

TUĞLA ÖRNEKLERDE ISI TESİRİ SONUCU TERMOGRAFIK DEĞİŞİMLERİN İNCELENMESİ

Gökhan Görhan* , Gökhan Kürklü, Halil İbrahim Burgan

Özet: Termografik görüntülerin elde edilmesinde kullanılan termal kameralar günümüzde, enfrarujlu kameralar olarak da bilinmektedir. Özelliklerinden dolayı bir çok alanda kullanım imkanı bulunan termal kameralar pek çok sektörde problem teşhis etme aracı olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada, Çorum bölgesinden temin edilen kil ve çeltik kavuzu kullanılarak tuğla örnekleri üretilmiş ardından çimento harcı kullanılarak bu örnekler birbirleriyle birleştirilmiştir. Örnekler verilen ısı sonucunda üç farklı zamanda (10 dak., 20 dak. ve 30 dak.) yüzey ısılarında zamana bağlı olarak meydana gelen ısı değişimleri ve yüzey sıcaklıkları termal kamera kullanılarak belirlenmiştir. Çalışma sonucunda, artan çeltik kavuzu katkı oranıyla örneklerin görünen porozitesi artmış ve ısı iletkenlik katsayıları düşmüştür. Bunun sonucu olarak elde edilen termografik görüntülerdeki yüzey sıcaklık değerlerinin de azaldığı tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Termografik görüntü, tuğla, çeltik kavuzu, kil.

INVESTIGATION OF THERMOGRAPHIC CHANGES WITH HEAT INFLUENCE IN BRICK SAMPLES

Abstract: Today thermal cameras which are used obtaining of thermographic images, known as infrared cameras. Thermal cameras which are used in many areas used for to diagnose of problem due to they have the properties in many areas. In this study, the brick samples which produced with using clay and rice husk obtained from Çorum region were used. After that, these brick samples combined with each other. The surface temperatures of the brick samples were determined according to three different times (10 min, 20 min and 30 min) by using thermal camera. As an obtained result from this study, the porosity of the brick samples are increased when the thermal conductivity coefficient of the brick samples are decreased due to increasing of rice husk additive ratio. However, it is concluded that the surface temperature values of brick samples are decreased.

Keywords: Thermographic image, brick, rice husk, clay.

1. Giriş

Tuğla, killi toprağın su ile iyice karıştırılıp hamur şekline getirilip şekillendirildikten ve yavaş kurutulduktan sonra özel ocak veya fırınlarda yüksek sıcaklıklarda (900-1300°C) pişirilmesi ile elde edilen ve duvarlarda çok yaygın olarak kullanılan oldukça eski bir yapı malzemesidir (Şişman ve ark., 2006; Güner ve Süme, 2000; Karaman, 2006; Diaz ve ark., 2007; Cultrone ve Sebastian, 2009).

Tuğla ısı yalıtımı ve ısı konfor bakımından önemli bir malzemedir. Nitekim tuğlalar yapılarda duvar yapı elemanlarını oluşturmakta kullanılırlar. Yapılardaki enerji tüketiminin, toplam enerji tüketiminin yaklaşık % 33'ünü oluşturduğu ve yapılarda kaybolan enerjinin yarısının da duvarlarda kaybolduğu belirtilmektedir. Dolayısıyla duvarların düşük ısı transfer katsayısına sahip olan tuğlalarla yapılması gerektiği belirtilmektedir (Sütçü ve Akkurt, 2009).

* Afyon Kocatepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Afyonkarahisar. E-posta: ggorhan@aku.edu.tr

Enerji kazancı gereksiniminin giderek artması ve alternatif yapı malzemelerinde artan rekabetten dolayı kil tuğlaların ısı yalıtım özellikleri son zamanlarda gittikçe önemli bir hal almıştır. Literatürde yer alan çalışmalara göre tuğlanın termal iletkenliğinin esasen yoğunluğu ile ilişkili olduğu belirtilmiştir (Dondi ve ark., 2004). Isı yalıtımındaki en önemli değişken ise malzemenin kuru haldeki görünen özgül ağırlığı olduğu ifade edilmektedir (Diaz ve ark., 2007).

Tuğlalarda ısı iletkenlik katsayılarının, yoğunluk ve porozite ile ilişkili olduğu belirtilmiştir (Sütçü ve Akkurt, 2009). Bu nedenle, tuğla bünyesinde gözenek oranı arttıkça, ısı iletkenlik katsayısının azalacağı düşünülmektedir. Bünyede gözenek oranının artmasıyla yoğunluğun azalması da beklenmektedir.

Isı yalıtımının yapı konforuna direkt etkisi bulunmaktadır. Yalıtımın yetersiz olduğu durumlarda, mekan içindeki yaşam konfor sıcaklığının kabul edilebilir seviyelerde olmasına karşılık, yaşayan bireylerin konforsuzluktan şikayet ettiği çeşitli gözlemler sonucu tespit edilmiştir (Çolakoğlu, 2004).

Yapılarda ısı yalıtımı çalışmalarında ve termal problemlerin tespitinde termal görüntüleme yöntemine başvurulabilmektedir. Termal görüntüleme yöntemi, ısıyı esas alan ve görüntünün genel yapısının ısıya göre oluşmuş renk ve şekiller tarafından belirlendiği bir görüntüleme sistemidir (Anonim (a), 2012). Termal görüntüleme, dönen yada sabit sistemlerde ısısal farklılık oluşturan problemlerin tespitinde yüksek verimlilikle kullanılan önleyici bir bakım tekniğidir. Rulman arızaları, elektriksel bağlantılardaki problemler ve soğutma problemleri, infrared termal görüntüleme ile tespit edilebilen örnek problemlerden bazılarını oluşturmaktadır (Anonim (b), 2012).

Termal görüntüleme yöntemi; enerji hatları, gerilim panoları ve trafolarda uygulanan en etkili kestirimci bakım tekniğidir. Kontak gevşeklikleri ve akım problemlerini termal kamera ile bulmak kolaydır. Aynı zamanda fırınlarda, buhar hatlarında, ısıtma, soğutma ve bina izolasyonlarındaki ısı kayıp noktaları içinde termal kameralar kullanılabilir.

Yangın riskleri ve çalışan ekipmanlarda oluşabilecek çok önemli elektriksel arızalar başlangıç aşamasında yakalanabilir. Ayrıca klima odaları, fırınlar ve ısı merkezlerindeki izolasyon kaçakları ile kondensstoplarda buhar kaçakları termal kamerayla yakalanarak ciddi oranda enerji tasarrufu sağlanabilir. Sorunlu noktanın ısı ve dijital fotoğrafları yan yana konarak raporlama yapılır ve raporlamada problemin olası nedeni ve gerekli uyarı boyutları birlikte yer alır (Anonim (c), 2012).

Termal kameralar (Şekil 1), FLIR yada infrared kamera olarak adlandırılırlar. Termal kameralar görüntü ışığını kullanan genel kameralara benzer bir şekilde infrared radyasyonunu kullanarak görüntüleri elde eden bir kamera türüdür. Normal bir kameranın algıladığı dalga boyu 450 – 750 nanometre aralığındayken, infrared kameralar 14,000 nanometre dalga boyunda çalışırlar (Anonim (d), 2007).



Şekil 1. Termal Kamera (Anonim (e), 2012).

Infrared termografi kameraları, görünmez infrared yada sıcaklık radyasyonu görüntüleri üretirler ve kesin, temassız sıcaklık ölçüm imkanı sunarlar. Neredeyse tüm nesnelerin bozulmaları ve problemleri ile birlikte sıcaklıkları artar, bu da infrared kameraları çok çeşitli uygulamalarda çok değerli bir problem teşhis aracı haline getirmektedir. Endüstri üretim verimliliğini arttırmaya, enerjiyi yönetmeye, üretim kalitesini arttırmaya ve iş güvenliliğini ilerletmeye çalışırken, infrared kameralar için yeni uygulama alanları da doğmaya devam etmektedir (Anonim (f), 2012).

Yapılarda termal incelemenin amacı; dış duvarlar, pencereler ve kapıların termal direncini belirlemek ve ısı kaçaklarını tespit etmektir. Termal kameralar dış duvarların termal direncini ölçebilmektedir. Termal görüntü kameraları yaygın olarak ısınmış binaların dış yüzeylerindeki termal direnci belirlemek için kullanılmaktadır. Tüm dış yüzey alanlarının, gerekli termal bilgisini veren tek görsel ölçüm tekniği termal görüntüleme tekniğidir. Termal resimler ısı kaçışlarını görüntüleyebilmektedir (Anonim (g), 2012). Bu amaçla laboratuvar ortamında ve ekstrüzyon yöntemiyle şekillendirilen gözenekli tuğlaların ısı tesirlerine maruz kalmaları durumunda yüzeylerinde meydana gelen ısı değişimleri, bu çalışmada ThermoCAM E 45 tipi termal kamera kullanılarak belirlenmeye çalışılmıştır.

2. Materyal ve Metot

Örneklerin hazırlanmasında kullanılan kil ve çeltik kavuzu Çorum ilinden temin edilmiştir. Kullanılan kil malzemesi özel işletmeli bir tuğla fabrikasında, üretime hazır bulunan kil yığınınından alınmıştır. Örneklerin üretiminde kullanılan malzemeler, öncelikle etüv kurusu ağırlığa gelinceye kadar, 200 lt hacme sahip laboratuvar tipi etüvde $+ 105 \pm 5$ °C'de kurutulmuştur. Ardından karışım oranlarının belirlenmesi amacıyla malzemelerin yoğunluk değerleri belirlenmiştir. Bu amaçla malzemeler çelik bilyeli değirmende (Şekil 2), tane boyutu maksimum 250 mikron inceliğe gelinceye kadar öğütüldükten sonra yoğunlukları hesaplanmıştır. Kil malzemesinin yoğunluğu $2,63 \text{ gr/cm}^3$; öğütülmüş çeltik kavuzunun yoğunluğu ise $1,74 \text{ gr/cm}^3$ olarak ve TS EN 196-1 (TS EN 196-1, 2002) nolu standarda göre belirlenmiştir.



Şekil 2. Çelik bilyalı değirmen.

Çalışmada üretilen tuğla örneklerine ait karışım oranları Tablo 1’de verilmiştir. Kil malzemesine çeltik kavuzu (ÇK) ikame yoluyla ve hacimsel olarak, öğütülmemiş halde ve ham olarak (TH5, TH10, TH15) karışımlara ilave edilmiştir.

Tablo 1. Tuğla örneklerinin karışım oranları (1000 gr).

Örnek grubu	Hacim (cm ³)		Ağırlık (gr)			Hacimsel Oran (%)	
	Kil	ÇK	Kil	ÇK	Toplam	Kil	ÇK
T0	380	-	1000	-	1000	100	-
TH5	361	19	950	33	983	95	5
TH10	342	38	900	66	966	90	10
TH15	324	56	850	99	949	85	15



Şekil 3. Tuğla örnekler



Şekil 4. Deney düzeneği

Tuğla örnekleri laboratuvar tipi ekstrüzyon kullanılarak 6 bar basınç altında 5x7x30 cm boyutlarında yatay delikli olarak şekillendirilmiştir. Ardından örnekler laboratuvar tipi elektrikli fırında 2,5 °C/dakika pişirme hızında ve son sıcaklıkta bir saat bekletilmek suretiyle 900 °C’de pişirilmiştir. Pişen tuğla örnekleri dört dilim halinde ve çimento harcı kullanılarak birbirlerine yapıştırılmıştır (Şekil 3).

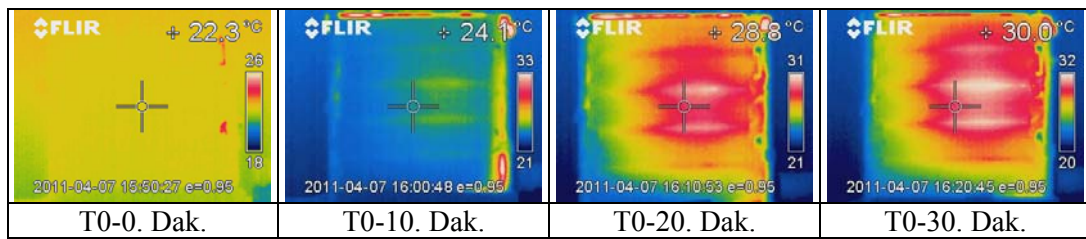
Ardından bu örnekler, arka yüzeyinden yaklaşık 60 cm uzaklıkta elektrikle çalışan bir ısıtıcı yerleştirilmiş ve örneklerin arkasındaki iç ortam sıcaklığı 50 °C olacak şekilde ayarlanmıştır (Şekil 4). Diğer yüzeyinden ise başlangıç (0. Dakika), 10., 20. ve 30. dakikalarda olmak üzere her bir örnek için toplam dört adet termografik resim çekilmiştir. Termografik resimlerin çekimlerinde; 7,5-13 µm spektral aralığa sahip, odak düzlem düzeni soğutulmamış mikro bolometre olan 160x120 piksel çözünürlüğe sahip dedektörü bulunan ve sıcaklık hassasiyeti ±

2 °C / ± 3,6 °F, yarı iletken AlGaInP diyotlu, 1 Mw/635 nm (kırmızı) lazer tipine sahip FLIR Therma CAM E 45 tipi termal kamera kullanılmıştır.

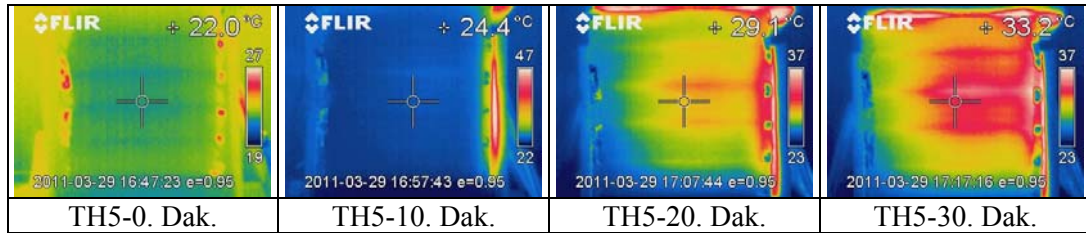
3. Bulgular ve Tartışma

Örneklerin termografik resimleri Şekil 5 - 8'de gösterilmiştir. Elde edilen görüntülere göre örneklerin ısıya maruz bırakıldığı sürenin uzaması ile tuğla yüzeylerine ulaşan ısının arttığı görülebilmektedir.

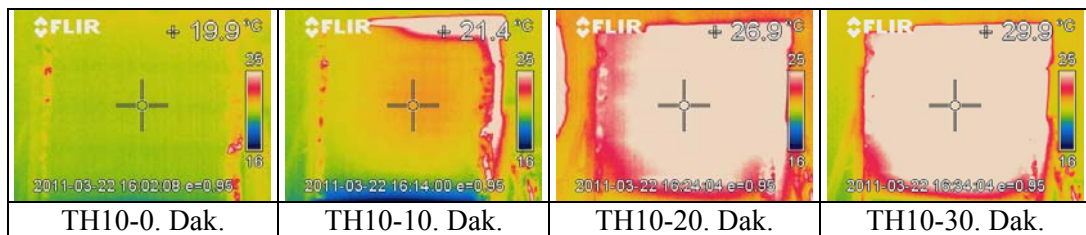
Örneklere ısı verilmeden yapılan başlangıç ölçümlerinde referans örneklerin (T0) çeltik kavuzu ikameli örneklere göre daha fazla bir yüzey sıcaklığına sahip olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte örneklere uygulanan ısıtma sürelerinin artmasıyla birlikte yüzeylerden okunan merkezi sıcaklık değerlerinin arttığı Şekil 5 - 8'de görülebilmektedir.



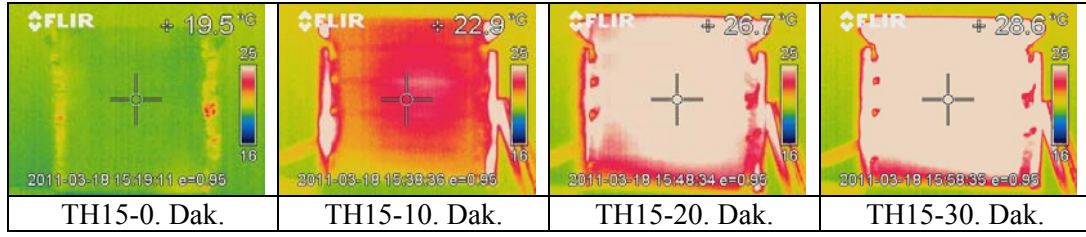
Şekil 5. T0 örneklerinin zamana bağlı olarak termografik görüntüleri.



Şekil 6. TH5 örneklerinin zamana bağlı olarak termografik görüntüleri.



Şekil 7. TH10 örneklerinin zamana bağlı olarak termografik görüntüleri.



Şekil 8. TH15 örneklerinin zamana bağlı olarak termografik görüntüleri.

Örneklerde bulunan katkı oranının artmasıyla bünyedeki gözenek oranları artmıştır. Bu nedenle örneklerin yüzey sıcaklıkları, daha gözenekli tuğlalarda bir miktar azalmıştır. Tuğla örneklerinin görünen porozite ve ısı iletkenlik katsayısı (Tablo 2) incelendiğinde çeltik kavuzu katkı oranının artması ile örneklerin porozitesinin arttığı ve ısı iletkenlik katsayılarının da azaldığı görülmektedir.

Tablo 2. Tuğla örneklerine ait görünen porozite değerleri (%) (Görhan, 2011).

Örnek grubu	T0	TH5	TH10	TH15
Görünen Porozite (%)	30,1	36,6	40,0	48,2
Isı iletkenlik katsayısı (W/Mk)	0,494	0,333	0,254	0,173

4. Sonuçlar

Elde edilen bulgulara göre tuğla karışımlarına eklenen çeltik kavuzu katkı oranının artması örneklerin porozite değerlerini artırırken, ısı iletkenlik değerlerini azaltmaktadır. Bundan dolayı termografik görüntülerden elde edilen merkezi ölçümlerdeki yüzey sıcaklıkları ile tuğlaların ısı iletkenlikleri doğru orantılı olarak değişmektedir. Başka bir deyişle ısı iletkenlik katsayısının azalması örneklerin yüzeyinden elde edilen ısının da azalması anlamına gelmektedir. Nitekim bu bağıntı termografik görüntülerde de görülebilmektedir.

Kaynaklar

- Anonim (a). Termal Kamera. http://tr.wikipedia.org/wiki/Termal_kamera (2012.07.29)
- Anonim (b). Termal Kamera. <http://www.galtek.com.tr/TermalKamera.aspx> (2012.07.29)
- Anonim (c). Termal Kameralar. <http://www.vibrasyon.com/termal.asp> (2012.07.29)
- Anonim (d). http://www.brainyencyclopedia.com/encyclopedia/t/th/thermal_camera.html (2007.03.28)
- Anonim (e). ThermaCAM E 45. http://www.dyertech.com/FLIR_E-Series.htm (2012.07.29)
- Anonim (f). İnfrared Termografi Nedir? <http://sentezgroup.com.tr/termal/> (2012.07.29)
- Anonim (g). Thermal Inspection for Apartment buildings. <http://www.energiiaudit.ee/new2/sisu.php?artID=73&lang=eng> (2012.07.29)
- Çolakoğlu, A. (2004). Binalarda ısı yalıtımlı dış sıva yapılabirliğinin araştırılması. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Isparta.
- Cultrone, G., Sebastian, E. (2009). Fly ash addition in clayey materials to improve the quality of solid bricks. *Construction and Building Materials*. 23, 1178-1184.
- Diaz, J. J. C., Nieto, P. J. G., Biempica, C. B., Gero, M. B. P. (2007). Analysis and optimization of the heat-insulating light concrete hallow brick walls design by the finite element method. *Applied Thermal Engineering*. 27, 1445-1456.

- Dondi, M., Mazzanti, F., Principi, P., Raimondo, M., Zanarini, G. (2004). Thermal Conductivity of Clay Bricks. *Journal of Materials In Civil Engineering*, January/February: 8-14.
- Görhan, G. (2011). Çeltik Kavuzunun Tuğla Üretiminde Kullanılabilirliğinin Araştırılması. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Ankara.
- Güner, M. S., Süme, V. (2000). Yapı Malzemesi ve Beton, Aktif Yayınevi, ISBN: 975-6755-21-0.
- Karaman, S. (2006). Yapı Tuğlalarında Renk Oluşumu. *K.S.Ü. Fen ve Mühendislik Dergisi*. 9 (1), 125-130.
- Şişman, C. B., Kocaman, İ., Gezer, E. (2006). Tekirdağ yöresinde üretilen ve tarımsal yapılarda yaygın olarak kullanılan tuğlanın fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine bir araştırma. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*. 3 (1), 32-40.
- Sütçü, M., Akkurt, S. (2009). The Use of Recycled Paper Processing Residues in Making Porous Brick With Reduced Thermal Conductivity. *Ceramics International*. 35, 2625-2631.
- TS EN 196-1. Çimento Deney Metotları- Bölüm 1: Dayanım. 2002. TSE. Ankara-Türkiye.