

45° EĞİK BOŞLUKLARA SAHİP YAPI TUĞLALARININ ISIL PERFORMANSI

Thermal Performance of Masonry Bricks Having 45° Tilted Holes

Furkan Erman KAN
Mehmet Emin ARICI
Mohammed ALHABACH
Mostafa ABDELMAKSOU

ÖZET

Boşluklu tuğlalardaki ısı transferi, tuğla malzemesindeki iletim ve boşluklardaki doğal taşınım mekanizmaları ile gerçekleşen birleşik ısı transferi problemidir. Tuğla ve benzeri yapı malzemeleri için temel beklentinin yüksek ısı direnç olduğu bilinmektedir. Bunu sağlamanın yolu düşük ısı iletkenli tuğla malzemesi kullanmak veya boşluklardaki taşınımı zayıflatmak ya da her ikisini birlikte gerçekleştirmektir. Bu çalışmanın amacı, tuğladaki boşluklarda gerçekleşen doğal taşınımı zayıflatmak yolu ile toplam ısı direnci artırmaktır. Çalışmada, standart tuğla boşluklarındaki düşey yan yüzeyler yerine eğik yüzeylerin olması ve böylece doğal taşınımına karşı koyulması yolu ile ısı direncin artacağı düşünüldü. Birleşik ısı transferi analizi, deneysel ve sayısal olarak gerçekleştirildi. Deneysel çalışmada kullanılmak üzere, 67,5 mm x 95 mm x 95 mm boyutlarında bir adet standart kare boşluklu (karşılıklı iki kenarı düşey doğrultuda) tuğla ve bir adet de eğik boşluklu (karşılıklı iki kenarı 45° eğik) tuğla, PLA plastik filament malzemeden 3 boyutlu yazıcıda üretildi. Analizde standart ve eğik boşluklu tuğla için katı/hava boşluğu oranı sabit tutuldu. Bulgular deneysel ve sayısal durumlar için karşılaştırmalı olarak analiz edildi. Model üzerinde sıcaklık ölçme işlemi farklı ısı güçlerinde tekrarlandı. Uygulanan ısı güçlerine göre sıcaklık farkı-ısı direnç ilişkisi ortaya çıkartıldı. Sayısal analiz, aynı problemin ANSYS FLUENT paket programı kullanılarak birleşik ısı transferi olarak modellenmesi ile gerçekleştirildi. Çalışma sonuçları, tuğladaki toplam ısı direncin tuğla yüzeyleri arasındaki sıcaklık farkı ile değişimi olarak sunuldu. Eğik boşluklu tuğlada ısı direncin standart boşluklu tuğlaya göre %10-12 kadar arttığı görüldü.

Anahtar Kelimeler: Boşluklu tuğla, Eğik boşluk, Doğal taşınım, Isıl direnç

ABSTRACT

Heat transfer in the holed bricks is the conjugate heat transfer problem that occurs with the mechanisms of conduction in the brick material and natural convection in the holes. It is known that the basic expectation for the bricks and such building materials is the high thermal resistance. The way to achieve this is to use low conductive brick material or to weaken the convective transport in the holes or to perform the both. The aim of this study is to increase the total thermal resistance by means of weakening the convection in the holes. In the study, it was thought that the thermal resistance would increase by having inclined surfaces instead of the vertical side surfaces in the standard brick holes and thus resisting natural transportation. The conjugate heat transfer analysis was performed experimentally and numerically. To perform the experimental study, a standard spacing brick with square shaped holes (two opposite sides with vertical sides) and a tilted holed brick (two sides with 45° inclination) with 67.5 mm x 95 mm x 95 mm dimensions made of PLA plastic filament material were produced in 3 D printer. In the analysis, solid/air ratio is kept constant for standard and the tilted holed bricks. The findings were analyzed comparatively for experimental and numerical cases. Temperature measurement on the model brick was repeated at different heat inputs. Based on the heat inputs, temperature difference-thermal resistance relations was obtained. Numerical analysis was performed by modeling the conjugate heat transfer problem using the ANSYS FLUENT package program. The results of the study are presented as the variation of the total thermal resistance in the brick with the temperature difference between the brick surfaces. It was seen that the thermal resistance increased by 10-12 % compared to the standard hollow brick.

Key Words: Hollow brick, Tilted hole, Natural convection, Thermal resistance

1. GİRİŞ

Isı, sistemle çevresi arasındaki sıcaklık farkı nedeniyle transfer olan bir enerji türüdür ve üç farklı mekanizma ile gerçekleşir. Uygulamada bu mekanizmaların biri veya aynı anda ikisi ya da üçü etkili olabilir. İletim ile taşınımın birlikte etkili olduğu ısı transferi problemleri birleşik (conjugate) ısı transferi olarak bilinir.

Günümüzde yapılarda kullanılan en yaygın dolgu malzemesi boşluklu tuğladır. Bu tuğlalar, benzeri dolgu malzemelerinde de olduğu gibi yapı içinde bağımsız bölme oluşturma işlevi yanında, bina dış duvar dolgu malzemesi olarak kullanılması durumunda ısı kaybını ya da kazancını azaltmaya katkı sağlarlar. Tuğlalar bu açıdan değerlendirildiğinde, ısı direnci yüksek olan tuğlaların binanın toplam ısı geçirgenliğini azaltacağı ve böylece yalıtım uygulanması gerekli durumlarda daha ince yalıtıma gereksinim duyulacağı sonucuna varılır. Tuğla toplam ısı direncinin artırılması; düşük ısı iletkenli tuğla malzemesi kullanılması, boşluklardaki taşınım mekanizmasını zayıflatılması veya her ikisini birden gerçekleştirilmesiyle mümkün olabilir.

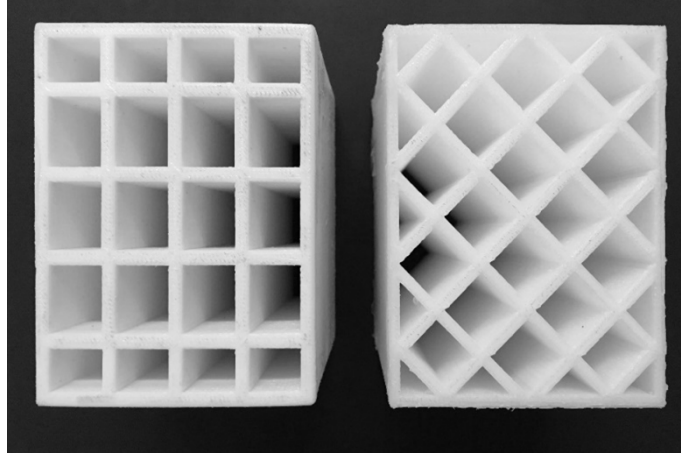
Yapılarda ısı transferi konusu ile ilgili çalışmaların sayısında gittikçe artış olduğu hem süreli yayınlarda yer alan makale başlıklarından hem de bilimsel toplantılarda sunulan bildirilerden anlaşılmaktadır. Bu makale ve bildirimler arasında yapı dolgu malzemesi olarak kullanılan tuğla ve benzeri malzemelerin ısı performans açısından analizi de yer almaktadır. Konuyla ilgili, Alhazmy [1] tarafından gerçekleştirilen sayısal çalışmada, tuğla benzeri malzeme üç farklı konfigürasyonda dikkate alınarak ısı geçiş miktarları incelenmiştir. Çalışma yerel olarak Suudi Arabistan'ın Cidde kenti meteorolojik verileri üzerinden yapılmıştır. Tuğla boşlukları polistren köpük malzeme ile doldurulmuş ve sonuçlar dolgunsuz durumla karşılaştırılmıştır. Polistren köpük ilaveli durumların ısı geçişini % 25 oranında azalttığı sonucuna varılmıştır. Sun v.d. [2] ANN (yapay sinir ağı), HGA (hibrit genetik algoritma) ve popülerleştirme (yaygınlaştırma) metodlarını birleştirilerek sayısal bir optimizasyon gerçekleştirmişlerdir. Dört adet boşluk içeren betondan üretilmiş tuğla elemanında boşlukları farklı geometrik biçimlendirmelere (dikdörtgen olmak şartı ile) tabi tutarak ısı geçişini en aza indirmeyi amaçlamışlardır. Sonuç olarak ANN ve HGA kombinasyonunun diğer kombinasyonlardan daha güçlü bir optimizasyon ortaya koyacağı sonucuna varmışlardır. Alhazmy [3], konu ile ilgili gerçekleştirdiği sayısal çalışmada, tuğla boşlukları içerisindeki taşınımı azaltmak için, deliklerin içerisine bölücüler yerleştirilerek yeni bir yaklaşım ortaya koymaktadır. Boşluk içerisine yerleştirilen bölücüler ile tuğla iç boşlukları üçgen geometriye sahip hacimlere dönüştürülerek akış sınırlandırması ile ısı geçişinin engellenmesi amaçlanmıştır. İlave bölümlendirmenin ısı geçişini % 37-42 oranında bloke ettiği sonucuna varılmıştır. Morales v.d. [4] sonlu elemanlar uygulaması kullanarak gerçekleştirmiş oldukları sayısal çalışmada, boşluklu kil malzemesinden yapılmış tuğlanın eşdeğer geçirgenliğini optimize etmişlerdir. Ticari bir tuğladan başlanarak farklı geometrik oryantasyonları kriter olarak ele almışlardır. Çalışmada, boşluk sayısının artırılmasının tuğlanın ısı davranışı üzerindeki etkili olduğu ortaya konulmuştur. Arendt v.d. [5] boşluk içerisindeki oyuk konsantrasyonunun etkilerini sayısal olarak incelemişlerdir. Boşluk konsantrasyonu olarak, eşkenar dörtgen geometriye sahip boşlukların tuğla içerisindeki sayıca değişimini, dolu tuğladan maksimum boşluk sığacak kadar hücre yerleştirilmesine kadar değişimini parametre olarak ele almış ve ısı olarak incelemişlerdir. Sonuç olarak, yüksek ısı iletkenliğe sahip malzemelerden yapılmış tuğlalardaki boşluk konsantrasyonunun % 45-65 olması gerektiğini ortaya koymuşlardır. Gossard ve Lardigue [6] gerçekleştirdikleri sayısal ve deneysel çalışmalarında üç boyutlu bir tuğla modeli üzerinde iletim, taşınım ve ışınım etkilerini kapsayacak şekilde birleştirilmiş ısı transferi modeli geliştirmişlerdir. Deneysel olarak elde ettikleri ürün modüler bloklardan oluşmaktadır ve farklı tipleri birleştirilerek iç boşluk alanları için farklı kombinasyonlar elde etmişlerdir. Elde ettikleri sayısal ve deneysel ısı direnç değerlerinin birbirine çok yakın olduğunu ve bu sonuçla geliştirdikleri sayısal modelin doğru olduğunu ispat etmişlerdir. Isıl iletkenlik ve katı madde emisivitesinin ısı direnci en çok etkileyen iki parametre olduğunu ortaya koymuşlardır. Taleb v.d. [7] gerçekleştirdikleri sayısal çalışmada, alt veya üst yüzeyinden üniform bir şekilde ısı akısı verilmesi durumunda, toplam üç yatay ve iki de düşey boşluğa sahip boşluklu ortamda ısı transferini incelemişlerdir. Boşlukların farklı dağılımını parametre olarak kullanmışlardır. Korunum denklemlerini sonlu kontrol hacmi yaklaşımı ile çözen SIMPLE algoritmasını kullanmışlardır.

Konu ile ilgili çalışmalar enerji verimli bina tasarımına yöneliktir ve güncel olan çalışmalardır. Mevcut çalışmanın motivasyonu, tuğla boşluğu yüzeylerinin düşeyle yapacağı açının boşluk içerisindeki doğal taşınımı yavaşlatacağı ve böylece ısı direncin artışına neden olacağı beklentisidir. Tuğlalara ait analiz

bulgularının karşılaştırılabilir olabilmesi için boşluk/katı oranı, standart boşluklu (0°) ve eğik boşluklu (45°) tuğlada eşit olacak şekilde tasarlanmıştır. Böylece, önerilen yeni boşluk düzenlemesi ile tuğla için ilave malzeme gereksinimi olmayacaktır.

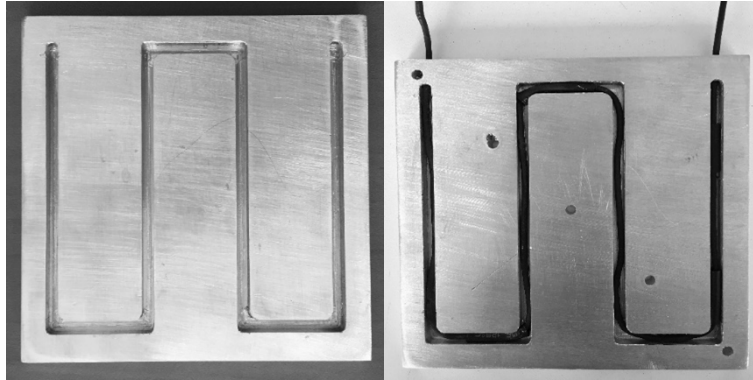
2. TEORİK ESASLAR VE ÇÖZÜM YÖNTEMİ

Standart boşluklu ve eğik boşluklu tuğlalar, Solidworks çizim programı kullanılarak 3B yazıcıda PLA plastik filament malzemeden üretildi. Tuğla modelleri, 3B yazıcının sınırlı kapasitesi nedeniyle standart tuğlanın $\frac{1}{2}$ ölçeğinde üretildi. 3B yazıcıda üretilen standart ve eğik boşluklu tuğlalara ait ürünler Şekil 1'de görülmektedir.



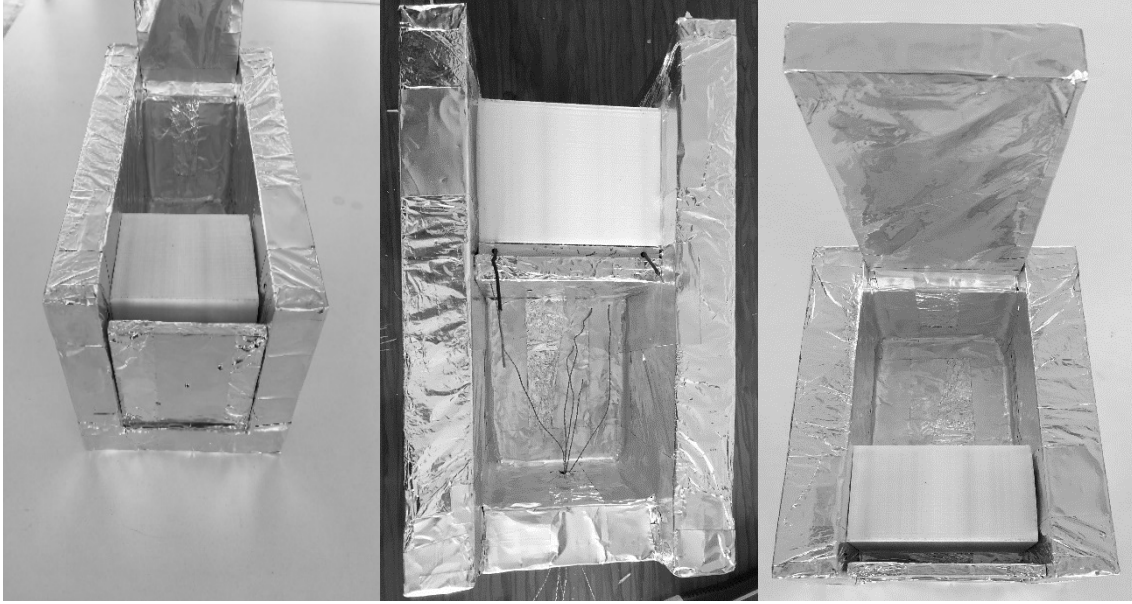
Şekil 1. 3B yazıcıda üretilen standart boşluklu ve eğik boşluklu tuğlalar

DeneySEL çalışmada; tuğla ile dış ortam arasında yalıtım sağlanması amacı ile tuğlanın ısı geçişi doğrultusunda kalan kısımları yalıtıldı. Üzerinde açılan kıvrımlı kanaldan direnç teli geçirilen bir alüminyum levha, tuğlanın düşey duvarlarından birinde sabit ısı akısı sınır koşulu sağlayan ısıtıcı olarak kullanıldı. Alüminyum ile elektrik etkileşime girmemesi için dışı makron ile kaplanana direnç tellerin DC güç kaynağı ile desteklendi. Isıtıcı levha üzerine, sıcaklık ölçümü yapılacak noktalardan ölçülerde delikler açıldı. Levha ile tuğla yüzeyi arasında temas direncini azaltmak için yüzey termal macun tabakası ile kaplandı. Isı kaybının azaltılması için levhanın arka yüzeyine polistren köpük ve termo-elemanların yüzeye dikey temasını sağlamak için destek amaçlı pleksiglas parçalar eklendi. Isıtıcı levhanın resmi Şekil 2'de görülmektedir.



Şekil 2. Alüminyum ısıtıcı levha

Isıl direnç hesabı için Ali ve Arshad [8] tarafından uygulanan yöntem kullanıldı. Tuğlanın 6 adet yüzeyinden sıcaklık ölçümü alınması için uygun yerler tespit edildi. Tuğlanın ısı uygulanan dış yüzeyinin karşı dış yüzeyine de sıcaklık ölçümü için tespit edilen yerlere termo-elemanların dik temasını sağlamak için pleksiglas destek elemanı kullanıldı. Tuğla ve ısıtma sistemine ait bazı resimler Şekil'3 te görülmektedir.



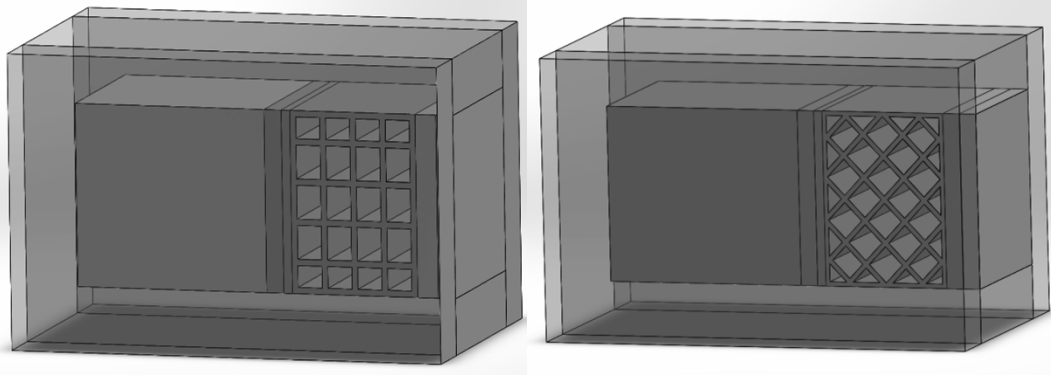
Şekil 3. Tuğla ve ısıtma sistemi

Sıcaklık ölçümü için tespit edilen 21 noktaya K tipi termo-elemanlar yerleştirildi ve datalogger yardımı ile belirlenen noktaların sıcaklıkları periyodik olarak bilgisayar ortamına aktarıldı. Elde edilen ölçümlerden direncin hesaplanabilmesi için yüzey sıcaklıklarına ve sisteme giren ısı miktarına ihtiyaç vardır. Bu nedenle, DC güç kaynağının 4 farklı güç değeri için ölçümler tekrarlandı. Isı kayıp kalibrasyonu için ısıtıcı levhanın arka kısmına yerleştirilen ısı yalıtım malzemesi ve destek elemanı pleksiglas için dirençler hesaplandı. Böylece, tuğladan ortama kaybolan net ısı elde edildi. Deney düzeneği Şekil 4'deki fotoğrafta görülmektedir.



Şekil 4. Deney düzeneği

Yapılan deneysel çalışmanın sayısal çalışma ile karşılaştırılması amacı ile Solidworks programı kullanılarak benzer model oluşturuldu. Problemin çözümü için SIMPLE algoritmasını kullanan ANSYS FLUENT paket programı kullanıldı. Problemden kullanılan geometrilere ait ağ bağımsızlık çalışması yapılmış olup sonuçları bulgular ve irdeleme kısmında sunuldu. Sonuçların elde edilmesi için çözüm yakınsama kriteri 10^{-7} olarak kabul edildi. Çözüm için kullanılan fiziksel büyüklükler ve ısıl parametreler programa veri olarak girildi. Birebir ölçü ile oluşturulan modelde ısıtıcı gücü olarak DC güç kaynağından okunan güç kullanıldı. Karşılaştırmalı olarak kayıp ısı miktarları bulundu ve direnç net ısı üzerinden hesaplandı. Tasarlanan sayısal model Şekil 5'te sunulmuştur.



Şekil 5. Standart boşluklu ve 45° eğik boşluklu tuğla için sayısal model

Yalıtım malzemesi ile deney sistemi dış ortamı arasındaki hava iç ortam havası olarak şartlandırıldı. Deney ortamı klimalar ile 295 K sıcaklığa sabitlendi ve aynı durum sayısal modelde de kullanıldı. Laboratuvar ortamı ile tuğla dış yüzeyi arasındaki taşınım katsayısı Peeters v.d. tarafından [9] önerildiği gibi $h_i = 5 W/m^2K$ olarak alındı. Başlangıç sistem sıcaklığının ortam sıcaklığında olduğu kabul edildi. Ali ve Arshad [8]'in izlediği yöntemde ısı akısına maruz kalan 3 boyutlu sistemde direnç ya da ısıl geçirgenlik hesaplanmak istendiğinde bunun sadece bir yönden hesaplanmasının yetersiz olduğu üzerinde durulmuştur. Bunun yerine ısının verildiği yüzeydeki maksimum sıcaklık ile diğer yüzeylerdeki sıcaklıkların ortalaması alınarak sıcaklık farkının bulunmasının daha doğru bir yaklaşım olduğu gösterilmiştir. Söz konusu yöntem kullanılarak üç boyutlu tasarımı yapılan tuğlada eşdeğer direnç olarak tanımlanan R_{es} değeri bulundu. Bina yalıtım uygulamalarında tuğlanın sadece iç ve dış ortam arasında ısı geçişi olduğu kabulü yapılmaktadır. Gerçek binadaki fiziksel koşulun deneysel olarak sağlanamaması nedeni ile yatay ve düşey ve yanlardan olan ısı kayıpları deneysel ve sayısal çalışmada dikkate alındı. Isıl direnci hesaplamaya esas olan ısı, (1) denkleminde görüldüğü gibi net ısı olarak ısıtıcıdan verilen ısıdan kayıp ısının çıkarılması ile elde edildi.

$$q_e = q_g - q_k \quad (1)$$

Deneysel olarak kayıp miktarı ısıtıcı plakanın arka, üst ve yan yüzeylerinden yerleştirilen termo-elemanlar yardımı ile Denklemi (2) kullanılarak hesaplandı.

$$q = kA \frac{\Delta T}{\Delta x} \quad (2)$$

Isıtıcı levhanın arka yüzeyinde termo-elemanların desteklenmesi amacı ile 10 mm x 95 mm x 95 mm boyutlarında ısı iletim katsayısı $k = 0,19 W/mK$ olan pleksiglas malzeme kullanıldı. Tuğla ile çevresi arasında 30 mm kalınlığında ısı iletim katsayısı $k = 0,025 W/mK$ olan polistren bulunmaktadır. Deney düzeneğinin dışına yerleştirilen bir adet termo-eleman ile ortam sıcaklığı ölçüldü ve tüm deneylerin aynı ortam koşullarında gerçekleştirilmesi sağlandı. Bulunan efektif ısıdan ısıl direncin hesaplanmasında Ali ve Arshad [8] tarafından izlenen yöntem kullanıldı. Yöntemde, maksimum yüzey

sıcaklığından diğer yüzeylerin sıcaklıklarının ortalamasını çıkartılarak sistemin üç “boyutlu sıcaklık farkı” bulundu. Bu yolla ısı direnç hesabı Denklem (3)’ten yardımı ile hesaplandı

$$R_{es} = \frac{(T_m - T_b)}{q_e''} \quad (3)$$

Burada R_{es} , T_m ve T_b sırasıyla eş değer direnç, tuğlanın 6 yüzeyinden maksimum sıcaklığa sahip olan yüzeyin ve geriye kalan 5 yüzeyin sıcaklıklarının aritmetik ortalamasını ifade etmektedir. q_e'' , q_e' 'nin ısıtıcı levhanın birim yüzeyinden tuğla ile temas ettiği yüzey alanına bölünmesi ile elde edildi. Burada bulunan toplam direnç R_{es} şu şekilde ifade edilmektedir.

$$R_{es} = \frac{L_1}{k} + \frac{1}{h_1} + \frac{L_2}{k} + \frac{1}{h_2} + \dots + \frac{1}{h_n} + \frac{L_n}{k} \quad (4)$$

Buradaki $L_{1,2,\dots,n}$ 'ler boşlukları birbirinden ayıran tuğla iç duvar kalınlıkları, k ise tuğla malzemesinin ısı iletim katsayısıdır. Boşluklardaki doğal taşınımaya bağlı olarak değişen $h_{1,2,\dots,n}$ 'ler ise boşluk hücrelerindeki ısı taşınım katsayılarını ifade etmektedir. Elde edilen sonuçlar R_{es} değerinin dört farklı ısı akışı durumunda iki farklı düzenlemede ayrı ayrı sunuldu. Sistem için yapılan kayıp kalibrasyonu ve tüm sayısal çalışmalarda yer alan ağ bağımsızlık çalışması sonuçları da bulgular ve irdeleme kısmında sunuldu.

3. BULGULAR VE İRDELEME

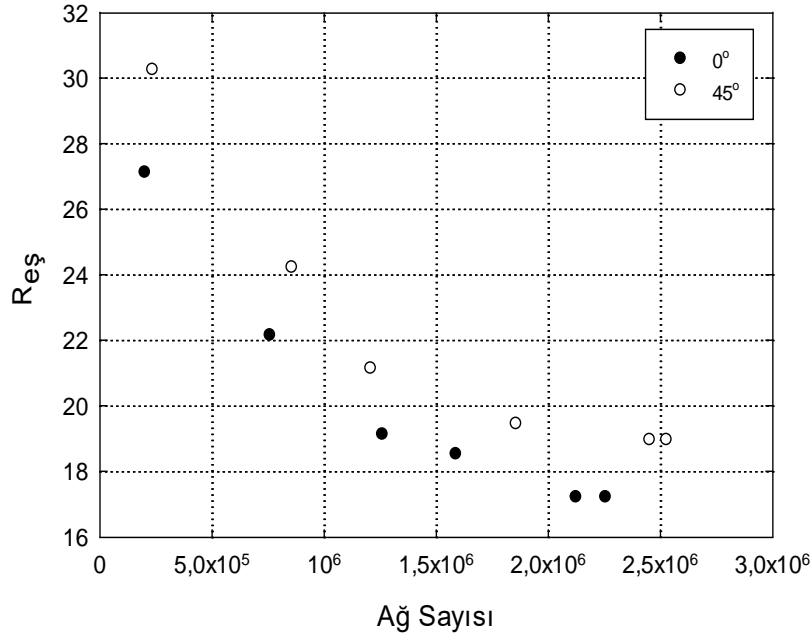
Elde edilen bulgular; ağ bağımsızlık, kayıp kalibrasyonu, standart ile eşik boşluklu tuğla ısı dirençlerinin karşılaştırılması ve yüzde olarak değişim oranlarının hesaplanması kısımlarından oluşmaktadır. Veriler ayrı başlıklar altında açıklanmaktadır. Yapılan çalışma sonuçları deneysel ve sayısal olarak karşılaştırmalı olarak grafikler yardımıyla açıklandı.

3.1 0° ve 45° Durumları İçin Ağ Bağımsızlık Çalışması

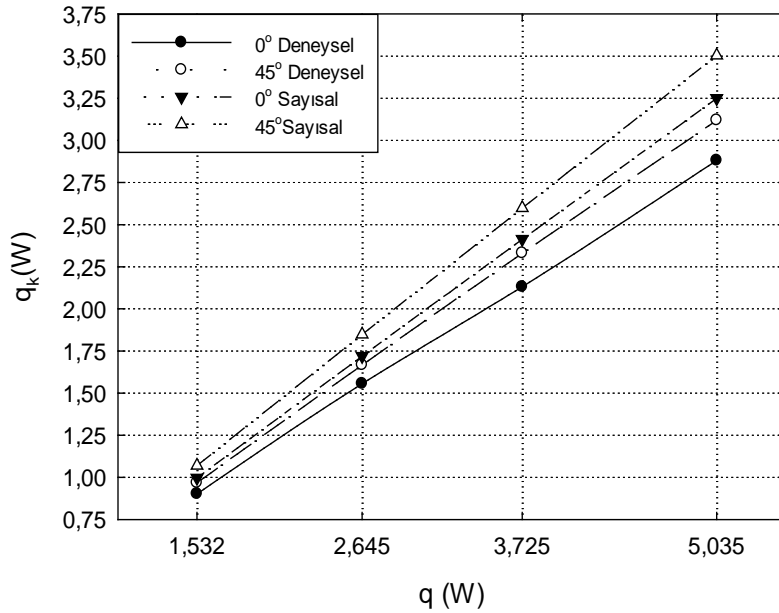
Çalışmanın sayısal olarak gerçekleştirilen kısmı için tüm sayısal çalışmalarda olduğu gibi bu çalışmada da ağ bağımsızlık çalışması yapıldı ve sonuçları Şekil 6'da sunuldu. Eşdeğer ısı direnç her bir düğüm noktası sayısında hesaplanmış ve iki hesaplama noktası arasındaki farkın 0.5 değerinden az olması durumu hesaplama için uygun olarak kabul edilmiştir. Bu değerler; 0° için 2122800 ve 45° için ise 2451035 düğüm noktası seçilmiştir.

3.2 Kayıp Kalibrasyonu Çalışmasının Sonuçlarının İncelenmesi

Sayısal ve deneysel olarak gerçekleştirilen çalışmada efektif ısı miktarının hesaplanması eşdeğer direnç kavramı için gereklidir. Buradaki ısı kayıp değerleri teorik esas ve yöntemler kısmında anlatılan yöntem ile hesaplandı. Deneysel olarak belirlenen noktadaki tekil ölçümlerin sayısal olarak alan ağırlıklı ortalamaya göre daha kaba ölçümler olması aradaki bu farkın ortaya çıkmasına sebep olmuştur. Deneysel ve sayısal olarak gerçekleştirilen kayıp kalibrasyonuna ait çalışma sonuçları Şekil 7'de görülmektedir.



Şekil 6. Ağ bağımsızlık çalışması ($q_e'' = 1,532 W/m^2$)

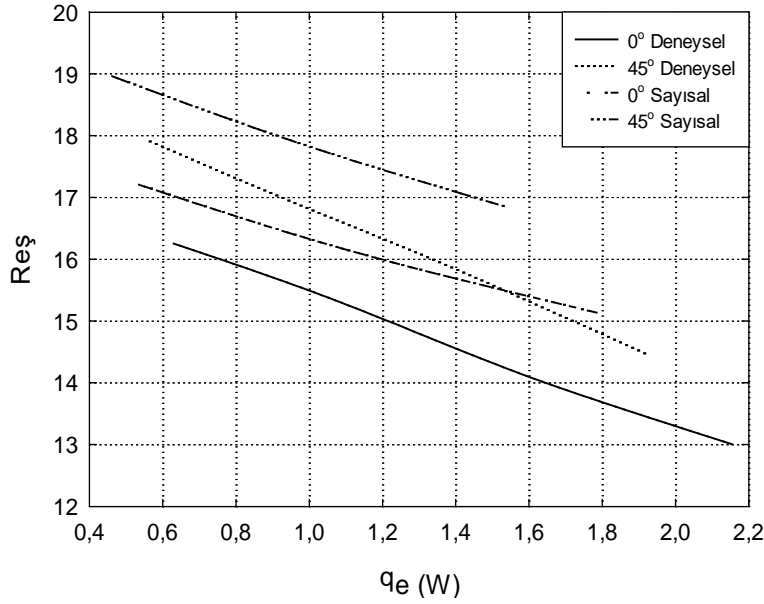


Şekil 7. 0° ve 45° durumları için sayısal ve deneysel kayıp kalibrasyonu

3.3 Eşdeğer Isıl Direncin 0° ve 45° Durumları İçin İncelenmesi

Eşdeğer ısı direncin sayısal ve deneysel olarak iki ayrı düzenleme için artan ısı güç ile azaldığı görülmektedir. Buradaki azalmanın artan ısı güce karşın yüzey sıcaklıklarındaki değişimi nedeniyle olduğu anlaşılmaktadır. Tuğlalar, yapılarda hem iç bölmeleri birbirinden ayıran eleman hem de ısı yalıtımına katkı sağlayan yapı elemanlarıdır. Bu elemanlar ısı yalıtımına iç ortam ile dış ortam arasındaki ısı geçişi doğrultusunda katkı sağlarlar. Yapılan çalışmada, tuğla iç boşluklarının açılı konumlandırılmış olması durumunda eşdeğer ısı direncinde artış olduğu görüldü. Bu durum, hem sayısal hem de deneysel çalışma bulgularında görülmektedir. Çalışmanın deneysel ve sayısal sonuçları arasındaki fark % 7-10 arasında değişmektedir. Bu farkın, sıcaklık ölçüm noktalarının sayısal

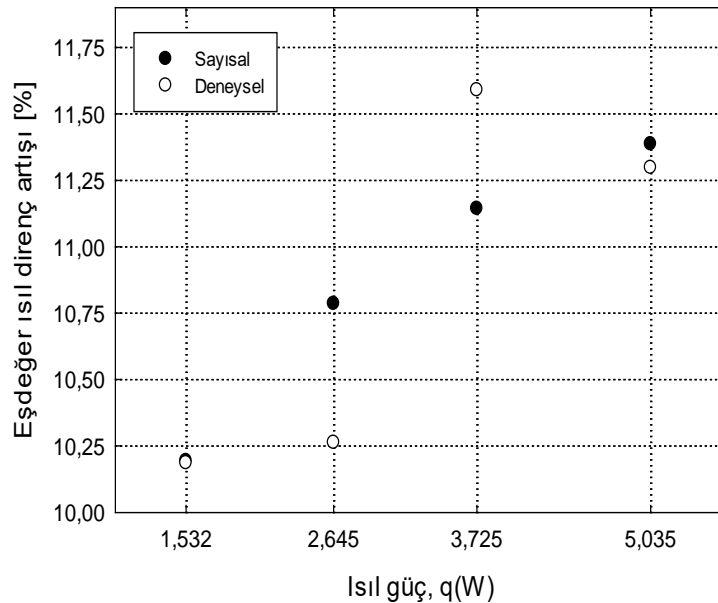
yönteme göre daha az sayıda olması ve sistemde öngörülemeyen kayıp ve ölçüm hatalarından dolayı olduğu düşünülmektedir. Sayısal ve deneysel sonuçlar, eşdeğer direncin ısı güç ile değişimi açısından karşılaştırmalı olarak Şekil 8'de görülmektedir.



Şekil 8. Eşdeğer ısı direncinin ısı güç ile değişimi

3.4 Eşdeğer ısı direncinin 0° ve 45° Durumları İçin Yüzdeler Artış İlişkisinin İncelenmesi

Elde edilen sonuçlar, 45° eğik boşluklu düzenlemede standart tuğlaya göre (0° boşluklu) eşdeğer ısı direncinde %10 ile %12 arasında değişen artış olduğunu göstermektedir. Bu etkinin değişen ısı güce karşı değişimi Şekil 9'da görülmektedir. Her iki durumda da eşdeğer dirençteki iyileşme oranının artan ısı güce arttığı görülmektedir. Bu artış, sayısal sayısal çalışma sonuçlarında yaklaşık doğrusal bir eğilim göstermektedir. Deneysel sonuçlarda ise genel olarak artış eğilimi olmakla beraber doğrusal eğilimden sapmalar olmaktadır.



Şekil 9. 45° eğik boşluklu düzenlemede eşdeğer ısı direncinin standart 0° boşluklu düzenlemeye göre yüzdeler artışının ısı güce değişimi

SONUÇLAR

Yapı tuğlalarındaki boşlukların standart boşluk 0° yerine 45° açılı konumlandırılmasının eşdeğer ısı direnç üzerindeki etkisinin deneysel ve sayısal incelenmesinden aşağıdaki sonuçlar elde edildi:

Tuğla iç boşluklarının 45° açılı konumlandırılması tuğlanın eşdeğer ısı direncinde % 10-12 aralığında değişen oranlarda artış sağlamaktadır.

Deneysel sonuçları ile sayısal sonuçlar arasında % 10-15 arasında değişen fark bulunmaktadır.

Deneysel çalışmada kullanılan model tuğlanın ½ ölçekte üretilmesi ve sayısal çalışmanın da aynı boyutlarda yapılması nedeni ile taşınım etkilerinin bire bir ölçekli tuğlaya göre daha zayıf olacağı açıktır. Daha gerçekçi sonuçların elde edilebilmesi için bire bir ölçekli tuğlada çalışmanın tekrarlanması önerilmektedir

KAYNAKLAR

- [1] ALHAZMY, M. M., Analysis of coupled natural convection–conduction effects on the heat transport through hollow building blocks, Energy and Buildings, vol. 33, pp. 512-521, 2006.
- [2] SUN, J., FANG, L., HAN, J., Optimization of concrete hollow brick using hybrid genetic algorithm combining with artificial neural networks, International Journal of Heat and Mass Transfer, vol. 53, pp. 5509-5518, 2010.
- [3] ALHAZMY, M. M., Numerical investigation on using inclined partitions to reduce natural convection inside the cavities of hollow bricks, International Journal of Thermal Sciences, vol. 49, pp. 2201-2210, 2010.
- [4] MORALES, M.P., JUAREZ, M. C., OCAO, L.M.L. ve DOMENECH, J., Study of the geometry of a voided clay brick using rectangular perforations to optimize its thermal properties, Applied Thermal Engineering, vol. 31, pp. 2063-2065, 2011.
- [5] ARENDT, K., KRZACZEK, M. ve FLORCZUK, J., Numerical analysis by FEM and analytical study of the dynamic thermal behavior of hollow bricks with different cavity concentration, International Journal of Thermal Sciences, vol. 50, pp. 1543-1553, 2011.
- [6] GOSSARD, D. ve LARTIGUE, B., Three-dimensional conjugate heat transfer in partitioned enclosures: Determination of geometrical and thermal properties by an inverse method, Applied Thermal Engineering, vol. 54, pp. 549-558, 2013.
- [7] TALEP, A. T., ABDELBAKÍ, A. ve ZRÍKEM, Z., Simulation of coupled heat transfers in a hollow tile with two vertical and three horizontal uniform rectangular cavities heated from below or above, Energy and Buildings, vol. 84, pp. 628-632, 2014.
- [8] ALÍ, H. M. ve ARSHAD, A., Experimental investigation of n-eicosane based circular pin-fin heat sinks for passive cooling of electronic devices, International Journal of Heat and Mass Transfer, vol. 112, pp. 649-661, 2017.
- [9] PEETERS, L., MORRISON, L. B., GRIFFITH, B. ve NOVOSELAK, A., Internal convection coefficients for building simulation, Proceeding of Building Simulation 2011, Sydney, 14-16 November

ÖZGEÇMİŞ

Mehmet Emin ARICI

1959 Of/Trabzon doğumludur. 1982 yılında KTÜ Makina-Elektrik Fakültesi Makina Bölümünü bitirdi. 1984 yılında KTÜ'de araştırma görevlisi olarak göreve başladı. 1985'te KTÜ'de yüksek lisansını, 1993'te ABD'de Texas Tech University'de doktorasını tamamladı. KTÜ Makina Mühendisliği Bölümü Termodinamik Anabilim Dalı'nda profesör olarak görev yapmaktadır.



Furkan Erman KAN

1988 yılı Bakırköy/İstanbul doğumludur. 2011 yılında Atatürk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümünü bitirdi. Özel bir kuruluştaki makina mühendisi olarak çalıştı. 2016 yılında KTÜ’de yüksek lisansını tamamladı. KTÜ’de doktorasını sürdürmekte olup araştırma görevlisi olarak çalışmaktadır.

Mohamad ALHABACH

1995 Riyad, Suudi Arabistan doğumludur. Seqilia’da lisesinde öğrenim gördü. KTÜ Makina Mühendisliği Bölümü’nden 2018 yılında mezun oldu. KTÜ’de eğitim alırken Avrupa Komisyonundan burs alarak Avrupa’da eğitim gördü.

Mostafa ABDELMAKSOD

1994 İskenderiye, Mısır doğumludur. KTÜ Makina Mühendisliği Bölümü’nden 2018 yılında mezun oldu.