

Makale

Koray KARABULUT
Ertan BUYRUK
Ahmet FERTELLİ

Abstract:

In this study, heat transfer structures were investigated numerically for thermal bridges formed by beams on both balcony extension floors in different ways insulated from interior and normal story floors with externally insulated at reinforced concrete structure systems. Temperature and heat flux contours were obtained for all models with 5 cm insulation thickness in the case of different inside environment temperatures for top storey 20 °C and for bottom storey 14 °C. Calculations were carried out by Fluent computer software program. Results showed that high heat transfer rates were obtained in the region of thermal bridges for all building models. However, according to insulated case from external and top storey beam surface, heat transfer rate was obtained to be high about 85 % on the beam outside surface for normal story floor with non-insulated. The most appropriate insulation model was also beam surface insulation case in addition to wall insulation and so it was obviously determined that effect of thermal bridge decreased.

Key Words:

Thermal Bridge, Insulation, Fluent, Numerical Heat Transfer

Katlar Arası Farklı İç Ortam Sıcaklığına Bağlı Olarak Isı Köprülerindeki Isı Transferinin Sayısal Olarak İncelenmesi

ÖZET

Bu çalışmada, betonarme taşıyıcı sistemlerdeki kirişlerin oluşturduğu ısı köprülerinin ısı transferi yapıları için farklı şekillerde yalıtımlı balkon uzantılı ve dıştan yalıtımlı ara kat döşemeleri için sayısal olarak incelenmiştir. Bütün modeller için sıcaklık ve ısı akısı konturları, 5 cm yalıtım kalınlığında üst kat için 20 °C ve alt kat için 14 °C iç ortam sıcaklığı durumunda elde edilmiştir. Hesaplamalar Fluent paket programı kullanılarak yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar, bütün yapı modellerinde en fazla ısı transferi miktarının, kiriş bölgesinde olduğunu göstermiştir. Bununla birlikte; yalıtımsız ara kat kirişli ısı köprüsünün kiriş dış yüzeyinde, dıştan ve üst kat kiriş yüzeyi yalıtımlı duruma göre ısı transferi miktarının yaklaşık %85 daha fazla olduğu belirlenmiştir. En uygun yalıtım modelinin duvar yalıtımına ek olarak kiriş yüzeyinin de yalıtıldığı durum olduğu ve böylece ısı köprüsü etkisinin azaldığı sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Isı Köprüsü, Isı Yalıtımı, Fluent, Sayısal Isı Transferi

1. GİRİŞ

Isı köprüleri, binanın ısı direncinin önemli bir şekilde değiştiği (örneğin: çatı, zemin ve tavanların duvarlarla birleşimleri veya köşe, pencere veya kapı açıklıkları gibi diğer yapı detayları) ve bunun sonucunda çok boyutlu ısı akımının meydana geldiği bölgelerdir [1]. Bu bölgeler, bina yapı kabuğunda kış aylarında ısı kaybını ve yaz aylarında ısı kazancını artırması ile önemli bir etkiye sahiptir. Yapılan farklı çalışmalar, ısı köprülerinin duvar ve çatı birleşimlerinin ısı dirençlerini önemli miktarda azalttıklarını göstermiştir. Deney çalışmalarından elde edilen bilgilere dayanarak, bir boyutlu ısı akısı varsayımları belirli bir bina için toplam ısı kayıp katsayısının %10-40 oranında daha az bulunmasına sebep olmaktadır [2].

Isı köprülerinin ısı direnci hakkında birçok araştırma yapılmıştır. Daha önce yapılan çalışmalardan bir tanesinde, bir boyutlu analizleri kullanarak hesaplanan değerlerle, ölçülen değerler arasındaki farkı

ve iç yüzey sıcaklığı üzerinde yalıtım tabakasının boyut ve konumunun etkisini incelemişlerdir [3]. Salgon ve Neveu [4], iki boyutlu ısı iletiminin modellemesini gerçekleştirmişler ve modellemeye binadaki tüm ısı köprülerini dahil edebilmişlerdir. Larbi [5], tarafından iki boyutlu ısı köprülerinin ısı iletiminin istatistiksel modelleri incelenmiştir. Ayrıca ısı köprülerinin ek ısı kayıpları için üç boyutlu ısı transferi modeli geliştirilmiştir. Duvardan olan kayıplar için, bu teknikle geleneksel bir boyutlu modelin birleştirilmesi sonucunda büyük miktardaki zaman simülasyonlarını azaltmasıyla uygulanabilir olduğu görülmüştür [6]. Guefeng ve Johannesson [7], çalışmalarında ısı köprülerinin dinamik analizini frekans tepki metodunu (frequency response method) kullanarak geliştirmişlerdir. Bu amaçla geliştirilen bir bilgisayar programı ile metal iskelet içindeki hafif duvarlar, ağır duvar-ara kat döşemesi birleşim bölgesi ve zemine temas eden temel duvarlarından oluşan ısı köprülerinin sıcaklık ve ısı akısı değişimlerini incelemişlerdir. Benzer olarak, binaların enerji performansı üzerinde ısı köprülerinin etkisinin değerlendirilmesi için ısı köprüsünü bilgisayar ortamında modelleyerek incelemişlerdir. Modelleme sonuçlarını, ısı yasalarından elde edilen modellerle kıyaslamışlardır. Böylece standart duvar modellerinde, binaların ısı kayıplarının değerlendirilmesi bakımından %5'lik ilave bir hassasiyet sağlamışlardır [8]. Kosny ve Kossecka [9], ısı köprülerindeki 3 boyutlu ısı iletiminin ve ısı kütlesi oluşturan elemanların dikkate alınmaması halinde tüm binanın ısı performansının değerlendirilmesinde ciddi hatalar meydana geldiğini vurgulamışlardır. Değerlendirmelerinde deney sonuçlarından, bir boyutlu ve çok boyutlu ısı analizlerin yapılabildiği program çıktılarından yararlanmışlardır. Dechao [10], Shwarz'ın alternatif metodunu kullanarak köşelerdeki sıcaklık dağılımını çıkarmıştır. Analitik ve nümerik sonuçlar arasında karşılaştırma yaparak iki metod arasındaki farklılıkları belirlemiştir. Elde ettiği genel sonuçta göre, mühendislik tasarımlarında kullanılabilecek parametrik analizler yapmıştır.

Karabulut, ısı köprüleri hakkında bilgi vererek girişlerden oluşan ısı köprüleri üzerinde farklı geometri-

lerin, ortam sıcaklığının ve yalıtım kalınlığının sıcaklık dağılımına olan etkisini incelemiş ve iç ve dış yüzey sıcaklık ve ısı akılarının değişimlerini kıyaslamıştır [11]. Yapılan diğer çalışmalarda, yalıtımın konumunun ve kalınlığının değiştirilmesinin iki boyutlu ısı köprülerinde ısı kaybı üzerindeki etkilerini araştırmışlardır [12]. Dıştan ve sandviç yalıtımlı balkon uzantılarının ve içten yalıtımlı ara kat döşemeleri için girişlerden oluşan ısı köprülerinin binanın ısı performansı üzerindeki etkisini sayısal olarak incelemişlerdir [13]. İçten ve sandviç yalıtımlı ara kat döşemeli ve dıştan ve içten farklı şekillerde yalıtımlı balkon uzantılı ısı köprülerinin yapıdan olan ısı kayıpları üzerindeki etkisini sayısal olarak incelemişler ve ara kat döşemeli ısı köprüsü için duvar yalıtımına ek olarak giriş önünün de yalıtıldığı durumda ısı transferi miktarında %89' luk azalma sağlamışlardır [14]. Farklı bir çalışmada, sandviç yalıtımlı ara kat döşemeleri ile içten farklı şekillerde yalıtımlı balkon uzantılı ara kat girişli döşemelerin oluşturduğu ısı köprüleri için farklı dış ortam sıcaklıklarında binanın ısı kaybı ve kazancı üzerinde yalıtımın etkisi incelenmiştir [15]. Ayrıca, Grinzato ve arkadaşları [16] binalarda ısı köprülerinin değerlendirilmesi, kusurlu bölgelerin belirlenmesi, hava kaçaklarının tespiti ve rutubet içeriğinin haritasının çıkarılması amacıyla termal kameranın kullanılması ve niteliksel değerlendirme yapılabilmesi için geliştirilen metotları ve çalışmaları aktarmışlardır.

Son yıllarda ısınma amacıyla kombi kullanımının yaygınlaşmasıyla birlikte konfor şartlarının da kişiden kişiye göre değişmesi, katları ayıran döşemelerden oluşan ısı köprülerinin yalıtımına da önem verilmesini gerektirmektedir. Böylece hem dış ortama hem de katlar arasında olacak ısı kayıpları azaltılacak ve dengeli oda sıcaklıkları elde edilerek konforlu ve sağlıklı mekanlar oluşturulabilecektir.

Bu çalışmada, yalıtımın ve ısı köprülerinin önemi vurgulanmış ve farklı geometrilerde ısı köprüsü etkisinin görüldüğü bölgeler 5 cm yalıtım kalınlığı için Fluent paket programı kullanılarak hesaplanmıştır. Sıcaklık konturları, ısı akısı, bölgesel sıcaklıklar, dış ve iç ısı akısı ve sıcaklık değişimleri dıştan yalıtımlı

Makale

ara kat kirişli ve içten farklı şekillerde yalıtımlı balkon uzantılı ara kat kirişlerinden oluşan ısı köprüleri için hesaplanmıştır.

2. Model ve Sayısal Yöntem

Analizlerde genellikle binalarda bulunan başlıca iki tip ısı köprüsü modeli kullanılmıştır: ara kat ve balkon uzantılı kirişli ısı köprüsü modeli (Şekil 1a ve Şekil 1b). Ara kat kirişli ısı köprüsü için ısı yalıtım malzemesi, dıştan ve üst kat kiriş yüzeyi yalıtım yapılarak uygulanırken, balkon uzantılı için ise içten olmak üzere duvar ve kiriş yüzeyine farklı şekillerde yalıtım yapılarak uygulanmıştır. Bununla birlikte, bütün modellerde kullanılan yalıtım kalınlığı 5 cm'dir.

Tüm analizler için kullanılan yapı malzemelerinin kalınlıkları ve ısı iletim katsayıları Tablo 1'de gösterilmiştir ve modellerdeki yalıtımlı duvar şekilleri yapılaraya uygulanabilme özelliği taşımaktadır. Isı köprüsü analizlerini çözmek için sonlu hacim yöntemi (FLUENT programı) kullanılmıştır. Sonlu hacim yöntemi, sonucu bulmak için geometriyi çözümlenecek parçalara bölmek ve sonra problemin genel bir sonucunu bulmak için bu sonuçları birleştirmek esasına dayanır. Bu yöntem, ısı akışı denklemlerini sayısal olarak çözülebilen cebirsel denklemlere dönüştürmek için kontrol hacmi esaslı bir teknik kullanır. Diğer bir ifadeyle bu yöntem her bir kontrol hacmi için ısı akışı denklemlerinin integrasyonunu almayı esas alır. Bu integrasyon sonucu, her bir kontrol hac-

mini temsil eden denklemlerin çözülmesini sağlar. Model simülasyonları için toplamda 8000 ile 9000 arasında elemandan oluşan dikdörtgenel ağ yapısı kullanılmıştır (Şekil 1c).

Bu çalışma şu belirtilen kabuller altında yapılmıştır: (i) ısı üretimi yok (ii) sabit ısıl özellikler (iii) tabakalar arasında ısıl temasın tam olduğu (iv) dış ve iç yüzeyde sabit ısı taşınım katsayısı. Sınır şartları ise aşağıdaki şekilde verilmiştir.

a) İç taban yüzey ($y=L_1$):

$$h_i(T_{y=L_1} - T_i) = k_n \frac{\partial T}{\partial y} \Big|_{y=L_1} \quad (1)$$

b) İç duvar yüzey ($x=L_2$):

$$h_i(T_{x=L_2} - T_i) = k_n \frac{\partial T}{\partial x} \Big|_{x=L_2} \quad (2)$$

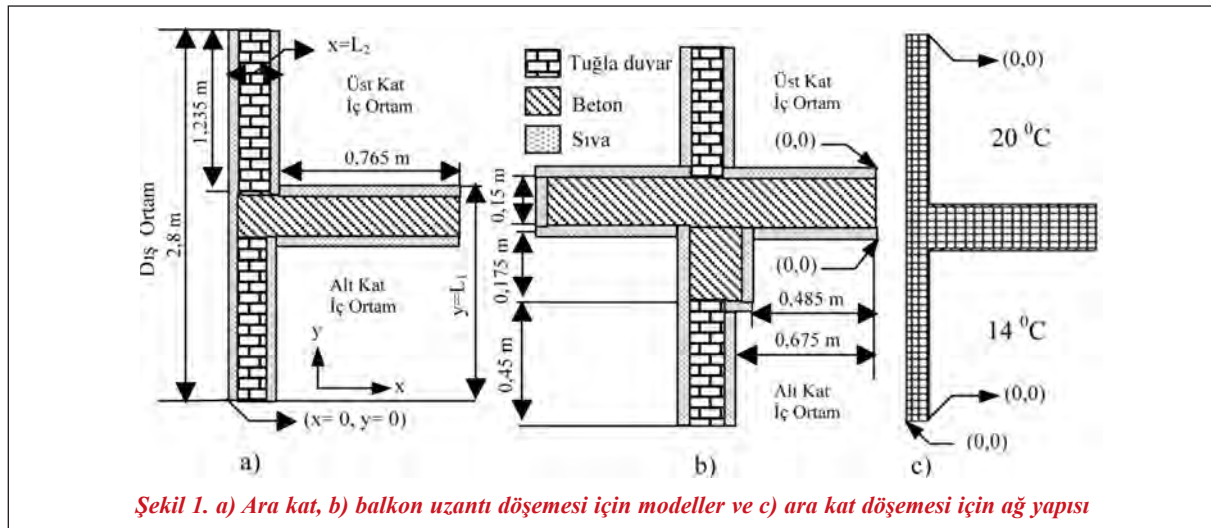
h_i , iç ortam ısı taşınım katsayısı, T_i iç ortam sıcaklığıdır.

c) Dış yüzey ($x=0$):

$$k_f \frac{\partial T}{\partial x} \Big|_{x=0} = h_o(T_o - T_{x=0}) \quad (3)$$

h_o , dış ortam ısı taşınım katsayısı, T_o ise dış ortam sıcaklığıdır.

Bütün analizlerde, dış ortam sıcaklığı ve ısı taşınım katsayısı sırasıyla -20°C ve $25 \text{ W/m}^2\text{K}$, üst ve alt kat



iç ortam sıcaklıkları ve ısı taşınım katsayısı ise sırasıyla 20 °C, 14 °C ve 8 W/m²K olarak alınmıştır [17].

Tablo 1. Yapı malzemelerinin özellikleri [18]A, B, C, D,

Yapı malzemesi	Isı İletim Katsayısı (W/mK)	Kalınlık (m)
Beton	2,1	0,3
Isı yalıtım malzemesi	0,026	0,05
Tuğla duvar	0,45	0,085
İç sıva	0,87	0,015
Dış sıva	1,4	0,025

E, F ve G analizi yapılmış modellerin kısaltılmış isimleridir ve;

- A- yalıtımsız,
- B- dıştan yalıtımlı,
- C- dıştan ve üst kat kiriş yüzeyi içten yalıtımlı ara kat kirişli ısı köprüsünü,
- D- yalıtımsız,
- E- üst kat duvar yüzeyi ve alt kat kiriş yüzeyi içten yalıtımlı,
- F- yalnızca alt kat kiriş yüzeyi içten yalıtımlı,
- G- üst kat kiriş ve duvar yüzeyi içten yalıtımlı balkon uzantılı ara kat kirişli ısı köprüsünü temsil etmektedir.

3. Sayısal Sonuçlar

Üç farklı düzlem duvarın dış yüzeyleri için elde edilen bir boyutlu analitik sonuçlarla (yalıtımsız, dıştan yalıtımlı, sandviç yalıtımlı), Fluent programından elde edilen iki boyutlu ısı iletim denkleminin çözülmesi ile bulunan sayısal sonuçlar, kıyaslama yapmak amacıyla karşılaştırılmıştır. Şekil 2’de de görüldüğü gibi analitik ve nümerik sonuçların oldukça yakın ve paralel olduğu görülmüştür.

Her bir yapı modeli için sıcaklık dağılımı konturları ve ısı akısı vektörleri gösterilmektedir. Buna ilaveten farklı yapı modellerinde, yapının dış ve iç yüzeylerindeki sıcaklık ve ısı akısı değişimleri grafiksel olarak verilmektedir. Ara kat kirişli ısı köprüsü modellerinde, dış yüzeyle ilgili grafiklerde başlangıç noktası (0,0), düşey eksen boyunca aşağıdan başlamakta

ve uzaklık “y” eksenini boyunca yukarı doğru artmaktadır. İç yüzeyle ilgili grafiklerde ise alt kat için başlangıç noktası, duvarın iç yüzeyinden başlamakta ve “y” ekseninde yukarı ve “x” ekseninde sağa doğru artmakta iken; üst kat iç yüzeyle ilgili grafiklerde ise üst katın duvar iç yüzeyinden başlamakta ve “y” ekseninde aşağı doğru ve “x” ekseninde sağa doğru artmaktadır. Balkon uzantılı ara kat kirişli ısı köprüsü modellerinde, üst kat iç yüzeyle ilgili grafiklerde sıfır noktası üst katın kiriş iç yüzeyinden başlamakta ve uzaklık “x” eksenini boyunca sola doğru, “y” eksenini boyunca yukarı doğru artmaktadır. Alt kat iç yüzey için başlangıç noktasına bakıldığında ise alt katın kiriş iç yüzeyinden başlamakta ve uzaklık “x” eksenini boyunca sola doğru, “y” eksenini boyunca aşağı doğru artmaktadır. Grafiklerde, iç ve dış yüzeyde ölçüm alınan noktalar yalıtımsız yapı modeli üzerine eklenmiş ve grafik üzerinde okla gösterilmiştir.

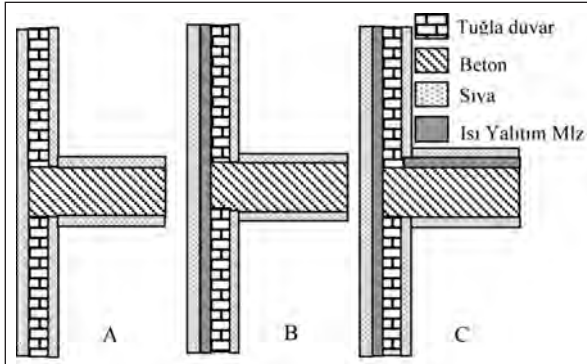


İncelenen bütün modellerde yalıtım kalınlığı 5 cm olarak seçilmiştir. Ara kat kirişli ısı köprüsünde, yalıtımın dıştan ve üst kat kiriş yüzeyine uygulanması durumunda; balkon uzantılı ara kat kirişli ısı köprüsünde ise yalıtımın içten uygulanması durumunda yalıtımın yerleri değiştirilerek elde edilen farklı geometrilerden oluşan ısı köprüsü modellerinde sıcaklık dağılımları elde edilmiştir. Dış yüzeyde, üst ve alt kat iç yüzeyde katlar arası farklı iç ortam sıcaklığına bağlı olarak sıcaklık ve ısı akısı değişimleri grafiksel olarak incelenmiştir.

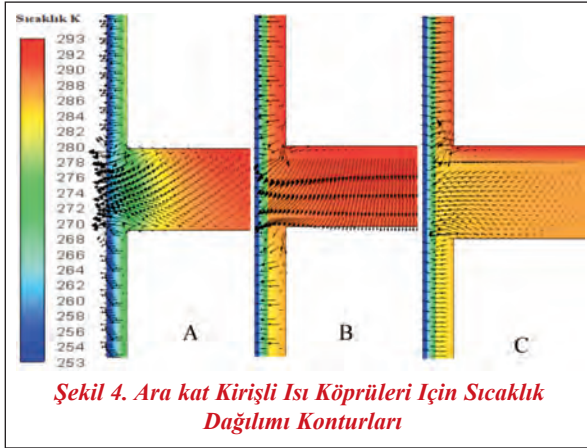
Şekil 3’de dıştan yalıtımlı ara kat kirişli ısı köprüsü için yapı modelleri gösterilmektedir. Şekil 4’de ise

Makale

dıştan yalıtımlı ara kat kirişli ısı köprüsü modellerindeki sıcaklık dağılımı konturları ve ısı akısı vektörleri gösterilmektedir. Yalıtımsız durumda (A) özellikle kiriş bölgesinde ısı akısı vektörlerinin yoğunluk ve şiddetinin oldukça fazla olduğu gözlenmektedir. Bununla birlikte, dıştan yalıtımın uygulanmasıyla (B) dış ortama olan ısı kayıpları azalmakta iken ısı akısı vektörlerinin yoğunluğuna bakıldığında ortam sıcaklığının daha yüksek olduğu üst kattan, daha az olduğu alt kata doğru artış olduğu görülmektedir. Fakat yalıtımın üst kat kiriş yüzeyine de yapılmasıyla (C), bu durum önlenmekte ve üst katın kiriş yüzey sıcaklığında artış sağlanmaktadır.



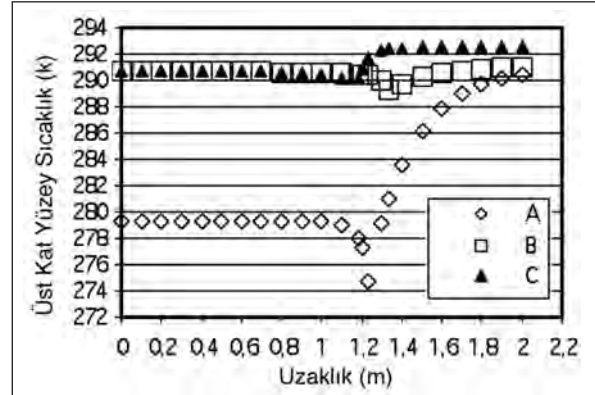
Şekil 3. Ara Kat Kirişli Isı Köprüleri İçin Yapı Modelleri



Şekil 4. Ara Kat Kirişli Isı Köprüleri İçin Sıcaklık Dağılımı Konturları

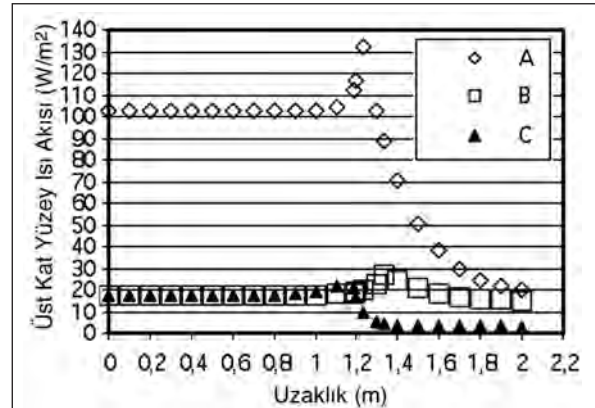
Şekil 5'de farklı iç ortam sıcaklıklarındaki ısı köprüleri için üst kat iç yüzey sıcaklık değişimleri gösterilmektedir. Duvar yüzeyinde sabit olan sıcaklık değerleri, C durumunda yalıtımın etkisiyle 292 K değerini aşmaktadır. B durumunda ise üst kat iç yüzey sıcaklığı köşe noktasından sonra iç ortama doğru azalmaktadır. 274,7 K ile A durumunda köşe noktasında en düşük değerini alan yüzey sıcaklığı, iç

ortama doğru artış gösterse de B ve C durumlarına göre daha az olduğu görülmektedir.



Şekil 5. Ara kat kirişli ısı köprüleri için üst kat yüzey sıcaklık değişimi

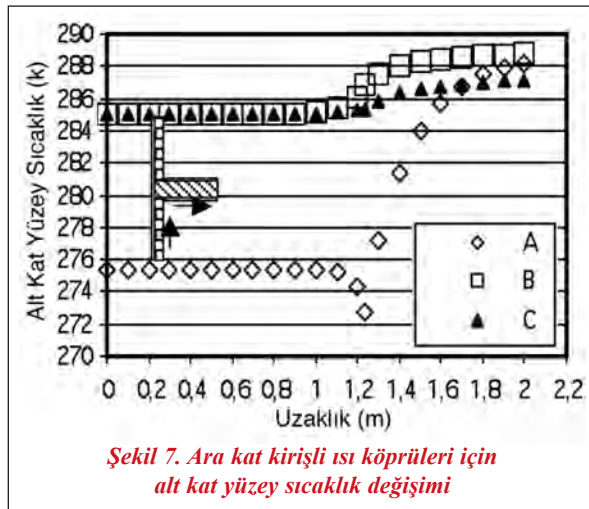
Şekil 6'da A, B ve C durumları için üst kat iç yüzey ısı akısı değişimleri grafiksel olarak gösterilmektedir. A durumuyla karşılaştırıldığında, B ve C durumlarında duvar yüzeyi ısı akısı değerinde yaklaşık %83'lük bir azalma olduğu görülmektedir. B durumunda ise köşe noktasından sonra kiriş yoluyla hem alt kata hem de duvarlara olan ısı kayıpları nedeniyle ısı akısı değerinde küçük bir artış olduğu görülmektedir. Daha sonra ısı akısındaki bu artış, iç ortama doğru azalmaktadır. Grafiğe bakıldığında, en düşük ısı akısı değerine ise C durumunda ulaşılmaktadır.



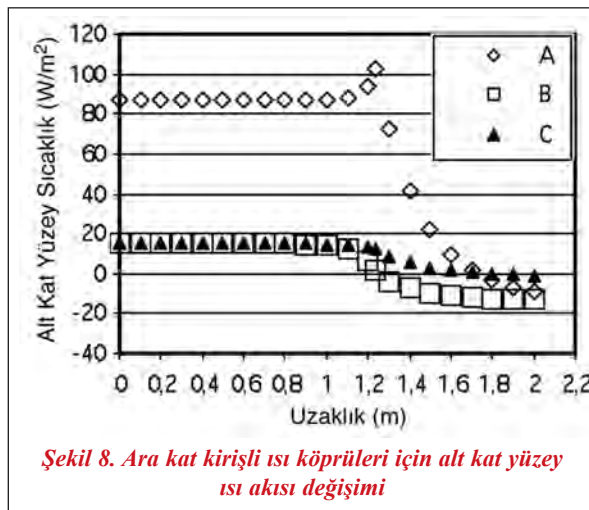
Şekil 6. Ara kat kirişli ısı köprüleri için üst kat yüzey ısı akısı değişimi

Şekil 7'de A, B ve C durumları için alt kat iç yüzey sıcaklık değişimleri görülmektedir. A durumunda duvar yüzey sıcaklığı 275,3 K iken B ve C durumlara

rında 285 K değerine çıkmaktadır. Yalıtımsız durumda iç yüzeyde köşe noktasına doğru gidildiğinde sıcaklık azalmakta iken B ve C durumlarında artmaktadır. Çünkü dıştan yalıtım hem kirişte ısı depolanmasını sağlamakta hem de ısı köprüsü etkisini azaltmaktadır. Bunun yanı sıra B durumunda üst kattan alt kata olan ısı kayıpları, C durumuna göre alt kat kiriş yüzey sıcaklığının daha fazla olmasını sağlamaktadır.

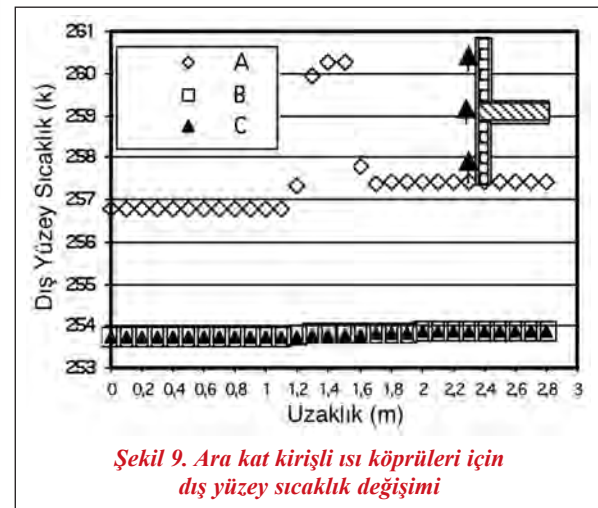


Alt kat kiriş iç yüzeyi ısı akısı değerleri analiz edildiğinde, Şekil 8'de görüldüğü gibi yalıtımsız durumda kiriş yüzeyinde iç ortama doğru ilerlendiğinde ısı akısı değeri azalmakta iken köşe noktasında 102,7 W/m² ile en yüksek değerine çıkmaktadır. B ve C durumlarının kiriş yüzeyi ısı akısı değerleri karşılaştırıldığında, B durumunun ısı akısı değeri üst kat iç



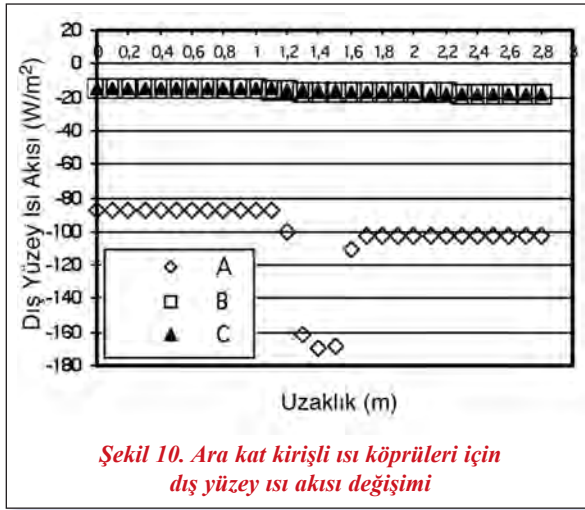
ortamından kazanılan ısıyla artmasına rağmen C durumunda iç ortama doğru gidildiğinde ısı kaybı azalmakta ve üst kat kiriş yüzeyine uygulanan yalıtımla da yüzeyin ısı kazancı (üst kat kiriş yüzeyi için ısı kaybı) azaltılmaktadır.

Şekil 9'da katlar arası farklı iç ortam sıcaklığına sahip A, B ve C ısı köprüsü modelleri için dış yüzey sıcaklık değişimleri görülmektedir. Yalıtımsız durumda kirişin orta kısmında yüzey sıcaklık değeri 257,3 K iken kirişin üst kısmına doğru çıkıldığında 260,2 K'ye yükselmektedir. Bununla birlikte üst ve alt kat dış duvar yüzey sıcaklıkları arasında 0,7 K fark bulunmaktadır. Grafikten de görüldüğü gibi B ve C durumlarının yüzey sıcaklıkları birbirine oldukça yakındır. Böylece, ısı köprülerinden kaynaklanan sıcaklık değişimleri ve ısıl gerilimlerin etkisinin oldukça azaltıldığı söylenebilmektedir.



Şekil 10'da dıştan yalıtımlı ara kat kirişli ısı köprüsü için dış yüzey ısı akısı değişimleri görülmektedir. Dış yüzeyde yukarı doğru çıkıldığında yalıtımsız durumda ısı akısı değeri kiriş bölgesinde 169,2 W/m² ile en yüksek değerine ulaşırken, duvar yüzeyinde 103 W/m²'ye düşmektedir. C durumunda kiriş yüzeyine iç taraftan yapılan yalıtım dış ortama olan ısı kayıplarının azalmasını sağlamaktadır. Bu nedenle, B durumundaki kiriş yüzeyi ısı akısı değeri, C durumunda elde edilen değerden biraz daha yüksektir.

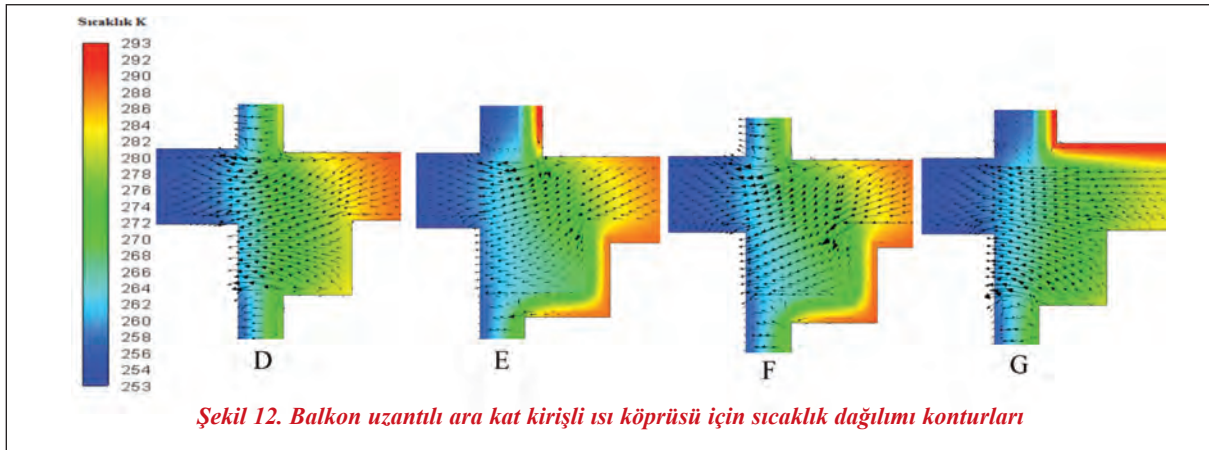
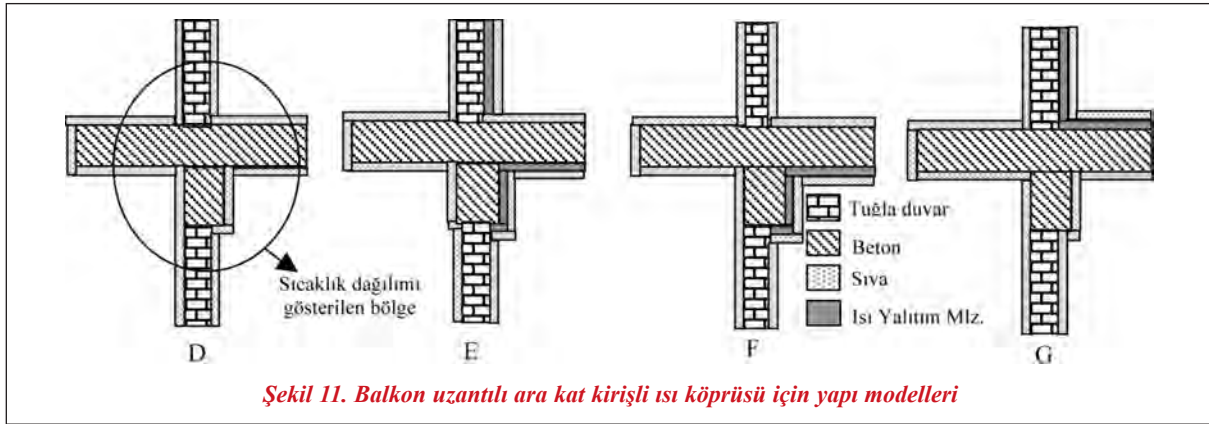
Makale



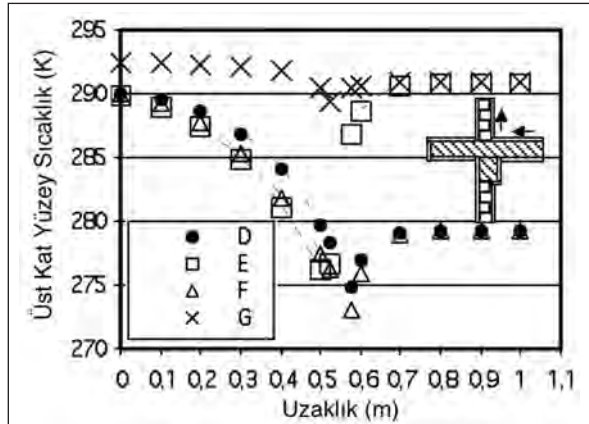
Şekil 11’de balkon uzantılı ara kat kirişli ısı köprüleri için yapı modelleri gösterilmekte iken, Şekil 12’de ise bunlara ait katlar arası farklı iç ortam sıcaklığında sıcaklık dağılımı konturları ve ısı akısı vektörleri gösterilmektedir. D durumunda duvar bölgesiyle karşılaştırıldığında kiriş bölgesinde ısı akısı vektörlerinin yoğunluğunun daha fazla olduğu görülmekte-

dir. Bu durum beton yapı malzemesinden oluşan kiriş kısmının ısı iletim katsayısı değerinin tuğla duvar malzemesinden yaklaşık 4 kat daha fazla olmasından kaynaklanmaktadır. E durumunda görüldüğü gibi üst kat kiriş yüzeyinden olan ısı kayıpları yüzey sıcaklığının azalmasına neden olmaktadır. F durumunda ise alt kat kiriş yüzeyi için ısı akısı vektörlerinin yoğunluğu azalmasına rağmen yalıtım olmadığı üst kat kiriş ve duvar yüzeyleri boyunca ısı kayıpları devam etmektedir ve bu nedenle sıcaklık azalmaktadır. G durumu için sıcaklık konturuna bakıldığında, uygulanan yalıtımın üst katın yüzey sıcaklığını artırıcı etkisi görülebilmektedir.

Şekil 13’de katlar arası farklı iç ortam sıcaklıklarında balkon uzantılı ara kat kirişli ısı köprüleri için üst kat iç yüzeydeki sıcaklık değişimleri görülmektedir. Üst kat kiriş ve duvar yüzeyi için en yüksek sıcaklık değerlerine G durumunda ulaşılmaktadır. Alt kat kiriş iç yüzeyine uygulanan yalıtım, kiriş kesit sıcaklığını azaltıcı etkisi ile üst kat iç ortamı ile kiriş kesi-

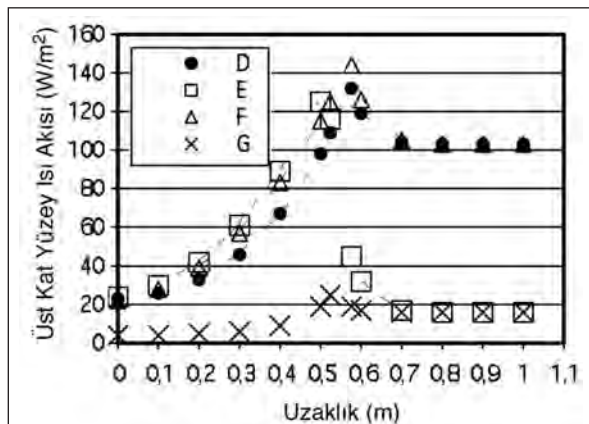


ti arasındaki sıcaklık farkının artmasına neden olmakta ve böylece yalıtımsız üst kat yüzeyinden olan ısı kayıpları artmaktadır. Bu nedenle, D durumuyla karşılaştırıldığında E ve F durumları için üst kat kiriş yüzey sıcaklık değerleri daha düşüktür. Bununla birlikte, duvar ve kirişin birleşim yeri olan köşe noktasında kiriş yüzeyine benzer olarak D durumundaki sıcaklık değeri F durumundan daha fazladır. Köşe noktası sıcaklık değerleri arasında 1,8 K'lık fark bulunmaktadır.



Şekil 13. Balkon uzantılı ara kat kirişli ısı köprüsü için üst kat iç yüzey sıcaklık değişimi

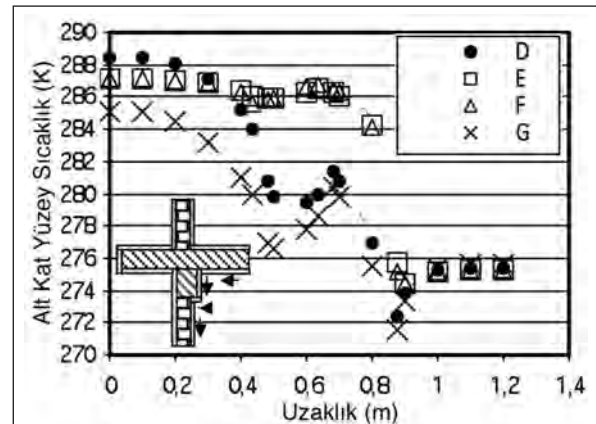
Şekil 14'de balkon uzantılı ara kat kirişli ısı köprüleri için üst kat iç yüzeyindeki ısı akısı değişimleri gösterilmektedir. D durumuyla karşılaştırıldığında G durumunda kiriş bölgesi ısı akısı değeri yaklaşık %82 oranında azalmaktadır. Grafikte E ve F durumlarında, kiriş yüzeyi ısı akısı değerlerinin birbirine



Şekil 14. Balkon uzantılı ara kat kirişli ısı köprüsü için üst kat iç yüzey ısı akısı değişimi

yakın olduğu görülmektedir. Bununla birlikte, en düşük duvar yüzeyi ısı akısı değerlerine duvar yüzeyleri yalıtımlı olan E ve G durumlarında ulaşılmaktadır.

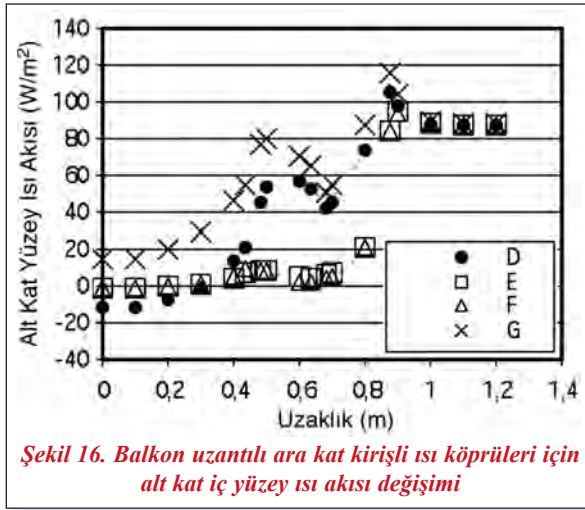
Şekil 15'de görüldüğü gibi balkon uzantılı ara kat kirişli ısı köprüleri için alt kat iç yüzey sıcaklık değişimleri incelendiğinde, D durumunda dış ortama doğru ilerlendiğinde sıcaklık azalmakta ve köşe noktasında 280,78 K'e düşmektedir ve sonra iç ortama doğru olan köşe noktasında ise 281,36 K'e çıkmaktadır. Yüzey boyunca ilerlendiğinde dış ortama doğru olan diğer köşe noktasında, 272,38 K'e düşen sıcaklık değeri duvar yüzeyinde tekrar artışa geçerek 275,36 K olmaktadır. E ve F durumları için alt kat yüzey sıcaklık değerleri birbirine çok yakın ve G durumundan fazla olduğu görülmektedir. Bunun yanı sıra, yalıtımlı üst kat yüzeyi nedeniyle, alt kat yüzeyi için en düşük sıcaklık değerine G durumunda ulaşılmaktadır.



Şekil 15. Balkon uzantılı ara kat kirişli ısı köprüsü için alt kat iç yüzey sıcaklık değişimi

Şekil 16'da balkon uzantılı ara kat kirişli ısı köprüleri için alt kat iç yüzeydeki ısı akısı değişimleri görülmektedir. D durumunda iç ortama doğru gidildiğinde kiriş yüzeyine üst kattan ısı iletimi olurken, E ve F durumlarında uygulanan yalıtımla ortam sıcaklığı daha fazla olan üst kattan kazanılan ısı akısı oldukça azalmaktadır. E ve F durumlarının kiriş yüzeyi ısı akısı değerleri, G durumuyla karşılaştırıldığında ortalama %80 oranında azalmaktadır.

Makale



Şekil 16. Balkon uzantılı ara kat kirişli ısı köprüleri için alt kat iç yüzey ısı akısı değişimi

4. Sonuçlar

Bu çalışmada, 5 cm yalıtım kalınlığı kullanılarak ara kat kirişli ısı köprüsü modellerinde dıştan, balkon uzantılı ara kat kirişlerinin oluşturduğu ısı köprüsü modellerinde ise içten farklı şekillerde yalıtım uygulanması durumunda oluşan ısı transferi miktarı Fluent paket programı kullanılarak hesaplanmıştır. Üst kat, alt kat iç ve dış yüzeyler için sıcaklık ve ısı akısı değişimleri her iki ısı köprüsü modeli için hesaplanmıştır.

Ara kat kirişli ısı köprülerinde, dıştan yalıtımlı B durumunda üst kattan alt kat kiriş yüzeyine olan ısı transferiyle alt kat köşe noktası ısı akısı değerinin, A durumuyla karşılaştırıldığında %98 oranında azaldığı görülmektedir. Bu durum, üst kat kiriş yüzey sıcaklığının azalmasına neden olmaktadır. C durumunda uygulanan yalıtımla üst kat kiriş yüzeyinden olan ısı kayıpları azaltılarak, yüzey sıcaklığının artması sağlanmıştır. Yalıtımsız ara kat kirişli ısı köprüsünün kiriş dış yüzeyinde, C durumuna göre ısı transferi miktarının yaklaşık %85 daha fazla olduğu görülmektedir. Bununla birlikte, dıştan yalıtımla yapıda homojen bir sıcaklık dağılımı sağlanmaktadır.

İçten farklı şekillerde yalıtımlı balkon uzantılı döşemelerde, G durumunda üst kat kiriş yüzey sıcaklığının D durumuna göre ortalama 6 K daha fazla olduğu belirlenmiştir. E ve G durumlarındaki yalıtımlı duvar yüzeyiyle, D ve F durumundaki yalıtımsız duvar yüzeyi kıyaslandığında sıcaklık farkı 11 K'e

çıkılmaktadır. Bununla birlikte, alt kat yüzey sıcaklığının G durumunda en düşük değerine ulaştığı görülmektedir.

Elde edilen sonuçlardan görüldüğü üzere, tam bir enerji tasarrufu sağlanabilmesi için yalıtımın hem duvara hem de beton malzemeden oluşan kirişlere dıştan uygulanması gerekmektedir. Ayrıca katlar arası iç ortamlarda olabilecek sıcaklık farklılığı nedeniyle, içten kiriş yüzeyine de uygulanan yalıtımın ısı transferini azaltmada önemli bir etkisinin olduğu görülmektedir. Böylece ısı kayıpları azaltılarak homojen sıcaklık dağılımlı mekanlar elde edilebilecektir.

5. Semboller

- h : ısı taşınım katsayısı (W/m^2K)
- k : ısı iletim katsayısı (W/mK)
- T : sıcaklık (K)
- x : duvar kalınlığı boyunca koordinat eksen (m)
- y : duvar yüksekliği boyunca koordinat eksen (m)
- L_1 : duvar yüksekliği (m)
- L_2 : duvar kalınlığı (m)

İndisler

- i : iç
- o : dış
- n : iç duvar tabakası
- l : dış duvar tabakası

6. Kaynaklar

- [1] EN ISO 10211-1, Thermal Bridges in Building Construction, Heat Flows and Surface Temperatures, Bölüm 1: General Calculation Methods, 1995.
- [2] CSTB, Reglementation Thermique, Bölüm 2, 3-5, Paris, 2000.
- [3] Dilmaç, S., Güner, A., Şenkal, F., Kartal, S., Simple Method for Calculation of Heat Loss Through Floor/Beam-Wall Intersections According to ISO 9164, Energy Conversion & Management, Cilt 48, No 3, 826-835, 2007.
- [4] Salgon, J.J., Neveu, A., Application of Modal Analysis to Modelling of Thermal Bridges, Energy and Buildings, Cilt 10, No 2, 109-120, 1987.

- [5] Larbi, A.B., Statistical Modelling of Heat Transfer for Thermal Bridges of Buildings, *Energy and Buildings*, Cilt 37, No 9, 945-51, 2005.
- [6] Gao, Y., Roux, J.J., Zhao, L.H., Jiang, Y., Dynamical Building Simulation: A Low Order Model for Thermal Bridges Losses, *Energy and Buildings*, Cilt 40, No 12, 2236-2243, 2008.
- [7] Guefeng, M., Johannesson, G., Dynamic Calculation of Thermal Bridges, *Energy and Buildings*, Cilt 26, No 3, 233-240, 1997.
- [8] Deque, F., Ollivier, F., Roux, J.J., Effect of 2D Modelling of Thermal Bridges on the Energy Performance of Buildings, *Energy and Buildings*, Cilt 33, No 6, 583-587, 2001.
- [9] Kosny, J., Kossecka, E., Multi-Dimensional Heat Transfer Through Complex Building Envelope Assemblies in Hourly Energy Simulation Program, *Energy and Buildings*, Cilt 34, No 5, 445-454, 2002.
- [10] Dechao, T., Temperature Distribution and Heat Transfer Through a Homogenous Corner, *Building and Environment*, Cilt 32, No 5, 457-463, 1997.
- [11] Karabulut, K., Yapı Elemanlarındaki Isı Kayıplarının Sayısal Olarak İncelenmesi, Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2010.
- [12] Karabulut, K., Buyruk, E., Fertelli, A., Numerical Investigation of Heat Transfer for Thermal Bridges Taking Into Consideration Location of Thermal Insulation with Different Geometries, *Strojarstvo*, Cilt 51, No 5, 431-439, 2009.
- [13] Buyruk, E., Karabulut, K., Can, A., Numerical Research of Heat Transfer for Thermal Bridges Formed By Different Geometries With Beams, 21st International Symposium on Heating, Refrigerating and Air Conditioning Conference, Interklima, Zagreb/Crotia, 8-28, 7-8 Nisan 2011.
- [14] Karabulut, K., ve Buyruk, E., Farklı Geometrilerden Oluşan Isı Köprülerinde Isı Kayıplarının Sayısal Olarak İncelenmesi, X. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, MMO Tepekule Kongre ve Sergi Merkezi, İzmir, 953-969, 13-16 Nisan 2011.
- [15] Karabulut, K., Buyruk, E., Fertelli, A., Dış Ortam Sıcaklığının Değişimine Bağlı Olarak Isı Köprülerindeki Isı Transferinin Sayısal Olarak İncelenmesi, Çukurova Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 26, No 2, 87-97, 2011.
- [16] Grinzato, E., Vavilov, V., Kauppien, T., Quantative Infrared Thermography In Buildings, *Energy and Buildings*, Cilt 29, No 1, 1-9, 1998.
- [17] Karakoç, H., Uygulamalı TS 825 ve Kalorifer Tesisatı Hesabı, İzocam Teknik Yayınları, Ankara, 2001.
- [18] Dilmaç, S., Can, A., Şenkal Sezer, F., Ara Kat Kirişli Döşemelerinde İçeriden ve Dışarıdan Yalıtım Uygulamalarının Enerji Verimliliklerinin Karşılaştırılması, *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, Cilt ISSN 1300-3399, No 80, 7-20, 2004.