günümüzde inşaat sektörü hızla gelişmekte ve insanların konforu, rahatlığı, sağlığı için sürekli bina bileşenleri geliştirilmektedir. Binalarda ölü yükü azaltmak ve yüksek enerjili verimli binaları inşa etmek için, hafif yapı malzemeler sıklıkla inşaat mühendisliği uygulamalarında kullanılmaktadır [1]. Bu bağlamda günümüzün en önemli örneklerinden biri, dış cephe kaplama plakaları ve kesme doğal taşlarıdır. Bu plakaların ve taşların pek çok çeşidi ve kullanım amacı söz konusudur. Bir kısmı binanın yalıtımının sağlanması için üretilirken, bir kısmı da binanın dış cephesinin dekoratif bir görünüm kazanması amacıyla geliştirilmektedir. Yalıtım amaçlı geliştirilen malzemeler genellikle hafif birim ağırlıklarda olmakta ve yalıtımın pek çok unsurunu sağlayarak bina için arzu edilen konfor şartlarını sağlayabilmektedir. Dekoratif görünüm amacıyla üretilen plaka ve taşlar ise daha ziyade peyzaj, süsleme, söve gibi amaçlarla üretildikleri için birim ağırlıkları yüksek olmakta ve binanın ölü ağırlığını da artırmaktadır. Bu ise, inşaat sektöründe çok arzu edilen bir olgu değildir.

Gelişen teknoloji ile birlikte, yapı malzemeleri ve mimari tasarımlarda daha olumlu estetik görünimleri de sağlayabilen yeni nesil malzeme türevleri gelişmektedir. Bu malzeme türevleri kâgir elamanlar ve plaka ürünler bağlamında görülebildiği gibi, hafif malzeme özelliğinde dış cephe veya iç cephe uygulamalarında kullanılabilir harç kombinasyonlarının geliştirilmesinde de görülmektedir [2].

Gelişen sektörde, günümüzde şehirlerdeki alanların giderek daralması nedeniyle binalar daha dar alanlarda ve tercihen daha hafif malzeme kullanımlarıyla oluşturulmaktadır. Bu bağlamda binalar az yer kaplamakla birlikte, ölü yük değerlerinin düşüklüğü sebebiyle de olası herhangi bir depremde oluşabilecek hasarlar minimize edilmeye de çalışılmaktadır. Bu etkenler göz önüne alındığında, binalarda ölü ağırlığın azaltılması için günümüzde tasarlanacak her yapı malzemesi, daha hafif birim ağırlığa sahip olması birer zorunluluk haline de gelmeye başlamıştır. Bu nedenle bina dış cephe kaplamasında kullanılacak yapı malzemelerinde birim ağırlığın önemi büyüktür.

Bugün sektörel olarak inşaat endüstrisinde kullanılan dış cephe kaplama malzemelerinin birim ağırlıkları ortalama olarak $1600-2400 \text{ kg/m}^3$ arasında değişim göstermekte olup, bu ürünlerin birim ağırlıklarının yüksek olması nedeniyle ısı yalıtım amaçlı kullanımları pek öngörülmemekte ve işlevselliği çoğunlukla peyzaj amaçlı kalmaktadır. Bu nedenle, günümüzde uygulamaları görülen bu tip dekoratif görümlü kaplama malzemelerinin birim ağırlıklarının düşürülmesi ve yalıtıma yönelik ısı performans özelliklerinin de iyileştirilmesinin yanı sıra, aynı mekânda ses, yangın ve su yalıtımları gibi özelliklerinde sağlanmış olması çok önemlidir.

Isı yalıtımı uygulamasının amacı ısı kayıplarını azaltmak olduğundan, ısı yalıtım malzemesinin bunlara karşı gösterdiği direncin büyük olması gerekir. Bu değer büyük olduğu yalıtım malzemesinin kalınlığına ve düşük ısı iletkenlik katsayısına bağlıdır. İzolasyon malzemelerinde kalınlıkla birlikte ısı direnci artar [3].

Bina dış cephe kaplamalarında harç olarak kullanılan malzeme türleri için mevcut yürürlükte olan TS EN 998-1 [4] standardı kapsamında bir dizi teknik şartlara uygunlukları öngörülmesine rağmen, genellikle bu parametrelerin bina uygulamalarında detaylı olarak irdelenmediği tespit edilmiştir. Bu çalışmada Isparta yöresi Diyadin kireçtaşı oluşumlarının mikronize boyutta kırma kum olarak, çimento esaslı kompozit yapıda, standardın öngördüğü teknik performans özelliklerini bir üründe toplayabilmek ve gerekli koşulları sağlayabilmek amacıyla 5 farklı kompozit yapıda karışım kombinasyonları tasarlanmıştır. Ayrıca teknik mukayesenin yapılabilmesi için, günümüzde inşaat sektöründe kullanılan kaplama malzemelerini yansıtan kontrol harç karışımları da hazırlanmıştır. Priz sürelerini tamamlayan kontrol numuneleri ve kompozit yapıdaki örnekler üzerinde ilgili standartlara göre detay analizleri yapılmıştır. Bu analizlerden elde edilen teknik bulgular ışığında, kırma kumun, kompozit yapının teknik özelliklerine olan avantajları detaylı analiz edilmiştir. Bu

çalışmada polimer bileşenli kompozit yapıda elde edilen dış cephe kaplama malzemesini oluşturan harç örneklerinin birim ağırlık, kapilerite, ısı iletkenlik ve suya karşı direnç özellikleri, polimersiz bileşen olarak hazırlanmış kontrol harçlarının bu özelliklerine göre daha pozitif yönde sonuçlar vermiştir. Ayrıca dış cephe ve son kat uygulama katmanı bir malzeme de yukarıda sözü edilen parametrelerin dışında estetik görünüşleri ve esneklik özellikleri dikkate alınması gereken konular arasında yer almaktadır. Ancak bu konunun standartlarda detay olarak incelenmediği de görülmüştür. Bu nedenle bu makale çalışmasında, kontrol harç örnekleri hariç diğer bütün karışımlarda sentetik kökenli lif katkıları her bir seri için farklı oranlarda kullanılarak, elde edilen harç örneklerinin eğilme dayanımları açısından teknik değerlendirmeleri yapılmıştır.

Standardın öngördüğü parametrelerin analizinin yanı sıra, test örneklerinin ısı iletkenlik özellikleri ve ısı yalıtımına yönelik performanslarının ticari piyasada yer alan mevcut kaplama taş örneklerine göre yalın bir kıyaslaması yapılarak, daha ideal olabilecek ürünlerin geliştirilebileceği ve endüstriyel bağlamda daha rasyonel kaplama malzemesi kullanımı oluşturulabileceği de özetle tartışılmaktadır. Doğal malzemelerin ana hammadde olarak kullanılmasıyla ısı performans özelliklerinin ve esneklik özelliklerinin iyileştiği, suya karşı direncin artırıldığı ve yüksek hidrofobik özellikli dış cephe kaplama elemanlarının geliştirilmesine önemli bir ışık tutulması amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Materyal

Bu çalışmada Isparta Belediyesi Diyadin taş ocağından temin edilen kireçtaşları, deneysel çalışmada boyutlandırılarak ana agrega olarak kullanılmıştır. Teknik bağlamda mukayeselerin yapılabilmesi ve günümüzde inşaat endüstrisinde kullanılan kaplama ürünlerini yansıtmayı amacıyla kontrol amaçlı harç karışımı tasarımı yapılırken 0-2 mm boyutlu kırma kum kullanılmıştır. Kompozit yapıdaki harç karışımları tasarlanırken, ideal bir harç formu oluşturmak ve harcın daha kolay işlenebilirliğini sağlamak amacıyla kırma işlemi sonrası kireçtaşı agregası 0-5 mm ile 1-2 mm olarak sınıflandırılarak karışımlarda kullanılmıştır. Çalışmaya konu olan dış cephe kaplama malzemesi üretimini sağlamak için oluşturulan harç karışımlarında ana hammadde olarak kullanılan Diyadin taş ocağından üretilen kireçtaşı'nın (kalker kayacı) kimyasal özellikleri daha önce yapılan bilimsel çalışmalardan araştırılmış ve teknik bulgular Tablo 1'de sunulmuştur. Ayrıca kireçtaşı makro kayaç örneklerinin fiziksel ve mekanik özellikleri ise TS 699 [5] ve TS EN 1097-6 [6] standartlarına göre deneysel çalışmalar ile belirlenerek Tablo 2'de özetle sunulmuştur.

Tablo 1. Kireçtaşı agregalarının kimyasal bileşen analizi [7]

Kimyasal Bileşen	%
SiO ₂	0,66
Al ₂ O ₃	-
Fe ₂ O ₃	-
Na ₂ O	-
K ₂ O	-
SO ₃	-
CaO-CaCO ₃	31,82-56,82
MgO-MgCO ₃	20,03-42,06
R ₂ O	0,42
A.Z.	46,73

Bağlayıcı bileşen olarak bütün karışım kombinasyonlarında CEMI 52,5R Beyaz portland çimento

ürünü ana bağlayıcı eleman olarak kullanılmıştır. Ayrıca harcın yapışma mukavemeti ve işlenebilirlik özelliğini artırmak amacıyla tüm kombinasyonlarda söndürülmüş toz kireç kullanılmıştır. Karışımlarda hem dolgu materyali olarak hem de su iticilik özelliği kazandırmak amacıyla 5 mikron boyutlu kaplanmış kalsit kullanılmıştır.

Tablo 2. Kireçtaşı'nın fiziksel ve mekanik özellikleri

Fiziksel ve Mekanik Özellik	Birim	Kireçtaşı
Renk	-	Bej
K.B.H.A	(kg/m ³)	2570
Su Emme (ağırlıkça)	(%wt)	0.50
Kuru tane yoğunluğu	(gr/cm ³)	2,75
Görünür Porozite	(%)	1.52
Gerçek Porozite	(%)	1.60
Basınç Dayanımı	(MPa)	28.96
Eğilme Dayanımı	(MPa)	2.70

Kontrol karışımı hariç diğer tüm kompozit yapıdaki karışım serilerinde 1 mm boyut altı genişmiş ince perlit, dış cephe kaplama ürünlerinin birim hacim ağırlığını düşürmek ve ısı yalıtım özelliğini iyileştirmek amacıyla ikincil agrega olarak kullanılmıştır. Ayrıca kompozit matris yapıda harç örnekleri oluşturmak, harcın kıvamını dengelemek ve polimerizasyon sürecini optimal duruma getirmek amacıyla kıvamlaştırıcı, su itici, aderans artırıcı polimerik toz ajanlar da katkı malzemeleri olarak kullanılmıştır. Bununla birlikte, test örnekleri harcına renklendirme yapmak amacıyla da toz pigment bileşenler kullanılmıştır.

Diğer taraftan bu çalışma kapsamında kaplama malzemesi üretiminde kullanılacak kompozit harç örneklerinin matris yapısının lifsi ve esnek bir form kazanması amacıyla kontrol harcı dışındaki tüm karışımlarda ağırlıkça farklı oranlarda “polyester orijinli sentetik lif” kullanılmıştır.

2.2. Metot

Günümüz inşaat sektöründe binaların dış cephesinde kullanılan, genellikle dekoratif görümlü kaplama malzemelerini yansıması amacıyla, öncelikle kireçtaşları 0-2 mm kırma kum olarak boyutlandırılıp ana bileşen olarak kullanılmasıyla, polimer katkısız bir kontrol harç örneği (K₀) oluşturulmuştur. Bu karışımda çimento dozajı ağırlıkça %32 oranında, söndürülmüş toz kireç %8 oranında kullanılmıştır. Kırma kum malzeme oranı ise ağırlıkça %60 olarak değerlendirilmiştir. Genellikle kontrol harç karışımındaki bu oranlar mevcut inşaat sektöründe kaplama malzemesi harçlarındaki malzeme oran miktarları dikkate alınarak oluşturulmuştur. Çalışmada bu harçlara ait karışım kombinasyonu Tablo 3’de ayrıntılı olarak verilmiştir. Kontrol harç örneklerinin hazırlanmasında optimum su/katı oranını belirlemek amacıyla, akma tablası yöntemiyle kıvam analizi yapılmış olup 0.20 su/katı oranının en uygun karışım kıvamını sağladığı belirlenmiştir.

İkinci olarak dış cephe kaplama malzemesi üretiminde kırma kumun kompozit yapıda polimer bileşenli hafif harç bağlamında irdelenebilmesi amacıyla, ağırlıkça farklı çimento oranlarında (%28-%36 aralığında) 5 ayrı karışım kombinasyonu (K₁-K₅) oluşturulmuştur. Bu karışım kombinasyonlarında görüldüğü gibi çimento oranı arttıkça azalan kırma kum miktarı nedeniyle kırma kum/çimento (K/Ç) oranı da azalmaktadır. Ayrıca karışımlarda genişmiş ince perlit, kaplı kalsit, toz kireç bileşenlerin kullanım oranları sabit tutulmuştur (Tablo 3).

Harcın suya karşı direnç göstermesi ve hidrofobik özellik kazanması amacıyla su itici polimer katkı, kıvam ve performans özellik sağlayıcı, hava sürükleyici ve aderans artırıcı özellikte bir seri

kimyasal katkı (polimerler) harmanlanarak kompozit bileşenli karışımlarda “*katkı ajanı*” olarak kullanılmıştır.

Ayrıca bu çalışmada diğer bir hedef ise, kaplama malzemesine esnek bir özellik kazandırmaktır. Bu nedenle polimer bileşenli tüm harç kombinasyonlarında (K₁-K₅) lif katkı malzemesi kullanılmış ve karışımlarda “*sentetik lif*” katkı olarak adlandırılmıştır. Toplamda polimer katkı kullanım oranı kırma kumlu tüm karışım kombinasyonlarında ağırlıkça %6,50 oranında kullanılmıştır. Sentetik lif katkı (K₁-K₅) serisi karışım dizaynlarında ağırlıkça %0,50’den %0,30 oranına kadar %0,05’lik bir oran azalışı şeklinde kullanılmıştır. Lif katkının etkisini tam anlamıyla tespit edebilmek açısından karışım serilerinde çimento miktarı artıka lif katkı miktarı azalarak kullanılmıştır. Oluşturulan harçlarda taneler arasındaki boşlukları azaltarak harcın daha işlenebilir bir hal alması için, bu çalışmada kırma kum 0,5-1 mm ve 1-2 mm boyut fraksiyonlarında kullanılmıştır.

Tablo 3. Kompozit harç karışım kombinasyonları, ağırlıkça yüzde kullanım oranı (%)

Bileşenler	Kontrol Harcı K0	Kırma Kum Bileşenli Polimer Katkılı Kompozit Harç Karışımları				
		K1	K2	K3	K4	K5
0-2 mm Kırma kum	60.00	-	-	-	-	-
0.5-1 mm Kırma kum	-	21.30	20.10	18.90	17.70	16.50
1-2 mm Kırma kum	-	14.20	13.40	12.60	11.80	11.00
Çimento	32.00	28.00	30.00	32.00	34.00	36.00
Genleşmiş İnce Perlit	-	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00
Kaplı Kalsit	-	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
Toz Kireç	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
Sentetik Lif Katkı	-	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30
Katkı Ajanları	-	6.00	6.05	6.10	6.15	6.20

Polimer bileşenli kompozit yapıdaki harç örneklerinin akma tablası yöntemiyle kıvam analizleri yapılmış olup 5 seri içinde su/katı oranı 0.5 olarak belirlenmiştir. Taze harç olarak hazırlanan tüm karışımlar, TS EN 998-1’in öngördüğü prensiplere göre 4x4x16 cm boyutundaki prizma kalıplarına ve ayrıca ısı iletkenlik özelliklerinin belirlenmesi için 20x40x5 cm plaka boyutlu kalıplara dökülmüştür.



Şekil 1. Kompozit yapıdaki dış cephe kaplama malzemesinin genel görünümü

Bu örnekler, 24 saat sonra kalıplardan çıkartılarak, %95 bağıl nem ortamında ve oda sıcaklığında iki (2) gün kürlenmiş sonrasında %65 bağıl nem oranında 20⁰C’de 26 gün boyunca kürlenmeye devam edilmiştir. 28 günlük kür süresini tamamlayan örneklerin kuru birim hacim ağırlık, kılcal (kapiler) su emme, basınç dayanımı, ısı iletkenlik özelliği ve eğilme dayanımı gibi teknik özellikleri bu

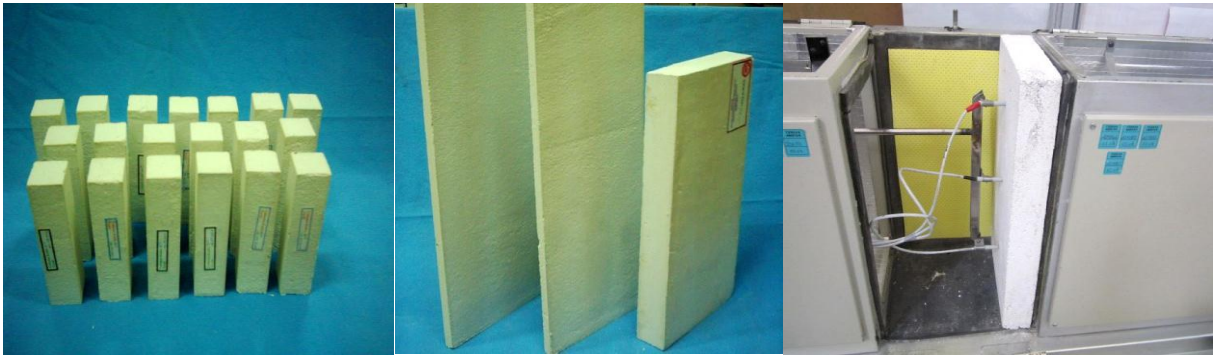
örnekler üzerinde deneysel olarak belirlenmiştir (Tablo 4). Günümüz inşaat sektöründe dış cephede kaplama malzemesi olarak kullanılan ürünleri temsil etmesi amacıyla hem kontrol harç örnekleri ile hem de polimer bileşen katkılı kaplama malzemesi harcı olarak kullanılacak harç karışımlarıyla endüstriyel silikon ürün kalıpları kullanılarak bir dizi birebir prototip ürün örnekleri de üretilmiştir. Bu örnekler üzerinde de karşılaştırmalı incelemeler yapılmış olup, hazırlanan numunelerin sembolik görünümü Şekil 1’de verilmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

Taze harcın kıvam analizi ölçümü ASTM-C 230 [8] ve TS EN 1015-3’e [9] uygun akma tablası yöntemi kullanılarak ölçülmüştür. Bu yöntemde, taze harç olarak karışımın uygun su oranı, ilk yayılma çapının ortalama 165 ± 5 mm olması esas alınarak elde edilmiştir [10]. Kontrol harcı için yapılan akma tablası analizinde uygun olan su/katı oranı 0.20 iken bu oran, diğer tüm polimer bileşenli kompozit harç karışımlarında 0.50 olarak belirlenmiştir (Şekil 2). Deneysel çalışmalarda kullanılmak üzere hazırlanan prizmatik numuneler Şekil 3’de verilmiştir. Kompozit harç örneklerinin 28 günlük priz süresi sonrası birim ağırlık değerleri TS EN 1015-10’a [11] göre belirlenmiş olup teknik değerleri Tablo 4’de verilmiştir



Şekil 2. Kompozit yapıdaki taze harcın akma tablasındaki yayılma durumu



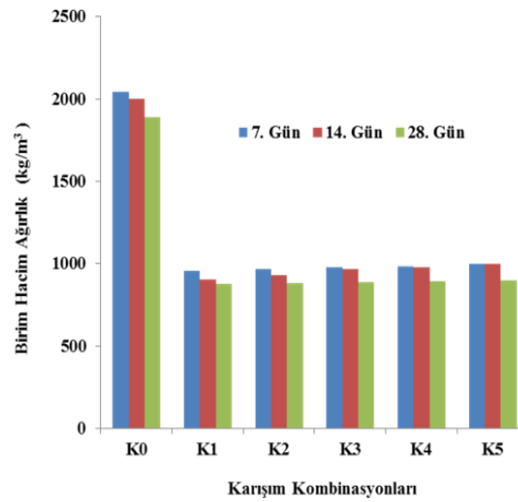
Şekil 3. Deneysel çalışmalarda kullanılmak üzere hazırlanan numunelerden genel görünüm

Şekil 4’de görüldüğü üzere kontrol harcının birim hacim ağırlığı yaklaşık 2000 kg/m^3 civarında olup, katkı ajanlarının kullanıldığı kompozit harçlarda ise bu değer 900 kg/m^3 ’ün altında görülmektedir. Bu çalışmada birim hacim ağırlık değişimleri 7,14 ve 28. gün olarak analiz edilmiştir. Bunun nedeni literatürde polimer katkı ajanlarının harç karışımlar içerisinde 28. günde tam performans özellik gösterdiği belirtilmektedir. Bu nedenle katkı ajanlarının harç karışımlar içinde performans özellikleri birim hacim ağırlık bazında irdelenmiş ve teknik bulgular grafiksel olarak sunulmuştur. 7. ve 14. güne ait birim hacim ağırlık değerleri tüm karışımlarda rakamsal

olarak lineer bir düşüş göstermektedir. 28. gün priz süresi sonunda da bütün karışımlarda numunelerin birim ağırlık değerlerinin diğer günlere göre daha düşük olduğu görülmüştür.

Tablo 4. Kırma kum bileşenli kompozit harç karışımlarının deneysel çalışma sonuçları

Özellik	Kontrol Harcı		Kırma Kum Bileşenli Polimer Katkılı Kompozit Harç Karışımları			
	K0	K1	K2	K3	K4	K5
Kuru Birim Hacim Ağırlık (kg/m^3)	1891	876	882	888	891	898
Basınç Dayanımı (N/mm^2)	20.33	4.70	5.00	5.05	5.24	5.26
Eğilme Dayanımı (N/mm^2)	4,14	3,87	3,69	3,60	3,52	3,13
Kapiler Su Emme ($\text{kg/m}^2 \text{ dak}^{0.5}$)	0.69	0.12	0.10	0.09	0.08	0.07
Isıl İletkenlik Değeri (W/mK)	1.125	0.236	0.243	0.251	0.254	0.261



Şekil 4. Harç numunelerinin priz süresine bağlı olarak birim hacim ağırlık değişimi

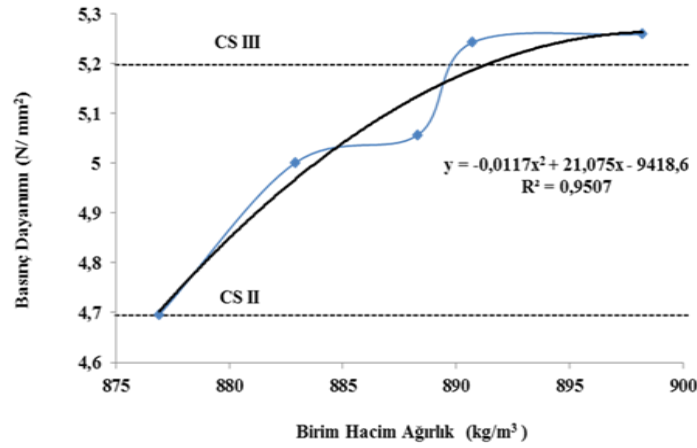
Bilindiği üzere, kompozit harç örneklerinin birçok teknik özelliği, kuru birim hacim ağırlığının bir fonksiyonu olarak değişim göstermektedir. Birim hacim ağırlık değerinin düşük olması, o malzemenin ısı yalıtım özelliğini daha da iyileştirmektedir [12]. Bu yönden incelendiğinde, standartlar kapsamında genellikle 28 günlük priz süresi sonunda bir irdeleme yapıldığından kırma kumun ana hammadde olarak kullanıldığı kompozit harç örneklerinin kuru birim hacim ağırlık değerleri $876\text{-}898 \text{ kg/m}^3$ arasında değişim gösterdiği görülmüştür. Kırma kumunun polimer bileşensiz kullanıldığı kontrol harç örneklerinde ise birim hacim ağırlık değerinin 1890 kg/m^3 civarında olduğu, dolayısıyla kontrol harç örneklerinin polimer bileşenli kompozit yapıdaki harç örneklerine göre yaklaşık %52 oranında daha ağır olduğu tespit edilmiştir. Buda günümüzde binaların dış cephe uygulamalarında kullanılan kaplama taşları yerine kompozit yapıdaki kaplama malzemelerinin uygulanması yönünde küçümsenmeyecek bir rakamdır. Dolayısıyla kompozit yapıdaki kaplama malzemelerinin kullanımı hem binanın ısı performans özelliğinin iyileştirilmesi hem de binanın zemine verdiği ölü yükünün azaltılmasında son derece önem teşkil etmektedir. Diğer taraftan, kompozit harç örneklerinde artan çimento oranında, birim hacim ağırlık değerinin lineer bir şekilde arttığı görülmektedir.

Bu çalışmada ki diğer bir inceleme ise sertleşmiş harç örneklerinin basınç dayanım analizlerinin yapılmasıdır. TS EN 998-1 standardında harç gruplarının 28 günlük basınç dayanım değerleri için,

4 ayrı dayanım sınıfı öngörülmüştür (CS I – CS IV). Bu sınıflarda dayanım sınırları şu şekilde verilmiştir:

CS I dayanım sınıfı için	: 0.4 – 2.5 N/mm ²
CS II dayanım sınıfı için	: 1.5 – 5.0 N/mm ²
CS III dayanım sınıfı için	: 3.5 – 7.5 N/mm ²
CS IV dayanım sınıfı için	: ≥ 6 N/mm ²

Kompozit harç örneklerinin 28 günlük basınç dayanım değerleri TS EN 1015-11'e [13] göre analiz edilmiş olup, bulgular Tablo 4'de verilmiştir. Kompozit harç örneklerinin basınç dayanım değerleri 4,70 N/mm²-5,26 N/mm² arasında değişmekte olup, birim hacim ağırlık arttıkça basınç dayanım değerlerinde polinom fonksiyonu şeklinde bir artış görülmektedir (Şekil 5).

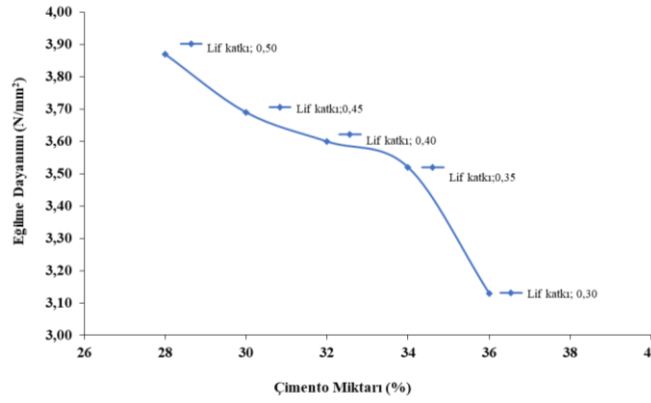


Şekil 5. Polimer bileşenli kompozit harç numunelerinin birim hacim ağırlık-basınç dayanım ilişkisi

TS EN 998-1 standardında öngörülen sınır değerler açısından irdelendiğinde ise CS II ve CS III sınıfı basınç dayanım sınıfına girdiği görülmüştür. Diğer taraftan kontrol harç örneklerinin basınç dayanım değeri ise 20,33 N/mm² olarak belirlenmiş olup, dayanım sınıfı açısından CS IV kategorisinde yer aldığı görülmektedir. Kontrol harç örneklerinin basınç dayanım değeri, polimer bileşenli kompozit yapıdaki harç örneklerine göre daha yüksek değerlerde elde edilmiştir. Bu durum kontrol harçlarının yüksek birim hacim kütleleri ile ilişkilendirilebilir. Günümüzde inşaat sektöründe taşıyıcı olmayan elemanlarda ve özellikle yalıtım amaçlı olarak kullanılacak inşaat malzemesi bileşenlerin de basınç dayanım değerlerinin çok yüksek mukavemet değerlerinde olmadığı da bilinmektedir. Ayrıca, yalıtım amaçlı kullanılan harç türlerinde genellikle basınç dayanım sınıfı CS I, CS II ve nadiren de CS III kategorilerinde yer alabildiği teknik literatürde tecrübe edinilmiştir. Bu bağlamda bu çalışma kapsamındaki kontrol harcının bu kategorilerde yer alması, ısısal performans özellikleri bakımından kullanılamayacağını temsil edebilmektedir.

Bu makale çalışmasındaki diğer bir irdeleme ise, kompozit harç örneklerinin eğilme dayanımının belirlenmesidir. Dış cephe kaplama malzemelerinde eğilme dayanımı önemli bir mekanik özelliktir. Bu nedenle deneysel çalışmada kompozit harç örneklerinin eğilme dayanım performans özelliklerini artırmak amacıyla karışımlarda sentetik lif katkı malzemesi kullanılmıştır. TS EN 998-1 standardına göre 28 günlük priz süresini tamamlamış ve değişmez kütleye kadar kurutulmuş her bir karışım serisinden 3 adet sertleşmiş prizma numuneleri üzerinde eğilme dayanımı deneyleri yapılmış ve sonuçlar tablo 4'de verilmiştir.

En yüksek eğilme dayanımı kontrol numunesi olan K_0 kodlu ($4,14 \text{ N/mm}^2$) numunede görülmüştür. Kontrol numunesinde lif katkı ve katkı ajanları kullanılmamıştır. Ancak kontrol numunelerinin basınç ve eğilme dayanım değerleri diğer lif katkısı ve katkı ajanlarının kullanıldığı kompozit serilerden daha yüksektir. Bu durum kontrol numunelerinin nispeten yüksek birim hacim kütleleri ile ilişkilendirilmiştir. Ayrıca kontrol numunelerinin (K_0) ölçülen basınç dayanım değerlerine göre eğilme dayanım özelliği beklenin altında tespit edilmiştir. Diğer taraftan sentetik lif katkılı harç numunelerinde (K_1 - K_5) basınç dayanım ile eğilme dayanım arasındaki fark kontrol numunelerine göre (K_0) oldukça azdır. Bunun nedeninin kontrol numunelerinde sentetik lif katkının kullanılmaması ve hammadde kireçtaşının düşük mekanik özelliğinden kaynaklandığı sonucuna varılmıştır. Kompozit harç örneklerinde (K_1 - K_5) kullanılan %0,50, %0,45, %0,40, %0,35 ve %0,30'luk sentetik lif katkı oranına karşılık, eğilme dayanım değerleri sırasıyla 3,87; 3,69; 3,60; 3,52 ve 3,13 olarak tespit edilmiştir (Tablo 4). En yüksek lif katkı kullanımı olan %0,50 oranında kompozit harcın eğilme dayanım özelliği %19,12 oranında artmıştır. Üstelik kompozit harç serilerinde çimento kullanım oranı arttıkça lif katkı oranı azalmaktadır (Şekil 6). Dolayısıyla en düşük çimento kullanım oranında basınç dayanımı düşerken eğilme dayanım değerinin arttığı görülmüştür. Bunun nedeni düşük çimento oranının kullanıldığı seri en yüksek oranda lif katkının kullanıldığı seridir. Lif katkı kullanım oranı arttıkça eğilme dayanım performans özelliğinin daha da iyileşebileceği görülmüştür. Böylece bu çalışma ile kaplama malzemelerinin daha esnek bir özellik kazanabileceği öngörülmüştür.



Şekil 6. Kompozit harç numunelerinin lif katkı kullanım oranına bağlı olarak çimento oranı ile eğilme dayanımı arasındaki ilişki

TS EN 998-1 'e göre harç gruplarının kılcal (kapiler) su emme (c) değerleri için, 3 ayrı sınıf öngörülmüştür (W0–W2). Bu sınıflarda kılcal su emme sınır değerleri şu şekilde öngörülmektedir:

- W0 Kılcal (Kapiler) Su Emme Sınıfı: Belirlenmiş değer yoktur
- W1 Kılcal (Kapiler) Su Emme Sınıfı: $c \leq 0.40 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{dak}^{0.5}$
- W2 Kılcal (Kapiler) Su Emme Sınıfı: $c \leq 0.20 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{dak}^{0.5}$

Kompozit harç örneklerinin kılcal (kapiler) su emme değerleri TS EN 1015-18'e [14] göre analiz edilmiş olup, sonuçlar Tablo 4'de verilmiştir. Dış cephede kaplama uygulaması olarak kullanılacak kaplama malzemesi örneklerinin kılcal (kapiler) su emme değerlerinin oldukça düşük olması arzu edilir. Diğer bir ifadeyle hemen hemen su geçirimsiz olması gereklidir. TS EN 998-1 standardında özellikle dış cephe elemanlarında kullanılmak üzere tasarlanan yalıtım amaçlı harçların, kılcal (kapiler) su emme özelliklerinin W1 hatta W2 sınıfında yer alan bir harç, kılcal su emme ölçüsü bakımından daha üst bir değer taşımakta olup, uygulamalarda tercih sebebidir.

Bu çalışmada elde edilen kompozit yapıdaki harç örnekleri bütün serilerde yaklaşık olarak 0.07-

0.12 kg/m².dak^{0.5} aralığında kaldığı görülmüş olup, W2 sınıfı kategorisinde değerlendirilebilmektedir. Kontrol harç örneklerinde kılcal (kapiler) su emme değeri ortalama 0.69 kg/m².dak^{0.5} olup, W0 kategorisinde yer almaktadır. Böylece en yüksek su itici polimer katkı kullanım olan %0,5 oranında kompozit harcın kılcal su geçirimsizlik özelliği %89,86 oranında iyileşmiştir. Böylece ideal su geçirimsiz formda (hidrofobik yapıda) polimer bileşenli kompozit yapıda kaplama malzemesi üretiminin yapılabileceği bu çalışma kapsamında görülmüştür. Burada elde edilen teknik bulgulardan yola çıkarak mevcut inşaat sektöründeki kaplama malzemelerinin birim ağırlıklarının yüksek olması, ısı performans özelliğinin düşük olmasının yanı sıra su geçirimli malzemeler olabildiği görülmektedir. Bu nedenle binaların dış cephe uygulamalarında özellikle kullanılan malzemelerin su geçirimsizliğinin yüksek olması bina ömrü açısından sakıncalı durumlar oluşturabileceği de kaçınılmazdır. Ayrıca binanın sürekli nem alması ve duvar bileşenlerinin nem tutması insan sağlığı açısından da sağlıksız koşulları oluşturabilecektir.

Çalışmada yürütülen diğer bir inceleme ise kırma kumun kompozit yapıda dış cephe kaplama malzemesi uygulamalarında kullanılabilecek harç örnekleri ile günümüz inşaat endüstrisinde kullanılan kaplama malzemesi örneklerine göre ısı performans açısından sağladığı yalıtım ölçütleri irdelenmiştir. Kompozit yapıda yalıtımlı harç üretimleri güncel olarak genellikle TS EN 998-1 standardına göre yapılmakta olup, elde edilen teknik bulgular bu standart kapsamında yorumlanabilmektedir. Bu standarda göre ısı yalıtımı sağlayan harç grupları için 2 ayrı sınıf (T1-T2) öngörülmüştür. Bu değerlendirme harç türlerinin ısı iletkenlik değerleri bağlamında yapılmış olup, sınır değerler aşağıdaki şekilde verilmiştir.

T1 Sınıfı-Isıl İletkenlik Değeri: ≤ 0.10 W/mK

T2 Sınıfı-Isıl İletkenlik değeri: ≤ 0.20 W/mK

TS EN 998-1'de öngörüldüğü üzere, bir harç malzemesinin ısı iletkenlik değerinin bu iki kategoriden birinde yer alması o harcın uygulamalarda ve/veya ürünlerde ısı yalıtımı da sağlayan harç olduğunu simgelemektedir. Sertleşmiş harcın bu kategorilere girebilmesi için birim hacim ağırlık değerlerinin ortalama olarak 800 kg/m³ değerinin altında yer alması gerektiği pratik uygulamalarda tecrübe edinilmiştir. Ancak bu çalışmada 5 farklı seri olarak tasarlanan polimer bileşenli kompozit yapıdaki sertleşmiş harçların birim hacim ağırlık değerleri 876 – 898 kg/m³ civarında yer almaktadır. Deneysel bulgular irdelendiğinde ısı iletkenlik değerlerinin 0,236 – 0,261 W/mK aralığında yer aldığı görülmüştür. Kontrol amaçlı harçlarda ise ısı iletkenlik katsayı değeri ortalama 1,125 W/mK olarak belirlenmiştir. Bu bağlamda kompozit yapıdaki harçların ısı iletkenlik sınıfı, yukarıda belirtilen sınıf kategorilerine girmese de bugün ülkemizde üretilen dekoratif amaçlı kaplama malzemeleri ile mukayese edildiğinde çok daha yüksek ısı performans sağladığı açıkça görülebilmektedir. Bu çalışmada elde edilen tüm harç örneklerinin ısı iletkenlik katsayı değerleri ASTM C177-13 [15] standardında öngörülen “Mahfazalı Sıcak Kutu” yöntemine göre ölçülmüş olup, parametrik değerler Tablo 4’de verilmiştir. Deneysel bulgular irdelendiğinde, artan çimento oranında harç örneklerinin ısı iletkenlik değerleri de artmakta olup, ısısal konfor açısından performansı genel olarak azalmaktadır.

Bu çalışma kapsamında geliştirilen kompozit yapıdaki kaplama malzemelerinin, binaların dış bölme duvarlarında kaplama elemanı olarak kullanımlarında, uygulandıkları duvarın enerji verimliliğine olan katma değeri de ayrı olarak irdelenmiştir. Bu irdelenmede sabit bir duvar modelinde ortalama 19 cm genişliğinde bir kâgir duvar kalınlığı üzerinde içten ve dıştan 3 cm kalınlığında geleneksel sıva uygulaması düşünülmüş olup, kâgir duvarı oluşturan birim elemanların değişimine bağlı olarak, dış cephe kaplama malzemesi ile birlikte kullanımlarında elde edilen ısı direnç (R) ve ısı geçirgenlik değerleri (U) W/m²K birimde hesaplanmıştır [16]. Bu hesaplamada Eşitlik 1 ve Eşitlik 2’deki bağıntılar kullanılmıştır.

$$R = \frac{\lambda}{d} \quad (1)$$

$$U = \frac{1}{R} \quad (2)$$

Hesaplanan U değerleri kapsamında bu model uygulamadan elde edilen teknik bulgular, kaplama malzemelerinin kompozit yapılarının enerji verimliliğine olan etkisinin incelenmesi açısından bir karşılaştırma parametresi olarak ele alınmıştır. Teknik değerlendirmeler ışığında, kâgir duvar elemanının tuğla, bimsblok, gazbeton ve normal betondan mamul blok elemanı olma koşullarına göre, kaplama malzemelerinin duvar bileşenleri ile birlikte duvarın enerji verimliliğine olan katma değeri Tablo 5’de verilmiştir.

Tablo 5’den da görüleceği üzere, kırma kum bileşenli polimerli kompozit yapıdaki kaplama plakalarının uygulandıkları duvarın enerji verimliliklerine değişken ölçütlerde etki ettiği görülmektedir. Beton blok elemanı kullanılmış duvar birimlerindeki, bu plaka uygulamaları daha yüksek enerji verimliliği göstermekte olup, bu verimlilik ölçütü tuğla, bimsblok ve gazbeton duvar uygulamaları şeklinde sırasıyla azalan bir eğilim gösterdiği belirlenmiştir. Ancak, bu model duvar uygulamalarında ısı iletkenlik değeri ve ısı performansı daha farklı kâgir elemanların kullanılması, bu sonuçlardan daha farklı değerler de gösterebilir. Buradan elde edilen genel olgu, ısı performansı diğer örnek uygulamalara göre daha düşük düzeylerde değerler sergileyebilen duvar bileşenlerinde (normal beton blok), kompozit yapıda elde edilen bu kaplama malzemelerinin daha yüksek enerji verimliliği sergilediği görülmektedir.

Tablo 5. Dış cephe kaplama malzemesi harç kombinasyonlarının uygulandıkları duvarda enerji verimliliğine olan etkisi

Model Duvarda Kullanılan Kâgir Elemanı	Enerji Verimliliği (%)					
	Kontrol Harcı	Kırma Kum Bileşenli Polimerli Kompozit Harç Karışımları				
	K0	K1	K2	K3	K4	K5
Düşey Delikli Tuğla	1.41	6.38	6.20	6.02	5.95	5.80
Bimsblok	0.88	4.08	3.96	3.84	3.80	3.70
Gazbeton	0.83	3.85	3.74	3.63	3.59	3.50
Beton Blok Elemanı	3.32	14.08	13.73	13.35	13.22	12.91

4. Sonuç ve Öneriler

Isparta bölgesi, Diyadin taş ocağına ait 0.5-1 mm ve 1-2 mm boyut aralığındaki kırma kumun, polimer bileşenli kompozit yapıda ana hammadde olarak kullanılmasıyla oluşturulan harç örnekleri ile kaplama malzemesi üretimi için bir dizi teknik analizler yapılmıştır. Bu çalışma ile günümüzde inşaat sektöründe dış cephede kaplama malzemesi olarak kullanılan ürünlerin öncelikle birim ağırlıklarının düşürülmesi ve ısı performans özelliklerinin iyileştirilmesi hedef alınmıştır. Bu bağlamda öncelikle piyasadaki kaplama malzemesi ürünlerinin özelliklerini yansıtan polimer bileşensiz kontrol harç örnekleri hazırlanmış ve bu harç örnekleri üzerinde elde edilen bulgular, karşılaştırma parametresi olarak değerlendirilmiştir. Farklı çimento kullanım oranlarında 5 ayrı polimer bileşenli kompozit harç örneği hazırlanmış ve bunların TS EN 998-1 standardının öngördüğü prensiplere göre bir dizi teknik analizleri yapılmıştır. Teknik bulgular ışığında kompozit harcın standarda göre tüm sınıflamaları detay olarak incelenmiştir.

Deneysel bulgular irdelendiğinde bu çalışmada üretilen 5 farklı serideki kompozit harçların ısı iletkenlik değerlerinin 0,236 – 0,261 W/mK yer aldığı görülmüştür. Kontrol amaçlı harçlarda ise ısı iletkenlik katsayı değeri yaklaşık olarak 1,125 W/mK olarak belirlenmiştir. Bu bağlamda kompozit yapıdaki harçların ısı iletkenlik sınıfı TS EN 998-1 standardında belirtilen sınıf kategorilerine girmese de bugün ülkemizde üretilen dış cephe kaplama taşları ile mukayese edildiğinde yaklaşık

olarak 5 kat daha ısı performans özelliğinin yüksek olduğu elde edilen deneysel bulgulardan tecrübe edinilmiştir.

Bu çalışma kapsamında üretilen polimer bileşenli kompozit yapıdaki harçlar mevcut inşaat sektöründeki dış cephede kullanılan kaplama malzemelerine göre ısısal konfor özelliklerinin daha da iyileştirilebileceği öngörülebilir. Ayrıca eğilme dayanımları bakımından bir kıyaslama yapıldığında, sentetik lif katkının en yüksek kullanıldığı (K₁) serisi'nin en düşük kullandığı (K₅) serisine göre %20 oranında eğilme dayanımlarında iyileşme olduğu tespit edilmiştir. Lif katkı oranı artırıldığında daha esnek özellikte kaplama malzemesi üretilebileceği görülmüştür.

Diğer taraftan bu çalışma kapsamında inşaat malzemelerinin hidrofobluk özelliklerinin geliştirilmesi ile ilgili ayrıntılı bilimsel kaynak araştırması yapılmıştır. Yapılan araştırma da hafif agregalı kompozit harçların hidrofobluk özelliğinin geliştirilmesi üzerine yapılmış bazı bilimsel çalışmalara rastlanılmıştır. Araştırmacılar yaptıkları bu çalışmada hafif agregaların ana hammadde olarak kullanıldığı bir dizi kompozit yapıda harç ürünler geliştirmişlerdir. Deneysel çalışmada kompozit harçların hidrofobluk özelliklerinin geliştirilmesi için harç kombinasyon tasarımlarında %0,1 oranında artış gösterecek şekilde en yüksek %0,5 oranında doğal biopolimer katkısı kullanmıştır. Teknik bulgulardan en yüksek biopolimer kullanım oranında harcın kılcal su geçirimsizlik özelliğinin %55 civarında iyileştiğini tespit etmişlerdir. Bu durumun doğal biopolimer katkısının içerdiği yağ asitlerinden kaynaklandığını belirtmişlerdir [17]. Bu çalışmada üretilen kaplama malzemesinin hidrofobluk özelliğini bu açıdan irdelediğimizde ise en yüksek su itici polimer katkı kullanımı olan %0,5 oranındaki kompozit harcın kontrol harcına göre su geçirimsizlik özelliği %89,86 oranında iyileşmiştir. Harçlara hidrofobik özellik katan bu polimerler oleik asit tuzları, stearik asit ve yağ asitlerinin başka kimyasallarla karıştırılması sonucu üretilmektedir [17,18]. Ayrıca su geçirimsizlik özelliğinin diğer araştırmacıların geliştirdiği ürünlere göre daha yüksek miktarda olmasında başka etken parametrelerinde etkili olabileceği sonucuna varılmıştır. Örneğin harç karışımlarda kullanılan ana hammadenin farklı olması, ikincil agrega olarak kullanılan genişletilmiş perlit ve diğer katkı ajanlarının özellikleri ve karışımlardaki kullanım oranının etkili olduğu düşünülmüştür.

Farklı bir çalışmada genişletilmiş perlit oranının daha da artırılması veya gözenekliliği yüksek alternatif yarı suni veya suni agrega kullanımları ve/veya kırma kumu agrega gradasyonunun karışım kombinasyonların da daha geniş perspektifte düzenlenmesiyle hem daha kaliteli hem de T grubu harç kategorisinde yer alabilen bir harç kombinasyonunun elde edilebilmesi mümkün olabilecektir.

Diğer taraftan bilindiği üzere, ülkemizde dış cephelerde kullanılan kaplama malzemeleri genellikle dekoratif bir görünüm sağlaması amacıyla tercih edilmektedir. Ayrıca bu malzemelerin teknik özelliklerinin değerlendirildiği dış cephe kaplama ürünleri ile ilgili TS EN standartları mevcuttur. Fakat bu çalışma kapsamında hazır bir kaplama ürününün teknik özelliklerinin test edilmesi ve standartlara uygunluğunun değerlendirilmesi konu olmamıştır. Bu makalede diğerlerinden farklı olarak TS EN 998-1 standardında tanımlanan harç gruplarından optimum harç karışım tasarımları yaparak, bu harç karışımlarının hafif, ısı performans özelliği ve esneme kabiliyeti yüksek, hidrofob özellikte bir kaplama malzemesi üretebilmek için deneysel çalışmalar yapılmış ve bulguları paylaşılmıştır. Yapılan bu çalışma ile sektördeki üreticilere dış cephe kaplama malzemesi üretiminde farklı bir bakış açısı sağlamak ayrıca bilimsel literatüre katkı sağlamak hedeflenmiştir.

Yazar(lar)ın Katkıları

NS çalışmaları yapmış ve makalenin yazımını gerçekleştirmişlerdir. Yazar makalenin son halini okudu ve onayladı.

Çıkar Çatışması

Yazar(lar), çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

Kaynaklar

- [1]. Kalkan O. Ş., Gündüz L., “Effect of Porous Aggregate Size on the Techno-Mechanical Properties of Cementless Lightweight Mortars”, *El-Cezerî Fen ve Mühendislik Dergisi*, 2018, 5(1), 168-175.
- [2]. Kalkan O. Ş., Gündüz L., “Dış Cephe Mimari Uygulamalarda Yeni Nesil Kompozit Bileşenli Harçların Teknik Değerlendirilmesi Üzerine Bir Çalışma”, 1. Uluslararası Mühendislik Mimarlık ve Tasarım Kongresi, Kocaeli, 99-101, 2015.
- [3]. Gökçe M., Şeker Ş. B., “Foam Concrete”, *Journal of New Results in Science (JNRS)*, 2020, 9(1), 9-18.
- [4]. TS EN 998-1, “Kâgir Harcı-Özellikler-Bölüm 1: Kaba ve İnce Sıva Harcı”, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2006.
- [5]. TS 699, “Doğal Yapı Taşları-İnceleme ve Laboratuvar Deney Yöntemleri”, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2009.
- [6]. TS EN 1097-6, “Agregaların Mekanik ve Fiziksel Özellikleri İçin Deneyler, Bölüm 6: Tane Yoğunluğu ve Su Emme Oranının Tayini”, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2002.
- [7]. Davraz M., Başpınar E., “Agrega Porozitesinin Hafif Betonların Fiziko-Mekanik Özelliklerine Etkisi”, *SDU International Technological Science*, 2011, 3(3), 35-51.
- [8]. ASTM C230/C230M-08, “Standard Specification for Flow Table for Use in Tests of Hydraulic Cement”, ASTM International, West Conshohocken, PA, USA, 2008.
- [9]. TS EN 1015-3, “Kagir Harcı- Deney Metotları- Bölüm 3: Taze Harç Kıvamının Tayini (Yayıma Tablası İle)”, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2000.
- [10]. Gündüz L., Bekar M., Şapcı N., “Influence of a New Type of Additive on The Performance of Polymer-Lightweight Mortar Composites, Cement and Concrete Composite, 2007, 29(8), 594-602.
- [11]. TS EN 1015-10, “Kâgir Harcı-Deney Metotları-Bölüm 10: Sertleşmiş Harcın Boşluklu Kuru Birim Hacim Kütlelerinin Tayini”, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2001.
- [12]. Şapcı N., Karcı M., Şahin M., Gündüz L., Ceylan H., “Mikronize Andezitin Yalıtım Amaçlı Kompozit Harç Üretiminde Değerlendirilmesi Üzerine Teknik Bir Analiz”, 5. Ulusal Kırmataş Sempozyumu, İstanbul, 77-88, 2009.
- [13]. TS EN 1015-11, “Kagir Harcı-Deney Metotları-Bölüm 11: Sertleşmiş Harcın Basınç ve Eğilme Dayanımının Tayini”, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2000.
- [14]. TS EN 1015-18, “Kâgir Harcı-Deney metotları - Bölüm 18: Sertleşmiş Harcın Kapiler Etkiler Etnasında Su Emme Katsayısının Tayini”, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2004.
- [15]. ASTM C177-13, “Standard Test Method for Steady-State Heat Flux Measurements and Thermal Transmission Properties by Means of The Guarded-Hot-Plate Apparatus”, American Society for Testing and Materials, USA, 2013.
- [16]. TS 825, “Binalarda Isı Yalıtım Kuralları”, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2013.
- [17]. Kalkan O. Ş., Gündüz L., “Hafif Agregalı Kompozit Harçların Hidrofobluk Özelliğinin Geliştirilmesinde Biopolimer Katkı Kullanımı Üzerine Bir İnceleme”, *Uluslararası Yapılarda Kimyasal Katkılar 5. Sempozyumu*, Ankara, 269-285, 2017.
- [18]. Şapcı, N., Gündüz, L., “Kayseri Bölgesi Pomza Oluşumlarının Yalıtımlı Kompozit Harç Üretimlerinde Kullanımı Üzerine Bir İnceleme”, *International Symposium of Scientific Research and Innovative Studies, Bandırma/Balıkesir*, 69-83, 2021.