

Soğuk Çatılarda Çatı Arası Yalıtım Malzemesi Olarak Uçucu Kül ve Polistiren Köpük Katkılı Yapı Malzemesi Kullanılabilirliğinin Araştırılması

Doç. Dr. İsmail DEMİR¹
Öğr. Grv. Gökhan GÖRHAN²
Yrd. Doç. Dr. M. Serhat BAŞPINAR³
Arş. Grv. Erhan KAHRAMAN⁴
Doç.Dr. Dilek KUMLUTAŞ⁵

Konu Başlık No: 2-Çatı ve Cephe Sistemlerinin Performansları

ÖZET

Bu çalışmada, soğuk çatılarda çatı arası yalıtımında kullanılması düşünülen uçucu kül ve polistiren köpük katkılı yapı malzemelerinin teknik özellikleri araştırılmıştır. Küp (10x10x10 cm) deney örnekleri laboratuvar ortamında hazırlanmıştır. Karışımlarda ana malzeme olarak uçucu kül ve granüle (taneli) polistiren köpük kullanılmıştır. Örneklerde bağlayıcı olarak kartonpiyer alçısı ve 42,5 R tipi portland çimentosu kullanılmış, karışım suyu miktarları tüm örneklerde sabit tutulmuştur. 28 gün su içerisinde kür edilen numuneler üzerinde birim hacim ağırlık, basınç dayanımı ve ısı iletkenlik deneyleri gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak saptanan veriler soğuk çatılarda kullanılan diğer yalıtım malzemeleri ile kıyaslanarak bu malzemenin ısı yalıtım amaçlı olarak kullanılabilirliği incelenmiştir.

ANAHTAR KELİMELELER

Soğuk çatı, çatı arası yalıtım malzemesi, uçucu kül, polistiren köpük, yapı malzemesi.

¹ **İsmail Demir** Afyon Kocatepe Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Yapı Eğitimi Bölümü, Merkez Afyonkarahisar, Telefon 0 272 2281311, Faks 0 272 2281319, idemir@aku.edu.tr

² **Gökhan Görhan** Afyon Kocatepe Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Yapı Eğitimi Bölümü, Merkez Afyonkarahisar, Telefon 0 272 2281311, Faks 0 272 2281319, ggorhan@aku.edu.tr

³ **M. Serhat Başpınar** Afyon Kocatepe Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Metal Eğitimi Bölümü, Merkez Afyonkarahisar, Telefon 0 272 2281311, Faks 0 272 2281319, sbaspınar@aku.edu.tr

⁴ **Erhan Kahraman** Afyon Kocatepe Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Yapı Eğitimi Bölümü, Merkez Afyonkarahisar, Telefon 0 272 2281311, Faks 0 272 2281319, ekahraman@aku.edu.tr

⁵ **Dilek Kumlutaş** Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Müh. Bölümü, Bornova/İzmir, Tel: 0 232 388 31 38, Fax: 0 232 388 78 68, dilek.kumlutas@deu.edu.tr

GİRİŞ

Günümüzde binalardaki enerji tasarrufunun en önemli bölümünü ısı enerjisi tasarrufu oluşturmaktadır. Yapılarda ısı yalıtımı ancak doğru uygulanmış bir ısı yalıtımı ile sağlanabilmekte ve çatılarda da yapının sağlığını korumak amacıyla yalıtım işlemleri uygulanmaktadır [1].

Çatı, binayı en duyarlı bölgede serbest atmosferle ayıran; binayı yukarıdan gelen yağmur, kar, sıcak ve rüzgar gibi doğal tesirlere karşı koruyan ve binayı sınırlayan bir yapı elemanıdır [2-4]. Bu nedenle tüm atmosfer etkilerine duvar elemanlarından daha açıktır. Yapının herhangi bir yerinde uygulanacak olan yalıtım uygulamasında, ısı yalıtım malzemesinde aranması gereken bazı temel özellikler arasında; ısı iletim katsayısı (λ), su buharı difüzyon direnç katsayısı (μ), yoğunluk ve ekonomiklik gibi özellikler aranmaktadır [5]. Çatı yalıtım malzemelerinin ise bu özelliklere ilave olarak; hafif, yanmaz olması, kolay uygulanabilirliği, bozulup çürümemesi, asit ve yağmura karşı dirençli olması vb. özellikleri önem taşımaktadır [6].

Kışın ısı kayıplarını, yazın ısı kazançlarını önlemek, yakıt tüketimi ve enerji giderlerini azaltmak, iç ortam ve iç yüzey sıcaklıklarını dengeleyerek terleme, küflenme, sıvaların kabarması, boyaların dökülmesi vb. hasarları önlemek, iç ortam ısasal konfor koşullarını sağlamak için çatı sistemi içinde ısı yalıtım katmanları kullanılır. Eğimli çatılarda çatı sistemi, ısı yalıtım malzemesinin çatı içinde kullanıldığı yere bağlı olarak, soğuk ve sıcak çatılar olmak üzere iki şekilde sınıflandırılır [7]. Çatıyı teşkil eden tabakalar arasında havalandırılabilen hava boşluğu bulunan çatılara "soğuk çatı" denir. Eğer çatıyı meydana getiren tabakalar arasında hava boşlukları bulunmazsa, yani tabakalar birbiri üzerine teşkil edilmişse bu tip çatılara da "sıcak çatı" denir [8].

Soğuk çatılarda ısı yalıtımı soğuk bir tavan arası bırakılarak tavan-döşeme üzerinde yapılmaktadır (Resim 1). Bu tip çatılarda, çatı arası kullanılmaz. Soğuk çatılarda, soğuk bir tavan arası bırakılarak ısı yalıtımı çatı döşeme seviyesinde yapılmaktadır [7, 9].



Resim 1. Soğuk çatı detayı [7].

Soğuk çatılarda, iç ortamdan gelen su buharı, ısı yalıtım malzemesinin bünyesinden geçtikten sonra çatı arasında yoğunlaşmadan dışarı atılmalıdır. Yoğuşmanın önlenmesi için çatı arasının havalandırılması gerekir. Hava sirkülasyonu ile çatı arasındaki su buharının dışarı atıldığı bu tip çatılara, havalandırılmalı soğuk çatı adı verilir. Yoğuşmanın önlenmesi için alternatif bir düzenleme de, çatı kaplama malzemesinin altında yada kaplama tahtasının üzerinde su geçirimsiz ancak su buharı geçirimli bir malzemenin kullanılması ve su buharının burada mevcut olan havalandırma tabakasından dışarı atılmasıdır. Bu tip çatılara da havalandırmasız soğuk çatı adı verilir [7].

Yapılan bu çalışmada soğuk çatılarda alternatif bir yalıtım malzemesinin oluşturulması amacıyla; uçucu kül, çimento, kartonpiyer alçısı ve polistiren köpük malzemeleri kullanılarak, yalıtım özelliğine sahip hafif blok örneklerin üretimi gerçekleştirilmiştir.

MATERYAL ve METOT

Materyal

Örneklerin hazırlanmasında; uçucu kül, çimento, kartonpiyer alçısı ve polistiren köpük kullanılmıştır. Kullanılan uçucu kül, Tunçbilek termik santralinden temin edilmiştir. Atık bir ürün olan uçucu kül; termik santrallerde enerji üretmek amacıyla yakıt olarak kullanılan ve düşük kaloriye sahip linyit kömürlerinin yakılması sonucu bacalarda elektro filtrelerle tutulan boyutu 1-150 µm arasında değişen kül tanecikleridir. Enerji ihtiyacının artmasına paralel olarak kömür tüketimi ve uçucu kül miktarı artmaktadır. Endüstriyel atık olan ve termik santrallerden ele edilen bu yan ürüne uçucu kül adı verilmektedir [10-13].

Kartonpiyer alçısı, örneklerin daha yüksek dayanım ve yüzey sertliğine sahip olması amacıyla, nefes alan bir malzeme olduğundan nem oranını dengeleyerek sağlıklı bir ortam oluşturulmasına yardımcı olması ve nemin yüksek olduğu ortamlarda rahatlıkla kullanılabilme [14] gibi özelliklerinden dolayı tercih edilmiştir. Karışımlarda kullanılan çimento CEM I 42,5 R tipi çimentodur. Örneklerin hazırlanmasında kullanılan polistiren köpük ise granüler (taneli) halde karışımlara eklenmiştir.

Metot

Karışımların hazırlanması sırasında kullanılan malzemeler kuru halde ve homojen olacak şekilde Çizelge 1’de verildiği gibi hazırlanarak karıştırılmıştır. Ardından elde edilen karışımlara belirli oranlarda su ilavesi yapılarak akıcı kıvamda Resim 2’de gösterilen 10x10x10 cm’lik metal kalıplara dökülmüştür. Dökümün ardından örnekler laboratuvar koşullarında 24 saat bekletildikten sonra kalıplardan alınarak su kürü uygulamasının gerçekleştirilmesi amacıyla su tankına yerleştirilmiş ve 28 günlük su kürü uygulaması yapılmıştır. Numunelerin kurutulması işlemi sırasında Elektro - Mag 420 D tipi max 300 °C ‘lik sıcaklık değerlerine sahip ±5 °C etüv kullanılmıştır.

Çizelge 1. Karışımların hazırlanmasında kullanılan malzemeler ve oranları (%).

Grup	Uçucu Kül	Çimento	Kartonpiyer Alçısı	Polistiren Köpük
A	47.5	-	50	2.5
B	22.5	-	75	2.5
C	22.5	75	-	2.5



Resim 2. Örneklerin şekillendirilmesi amacıyla kullanılan metal kalıp.

Kür uygulanan örnekler üzerinde birim hacim ağırlık ve basınç dayanım testi gerçekleştirilmiştir. Örneklerin, etüv kurusu ağırlıklarının belirlenmesi amacıyla ilgili örnekler etüvde + 105 °C’de değişmez ağırlığa gelinceye kurutulmuş ve etüv kurusu ağırlıkları belirlenmiştir. Ardından örneklerin boyutları dijital göstergeli kumpas kullanılarak ölçülmüş ve örneklerin hacimleri belirlenmiştir. Bu veriler kullanılarak örneklerin birim hacim ağırlıkları aşağıda verilen formül (1) yardımıyla ve her bir örnek grubundan beş adet örneğin ortalaması alınarak hesaplanmıştır.

$$\text{Birim Hac. Ağırlık (kg/m}^3\text{)} = \frac{\text{Etiv kurusu ağırlığı (Kg)}}{\text{Hacim (m}^3\text{)}} \quad (1)$$

Basınç mukavemeti deneyleri, 20 ton kapasiteli dijital göstergeli ve bilgisayar kontrollü otomatik basınç presinde 500 gram/saniye yükleme hızı altında gerçekleştirilmiştir. Malzeme karışımlarının ve üretilen deney örneklerinin tartılmasında 0,1 gr duyarlı terazi kullanılmıştır. Her örnek serisinden 8 adet numune üretilmiş ve 5'er adedinin aritmetik ortalamaları sonuçlarda verilmiştir.

Yalıtım özelliğinin bir ölçüsü olan ısı iletkenlik değerlerinin ölçülmesinde, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Müh. Laboratuvarında bulunan "Shotherm QTM-D2" cihazı kullanılmıştır (Resim 3).



Resim 3. Shotherm QTM-D2 cihazı.

Numuneler ısı iletim katsayısını ölçen cihazın probuna uygun olarak 100 mm uzunluğunda, 50 mm genişliğinde ve 17 mm kalınlığında hazırlanmıştır. Hazırlanan numunelerin ısı iletim katsayılarının ölçümü, "Hot Wire" yönteminden yararlanılarak geliştirilmiş olan "Shotherm QTM-D2" cihazı ile yapılmıştır. Shotherm QTM-D2 cihazının ölçme yönteminde ısıtıcı tel, ısı iletim katsayısı bilinen yalıtkan bir malzemeyle, ısı iletim katsayısı ölçülmek istenen malzeme arasına yerleştirilir. Bu durumda ısı iletim katsayısı aşağıdaki formülden (2) hesaplanmıştır:

$$k = F \frac{Q \ln(t_2 / t_1)}{T_2 - T_1} - H \quad (2)$$

k: Isı İletim Katsayısı (W/mK)
F, H: Ölçme cihazına ait sabitler
Q: Isıtıcı tele verilen ısı akışı
t₁, t₂: Ölçüm zamanları (saniye)
T₁: t₁ zamanındaki sıcaklık
T₂: t₂ zamanındaki sıcaklık

Her standart QTM probunun farklı F ve H sabitleri vardır. Bu sabitler bilindiğinde yukarıdaki formülden ısı iletim katsayısı cihaz içindeki bir mikrokomputer ile hesaplanır. 60 saniye içinde malzemenin belli bir sıcaklık değeri için ısı iletim katsayısı dijital olarak ekranda verilir. Bu cihazın en önemli avantajlarından birisi, ölçüm esnasındaki ısı kayıplarının, ölçümün kısa sürede yapılmasından dolayı çok az miktarda olmasıdır. Cihaz 0.020-10 W/mK aralığında ısı iletim katsayısını \pm %5 hassasiyet ile ölçebilmektedir.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Yalıtım malzemesi olarak kullanılacak ürünlerde ısı iletkenlik katsayısı önemlidir. Bu sebeple, malzemenin iletkenlik katsayısı ne kadar küçük olursa o kadar iyi bir yalıtım özelliğine sahiptir. Kullanılmayan çatı aralarında döşeme üzerine uygulanan yalıtım malzemeleri daha çok camyünü esaslı olmaktadır. Cam yünü esaslı çatı şilteleri ve rulopan tipi malzemeler bu grupta yer almaktadır. Çatı şilteleri, kullanılmayan çatı aralarında döşeme üzerinde kullanılan bir üründür. Şilteler, kullanılmayan çatı arası ısı yalıtımında döşemeye serilmek suretiyle uygulanır. Çatı şiltesi yük taşımayan düşük yoğunluklu bir malzemedir. Bu bakımdan çatı arasında üzerinde yürünmemelidir ve üzerine ağırlık konulmamalıdır.

Rulopan her iki yüzü sarı cam tülü kaplı camyünü şilte olup kullanılmayan çatı arası ısı yalıtımında döşemeye serilerek kullanılan bir malzemedir. Rulopan malzemesi üzerine yük gelmeyen yatay uygulamalarda, kullanılan çatı aralarının mertek aralarında da kullanılabilir. Çatı şiltesi ve rulopan malzemesine ait bazı teknik bilgiler Çizelge 2’de verilmiştir [15].

Çizelge 2. Teknik Özellikler [15].

Yalıtım Malzemesi	Yoğunluk (kg/m ³)	Isı Geçirgenlik Direnci (m ² K/W)			
		Kalınlık (cm)			
		8	10	12	14
Çatı Şiltesi	14-18	2.0	2.5	3.0	3.5
Rulopan	15				

Çalışmada üretilen örnekler üzerinde yapılan deneyler sonucunda elde edilen bulgular Çizelge 3’de verilmiştir. Örneklerden elde edilen bulguların ortalama değerleriyle benzer ürünlerin değerleri arasında kıyaslama yapılabilmesi amacıyla ayrıca Çizelge 4’de karşılaştırmalı sonuçlar verilmiştir.

Çizelge 3. Örneklerden elde edilen bulgular.

Grup	No	Yoğunluk (kg/m ³)	Basınç Day. (MPa)	λ (W/m K)	Grup	No	Yoğunluk (kg/m ³)	Basınç Day. (MPa)	λ (W/m K)
A	1	471,3	0,34	0,146	C	1	529,7	1,96	0,182
	2	471,9	0,43	0,145		2	551,9	2,22	0,170
	3	489,2	0,43			3	593,6	2,77	
	4	483,2	0,42			4	565,7	2,26	
	5	487,2	0,35			5	575,9	2,94	
	Ort.	480,6	0,39	0,146		Ort.	563,4	2,43	0,176
B	1	478,5	0,38	0,182					
	2	476,9	0,47	0,182					
	3	464,0	0,40						
	4	470,2	0,32						
	5	495,8	0,38						
	Ort.	477,1	0,39	0,182					

Çizelge 4. Örnekler için bazı özellikler.

Grup	Yoğunluk (kg/m ³)	Basınç Dayanımı (MPa)	Isı İletkenlik Değeri (λ) (W/m K)	Çatı Şiltesi ve Rulopan için Isı İletkenlik(λ) değeri (W/m K)
A	480,6	0,39	0,146	0.040

B	477,1	0,39	0,182
C	563,4	2,43	0,176
Gazbeton*	600-700	-	0,19-0,21
Bimsblok*	600-700	-	0,29-,32

*TS 825 Binalarda ısı yalıtım kuralları [16].

Örneklerin (λ) değerleri benzer ürünler olan Gazbeton ve bimsblok elemanlar ile karşılaştırılabilir. Buna göre örneklerin λ değerleri Gazbeton ürünlerle benzer değerlerde olup, benzer birim ağırlığa sahip olan bimsblok ürünlerden daha düşük ısı iletkenlik (λ) değerlerine sahiptirler (Çiz. 4). Örneklerin üretilmesi sırasında polistiren köpük tanelerin homojen olarak dağılmasına özen gösterilmiştir. Polistiren köpük taneler oldukça düşük yoğunluğa ($25-35 \text{ kg/m}^3$) sahip olup bünyelerinde harekesiz durgun kuru hava bulunmaktadır. Deney örneklerinin λ değerlerinin Gazbeton ürünlere benzer değerlerde çıkmasında karışımlara ağırlıkça % 2,5 oranında ilave edilen taneli polistiren köpük katkının önemli etkisi olduğu düşünülmektedir.

SONUÇ

Soğuk çatılarda kullanılan ısı yalıtım malzemeleri, genellikle kullanılmayan çatı aralarının döşeme yüzeylerine serilmek suretiyle uygulanmaktadır. Çalışmada üretilen taneli polistiren katkılı örneklerin mevcut yalıtım malzemelerine oranla daha yoğun oldukları ve buna karşılık basınç dayanım değerleri açısından da belli bir mukavemet değerlerine sahip oldukları belirlenmiştir. Bu çalışmada taneli polistiren katkılı hafif beton örneklerin soğuk çatılarda belli bir kalınlıkta uygulanması ile yeterli ısı yalıtım değerini sağlayabileceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Sezer, F. Ş., “Türkiye’de Isı Yalıtımının Gelişimi ve Konutlarda Uygulanan Dış Duvar Isı Yalıtım Sistemleri”, Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 10 (2), 79-85, 2005.
 - [2] Arslan, M., “Yapı Teknolojileri-IP”, ISBN: 975 02 0768 6, s. 283, Ankara, 2008.
 - [3] Özcan, K., “Yapı”, ISBN: 975 556 020 3, s. 281, Ankara, 2000.
 - [4] Yaşar, Y., Pehlevan, A., Maçka, S., “Eğimli Çatılarda Havalandırma”, 4. Ulusal Çatı & Cephe Kaplamalarında Çağdaş Malzeme ve Teknolojiler Sempozyumu, s. 49-55, 13-14 Ekim, İstanbul, 2008.
 - [5] Türker, A., “Soğuk Hat Yalıtımında Elastomerik Kauçuk Köpüğü”, VI. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi, 8-11 Ekim, İzmir, 2003.
 - [6] Sobutay, T., “Çatı Kaplama Sektör Araştırması”, İstanbul Ticaret Odası, Dış Ticaret Şubesi Araştırma Servisi, 7 Mart 2005.
 - [7] Web: Eğimli çatıların kaplanması ve yalıtılması ile ilgili teknik bilgiler, http://www.catider.org.tr/makale_19.php, 16.01.2010.
 - [8] Web: İzotoprak ile Çatı İzolasyonu, <http://www.yapimagazin.com/detay.asp?y=43>, 16.01.2010.
 - [9] Web: TYVEK ile Çatıların Korunması, http://www.mardav.com/cativesu_dupont2_1.asp, 16.01.2010.
 - [10] Aruntas, H. Y., “Uçucu Küllerin İnşaat Sektöründe Kullanım Potansiyelleri”, Gazi Üniv. Müh., Mim. Fak. Der. 21 (1), 193-203, 2006.
 - [11] Erdoğan, T. Y., “Beton”, Metu Press, 1. Baskı, 2007.
 - [12] Bentli, İ., Uyanık, A.O., Demir, U., Sahbaz, O. ve Celik, M.S., “Seyitömer Termik Santrali Uçucu Küllerinin Tuğla Katkı Hammaddesi Olarak Kullanımı”, Türkiye 19. Uluslar arası Madencilik Kongresi ve Fuarı, s.385-389, İzmir, 2005.
 - [13] Aksoy, H. S., Yılmaz, M., Akarsu, E. E., Killi Zeminin Tunçbilek Uçucu Külü Kullanılarak Stabilizasyonu, 2. Geoteknik Sempozyumu, Artı ofset, 466-472, 2007.
 - [14] Web: Kartek Kartonpiyer Alçısı, <http://www.dalsan.com.tr/pdf/kartekuygulama.pdf>, 12.01.2010.
 - [15] İzocam Ürün Kataloğu, “Camyünü”.
 - [16] TS 825, “Binalarda Isı Yalıtım Kuralları”, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1998.
- Katkı belirtme: Bu çalışma TUBİTAK tarafından desteklenmiştir (Proje no: 109M245).