

## Binaların Ara Kat Döşemelerinin Isıl Davranışı Üzerinde Farklı Isı Yalıtım Durumlarının Etkisinin Deneysel Olarak İncelenmesi

Filiz ŞENKAL SEZER<sup>1</sup>, M. Timur CİHAN<sup>2</sup>, Şükran DİLMAÇ

<sup>1</sup>Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü, Bursa

<sup>2</sup>Namık Kemal Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, Tekirdağ

Geliş Tarihi (Received) : 12.06.2013 - Kabul Tarihi (Accepted) : 13.07.2013

### Özet

Bu çalışmada ılıman iklim şartlarındaki binaların ara kat kirişli döşemelerinin ısıl davranışı üzerinde ısı yalıtımının yerinin etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla kullanım halindeki binalar üzerinde gerçekleştirilen gerçek şartlar altındaki ölçüm değerleri esas alınmıştır. Çift duvar arası yalıtımlı tuğla duvar+kiriş ve dışarıdan yalıtımlı EPS katkılı duvar+kiriş'ten oluşan kesitlerin ara kat döşemelerinin ısıl davranışı, 5 adımda kapsamlı şekilde incelenmiştir. Bu adımlar; yaklaşık bir ay süren tüm ölçüm süresi içindeki genel davranışlar, kesit sıcaklıklarının değişimi, ortam ve yüzeylerde ölçülen minimum, ortalama ve maksimum sıcaklıkların değişimi, kiriş seviyesinde iletilen ısı akısı ve sönüm oranlarıdır. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda, bu iki farklı yalıtım türüne ait duvar kesitinin ara kat kirişli döşemelerin ısıl davranışı üzerindeki etkileri karşılaştırılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Isı köprüsü, dışarıdan yalıtımlı duvar, çift duvar arası yalıtımlı duvar

## Experimental Study on The Effects of Different Insulation Conditions on The Thermal Behavior of Mezzanine Floors

### Abstract

The effect of location of thermal insulation and the type of wall material on the thermal behavior of mezzanine floor beam- slabs' element sections of buildings under temperate climate condition was experimentally investigated. Data obtained from measurements on buildings under service conditions were used. Thermal behaviors of mezzanine floor sections comprising of insulated cavity wall + beam and EPS added wall with exterior insulation + beam were studied in detail in 5 steps. These steps are general behavior of components within the total measurement time of about one month, variation of section temperatures, variation of minimum, maximum and average temperatures measured in the environment and the surfaces, heat flow through the external surface of beam and damping ratios. The results obtained are in line with, the sections of the wall two different insulation types are on thermal behavior of thermal bridges in mezzanine beam slab floors are compared.

**Key Words:** Thermal bridges, externally insulated wall, insulated cavity wall

İletişim Yazarı (Correspondence): Filiz Şenkal Sezer. e-posta (e-mail): filizss@gmail.com

ISSN : 2147- 6683

©2013 Hasan Kalyoncu Üniversitesi Güzel Sanatlar ve Mimarlık Fakültesi

## 1. GİRİŞ

Günümüzde binaların enerji verimliliğinin artırılması ve yıllık ısıtma enerjisi ihtiyaçlarının azaltılmasında ısı kayıplarının asgari düzeye indirilmesi oldukça büyük önem taşımaktadır. Yüksek ısı kayıplarının gerçekleştiği alanlar olan ısı köprülerinde ve duvarlarda gerçekleştirilen hatalı yalıtım uygulamaları, binaların yıllık ısıtma enerjisi ihtiyaçlarının artmasına, ısı kayıplarına, yoğuşmaya, ısı konforun sağlanamamasına ve enerji sarfiyatının artması nedeniyle çevre kirliliğine sebep olmaktadır. Bu çalışmanın amacı, farklı yalıtım durumlarının binanın ısı performansına olan etkisinin incelenmesi ve binalarda gerçek şartların gerektirdiği düzeyde ve ısı kayıplarını minimumda tutacak dış duvar yalıtım uygulamalarının deneysel bir çalışmayla ortaya konmasıdır.

Isı köprüleri ile ilgili uluslararası standartlar ISO 6946/2-1986, EN ISO 13789-1999 ve EN ISO 13370-1998'dir. Isı köprüleri ile ilgili büyüklüklerin hesaplanması TS EN ISO 10211-1 ve ISO 10211-2 standartlarında açıklanmaktadır. Çalışmada; ara kat kirişli döşemelerinin oluşturduğu ısı köprülerinin ısı davranışı üzerinde ısı yalıtımının yerinin etkisi, kullanım halindeki binalar üzerinde gerçekleştirilen gerçek şartlar altındaki ölçüm değerleri esas alınarak incelenmiştir. Çift duvar arası yalıtımlı tuğla duvar+kiriş ve dışarıdan yalıtımlı EPS katkılı duvar+kiriş'ten oluşan kesitlerin ara kat döşemelerinin ısı davranışı, 5 adımda kapsamlı şekilde incelenmiştir.

## 2. DENEYSEL ÇALIŞMA

Deneyler sırasında ortam ve yüzey sıcaklıkları, kiriş ve duvar birleşim bölgesinin 5 cm duvar ve 5 cm kiriş yönünde olmak üzere ölçülmüştür. Ortam sıcaklıkları iç ve dış ortamda 'Campbell Scientific, Inc.' marka ve '108-L temperature sensor' model ortam sıcaklık sensörü ile yüzey sıcaklıkları da iç ve dış yüzeyde 'Enercorp' marka ve 'TS-PL-R-100 plate temperature sensor' model yüzey sıcaklık sensörü ile ölçülmüştür. Isı akısı ise kiriş ve duvar birleşim bölgesinin, 5 cm kiriş yönünde olmak üzere, sadece iç yüzeyde Hukseflux marka ve 'HFP01 Heat Flux Plate' model ısı akısı sensörü ile ölçülmüştür. Bir dakika ara ile alınan ölçümlerin 15 dakikalık ortalamalarından oluşan veriler, Campbell Scientific, Inc. marka ve CR200 model data logger'da depolanmıştır (Dilmaç ve diğ. 2005).

### 2.1. Çift Duvar Arası Yalıtımlı Bina

Ölçümler, Edirne ilinde bir binada 19.Ocak tarihinde kaydedilmeye başlanmış ve bir ay sonra 18.Şubat tarihinde sonlandırılmıştır. Alınan ölçümlerle ilgili resimler ve duvar kesiti Şekil 1'de görülmektedir.



**Şekil 1.** Çift duvar arası yalıtımlı binada problemler ve veri depolama birimlerinin yerinde görünüşü ile ölçüm alınan kesite ait geometrik özellikler

## 2.2. Dışarıdan Yalıtımlı Bina

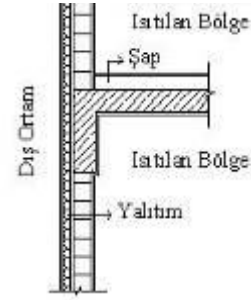
Ölçümler, İstanbul'da bir binada 27.Mart tarihinde kaydedilmeye başlanmış ve bir ay sonra 24.Nisan tarihinde sonlandırılmıştır. Alınan ölçümlerle ilgili resimler ve duvar kesiti Şekil 2'de görülmektedir.



a. İç taraf



b. Dış taraf



c. Duvar kesiti

**Şekil 2.** Dışarıdan yalıtımlı binada problemler ve veri depolama birimlerinin yerinde görünüşü ve ölçüm alınan kesite ait geometrik özellikler

Ölçüm yapılan kesitlerde taşıyıcı sistem, normal betonun kullanıldığı betonarme iskelet sistemidir.

## 3. DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

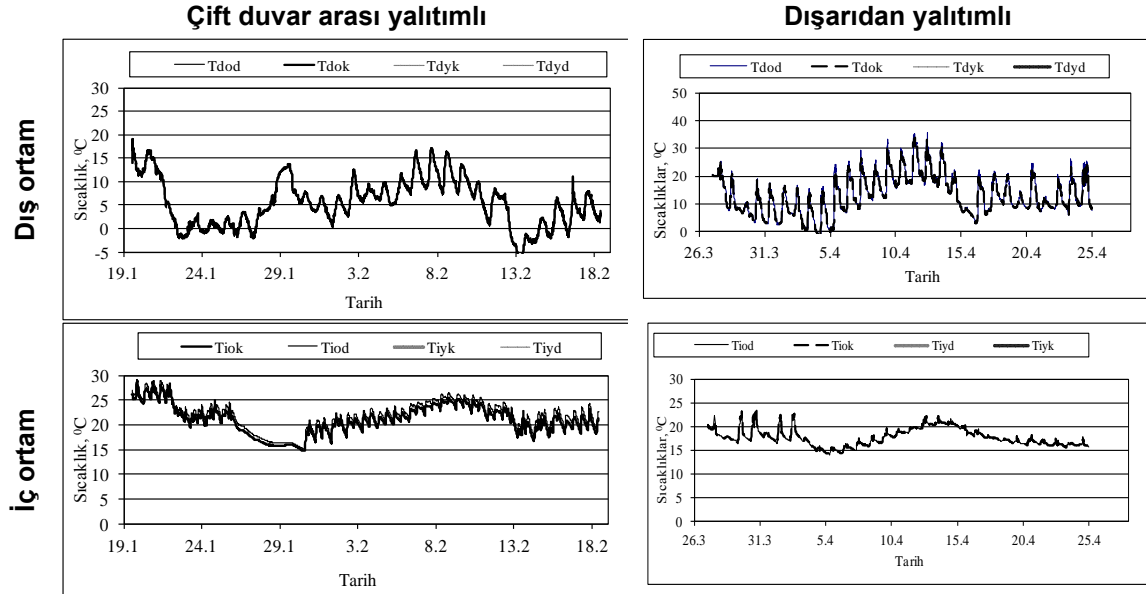
Bu bölümde kesitlerin ara kat döşemelerinin ısıl davranışı 5 adımda incelenmektedir.

### 3.1. Yaklaşık Bir Ay Süren Tüm Ölçüm Süresi İçindeki Genel Davranışlar:

Kesitlerin ısıl davranışları öncelikle tüm ölçüm süresi esas alınarak karşılaştırılmıştır. Şekil 3'de, ölçüm alınan kesitlerde ortam ve yüzey sıcaklıklarının ölçüm süresince anlık (15 dakikalık ortalama) değişimleri görülmektedir. Ölçüm değerlerinden en küçük kareler metoduna göre geçirilen doğrular da grafiklerde gösterilmiştir.

Şekil 3'de görüldüğü üzere yüzeyden yaklaşık 2 cm uzakta ölçülen ortam sıcaklıklarının kiriş veya duvar önünde ölçülmesi ile fark ortaya çıkmamakta; kesitlerde her iki eğri ( $T_{içortam}$ (kiriş) ve  $T_{içortam}$ (duvar);  $T_{dışortam}$ (kiriş) ve  $T_{dışortam}$ (duvar)) çakışmaktadır. Yüzey sıcaklıkları ise beklenildiği üzere kiriş önünde ve duvar önünde ölçülmesine göre birbirinde farklı değerler almaktadır ( $T_{içyüzey}$ (kiriş) ve  $T_{içyüzey}$ (duvar);  $T_{dışyüzey}$ (kiriş) ve  $T_{dışyüzey}$ (duvar)). Kiriş yüzey sıcaklığı ile duvar yüzey sıcaklığı arasındaki fark, kesitlerde iç ortamda dış ortama nazaran daha büyük olmaktadır.

Şekil 3a'da çift duvar arası yalıtım olan kesitte dış ortam sıcaklığı ölçüm süresince ( $T_{domin}$  ve  $T_{domax}$ ) yaklaşık  $-7^{\circ}\text{C}$  ila  $18^{\circ}\text{C}$  arasında değişmektedir. Bir periyottaki değişim ise yaklaşık  $10^{\circ}\text{C}$ 'dir. Ölçüm süresince iç ortam sıcaklıkları ( $T_{içmin}$  ve  $T_{içmax}$ )  $15^{\circ}\text{C}$  ile  $30^{\circ}\text{C}$  arasında değişirken, iç yüzey sıcaklıkları ( $T_{iymin}$  ve  $T_{iymax}$ ) duvar yüzeyinde  $13^{\circ}\text{C}$  ile  $25^{\circ}\text{C}$  arasında, kiriş yüzeyinde ise  $12$  ile  $24^{\circ}\text{C}$  arasında değişmektedir. Bir periyottaki değişim ( $T_{içmax}-T_{içmin}$ )  $4^{\circ}\text{C}$  civarındadır. İç ve dış ortam arasındaki ortalama sıcaklık farkı  $16^{\circ}\text{C}$ 'dir. Aynı kesitte iç ortamda alınan ölçümlerin grafiğine bakıldığında, dış ortamdaki piklerin kaybolmadığı ve ölçüm süresince görülen büyük değişimlerin de iç ortama yansıtıldığı görülmektedir.



**Şekil 3.** Ölçüm alınan kesitlerde ortam ve yüzey sıcaklıklarının ölçüm süresince anlık değişimleri

Şekil 3b'de dışarıdan yalıtımlı kesitte iklim şartları gereği dış yüzey sıcaklıkları dış ortam sıcaklıklarının çok üstüne çıkmaktadır. Ölçüm süresince dış ortam sıcaklığı yaklaşık  $-2^{\circ}\text{C}$  ile  $35^{\circ}\text{C}$  arasında dış yüzey sıcaklığı ise  $0^{\circ}\text{C}$  ile  $50^{\circ}\text{C}$  değişmektedir. Bir periyottaki değişim dış ortam sıcaklıklarında ( $T_{\text{domax}}-T_{\text{domin}}$ ) ilk günlerde  $6^{\circ}\text{C}$  civarında iken, daha sonraki günlerde  $15^{\circ}\text{C}$  civarındadır. Ölçüm süresince iç ortam, yüzey, duvar ve giriş sıcaklıkları hemen hemen çakışmaktadır. Ölçüm süresince bütün iç sıcaklıklar  $14^{\circ}\text{C}$  ile  $24^{\circ}\text{C}$  arasında değişmektedir. Bir periyottaki değişim ( $T_{\text{iomax}}-T_{\text{ioimin}}$ ) ilk günlerde  $6^{\circ}\text{C}$  civarında iken ölçüm süresinin büyük bir bölümünde  $2^{\circ}\text{C}$  civarındadır. Ortamlar arasındaki sıcaklık farkı  $5^{\circ}\text{C}$ 'dir. Aynı kesitte iç ortamda alınan ölçümlerin grafiğine bakıldığında, dış ortamdaki piklerin önemli ölçüde azaldığı ama yine de genel hatların kaybolmadığı görülmektedir.

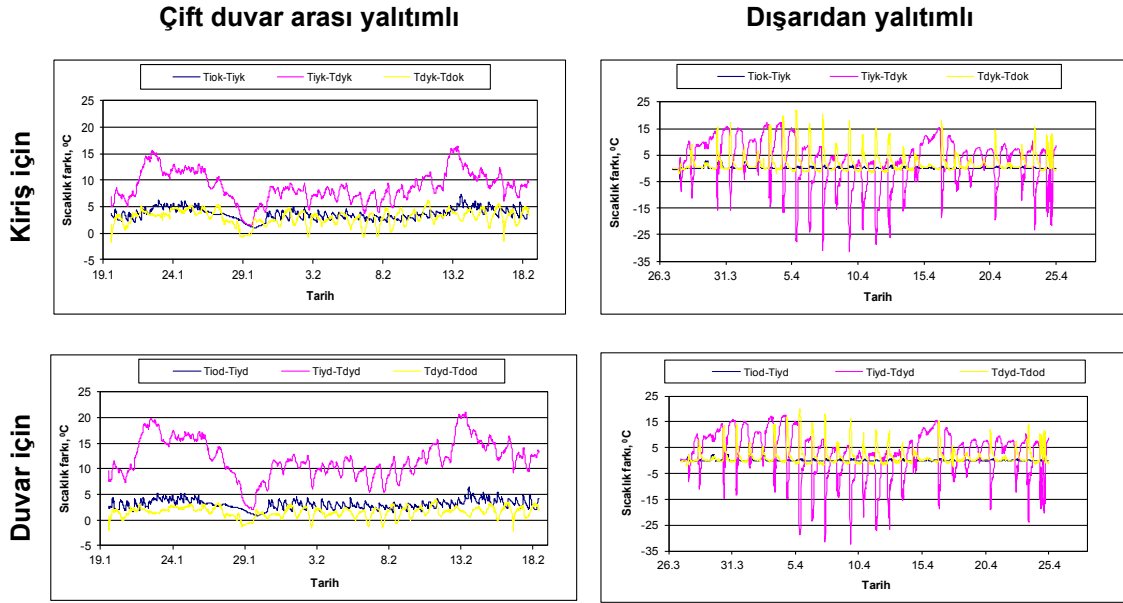
**Tablo 1.** Kesitlerin dış ortamdaki etkiyi iç ortama yansıtma oranları ve giriş iç yüzey sıcaklığı ile iç ortam sıcaklığı arasındaki farkın değişimi

Kesit özelliği	Ölçüm süresince iç yüzeydeki sıcaklık değişim aralığı/ dış yüzeydeki sıcaklık değişim aralığı,-	Ölçüm süresince giriş önünde iç yüzey ve iç ortam sıcaklıkları arasındaki ortalama fark, $^{\circ}\text{C}$	Ölçüm süresince duvar önünde iç yüzey ve iç ortam sıcaklıkları arasındaki ortalama fark, $^{\circ}\text{C}$
Çift duvar arası yalıtım	$12/25=0.48$	3.5	3
Dışarıdan yalıtımlı	$10/50=0.20$	0	0

Tablo 1'de, Şekil 3'de görülen ölçüm sonuçlarının birimsiz ve karşılaştırılabilir hale getirilmiş değerleri görülmektedir. Bu amaçla ikinci sütunda her kesit için ölçüm süresince iç yüzeydeki sıcaklık değişim aralığı ölçüm süresince dış yüzeydeki sıcaklık değişim aralığına oranlanmıştır.

### 3.2. Kiriş ve Duvar Seviyelerindeki Kesit Sıcaklıklarının Değişimi:

İkinci adımda kesitler, giriş seviyesindeki ve duvar seviyesindeki kesit sıcaklıklarının değişimi açısından karşılaştırılmıştır. Şekil 4'de giriş seviyesinde ve duvar seviyesinde alınan ölçümlerden hesaplanan iç ortam-iç yüzey, iç yüzey-dış yüzey ve dış yüzey-dış ortam sıcaklıklarının anlık değişimleri görülmektedir.



Şekil 4. Ölçüm alınan kesitlerde iç ortam-iç yüzey, iç yüzey-dış yüzey ve dış yüzey-dış ortam sıcaklık farklarının anlık değişimi

Çift duvar arası yalıtımlı kesitte giriş seviyesinde ortamla yüzey sıcaklıkları arasındaki fark, iç ortamda (Tio-Tiy) dış ortamdakinden (Tdy-Tdo) daha büyüktür. Dışarıdan yalıtımlı kesitte her iki seviyede de sıcaklık farkı aynıdır. Çift duvar arası yalıtımlı kesitte duvar yüzeyleri arasındaki sıcaklık farkı giriş yüzeyleri arasındaki sıcaklık farkından daha büyüktür. Buna karşılık ortam ve yüzey sıcaklıkları arasındaki fark (To-Ty), duvar seviyesinde küçülmektedir. Kirişin ısı geçirgenliği daha büyük olduğu için, iç yüzeyden dış yüzeye daha fazla enerji iletilmesi ve yüzeyler arasındaki farkın daha az olması beklenen bir durumdur. Kirişlerden iletilen enerjinin daha fazla olması sebebiyle giriş seviyesindeki ortam ve yüzey sıcaklıkları arasındaki fark ise büyümektedir. Dışarıdan yalıtımlı kesitte ise homojen şekilde hem girişte ve hem de duvarda ısı iletimi azaltıldığından duvar ve giriş seviyesindeki sıcaklık farkı eğrileri neredeyse çakışmaktadır.

Şekil 4'de ortam sıcaklıkları arasındaki 1°C'lık fark başına, duvarın yüzey sıcaklıkları arasındaki farkın girişin yüzey sıcaklıkları arasındaki farktan olan büyüklüğü karşılaştırılmıştır. Dışarıdan yalıtımlı kesitte fark sıfırdır. Fark büyüdükçe kesit ısı konfor açısından daha olumsuz olmaktadır.

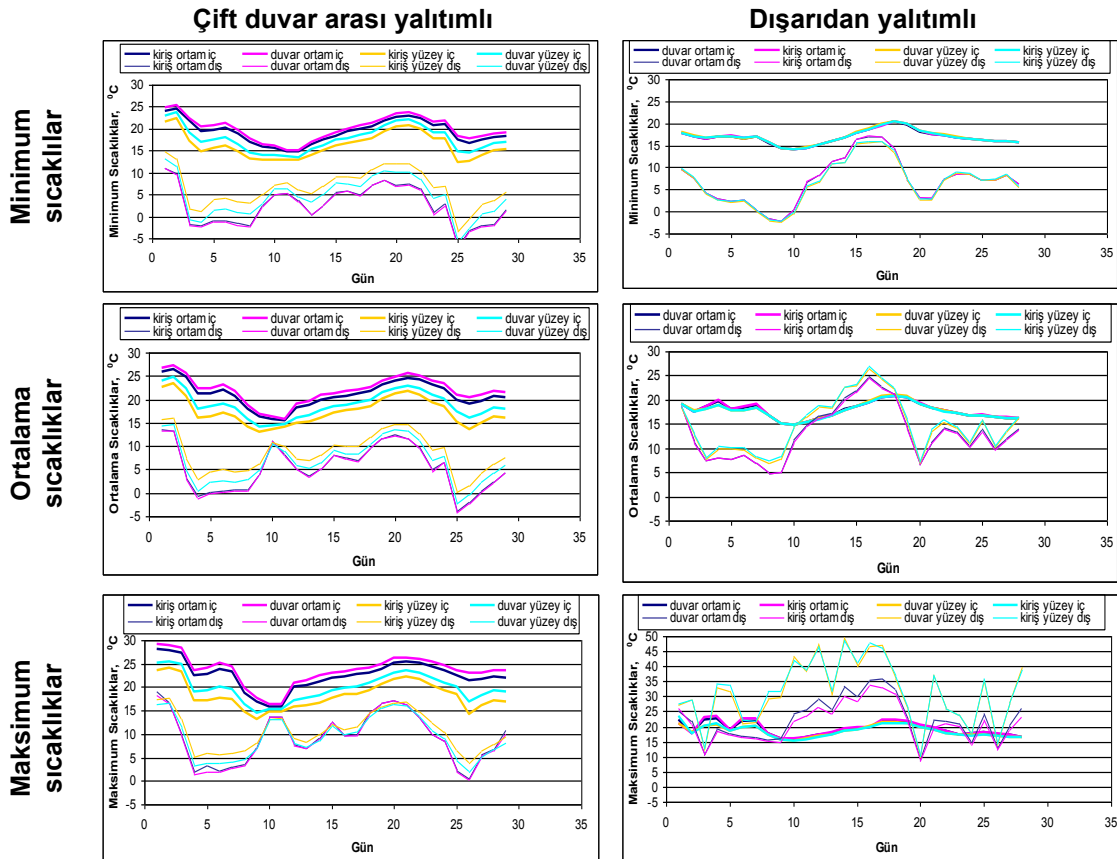
Tablo 2'de duvarın iç ve dış yüzeyi arasındaki 1°C sıcaklık farkı başına dış yüzeydeki ve iç yüzeydeki değişimin genlikleri arasındaki fark görülmektedir. Ortalama yüzey sıcaklıkları ölçüm değerlerinden hesaplanmıştır.

**Tablo 2.** Ölçüm alınan kesitlerde duvarların iç ve dış yüzeylerindeki sıcaklıkların ve değişimlerinin karşılaştırması

Kesit	Dış yüzey duvar		İç yüzey duvar		Fark		İç ve dış yüzey arasındaki ort. genlik farkı / ortalama yüzey sıcaklık farkı
	Ort. sıcaklık, °C	Genlik, °C	Ort. sıcaklık, °C	Genlik, °C	Sıcaklık, °C	Genlik, (dış-iç) °C	
Çift duvar arası yalıtımlı	7	0.9-2.4-5.9	19	0.3-1.1-2.8	12	0.6-1.3-3.1	0.11
Dışarıdan yalıtımlı	15	3.5-12.3-21.9	18	0.2-0.8-1.9	3	3.3-11.5-20	3.83

### 3.3. Kiriş ve Duvar Seviyelerinde Ortam ve Yüzeylerde Ölçülen Minimum, Ortalama ve Maksimum Sıcaklıkların Değişimi

Üçüncü adımda kesitler, kiriş ve duvar seviyelerinde ölçülen minimum, ortalama ve maksimum sıcaklıkların değişimi açısından karşılaştırılmıştır. Şekil 5'de ölçüm alınan kesitlerde minimum, ortalama ve maksimum sıcaklıkların günlük değişimi görülmektedir.

**Şekil 5.** Ölçüm alınan kesitlerde minimum, ortalama ve maksimum sıcaklıkların günlük değişimi

Çift duvar arası yalıtımlı kesitte duvar seviyesinde ortamlar arasındaki sıcaklık farkı, kiriş seviyesindeki ortamlar arası sıcaklık farkından 1.2°C daha büyük olmaktadır. Buna karşılık iç ve dış yüzey arasındaki sıcaklık farkları beklendiği şekilde kiriş ve duvar üzerinde ölçülmesine göre

(□Tduvar yüzey ve □Tkiş yüzey) anlamlı fark göstermektedir. Kesitlerde duvarın iç ve dış yüzeyi arasındaki fark, kirişin iç ve dış yüzeyi arasındaki farktan daha büyüktür.

Ortamlar arasında 1°C sıcaklık farkı olduğunda duvar ve kiriş yüzeyleri arasındaki sıcaklık farkının birbirinden uzaklaşması kesit içinde farklı ısıl davranışların meydana geldiğinin göstermektedir ve istenmeyen durumdur. Olumsuz durum çift duvar arası yalıtımlı kesitte görülmektedir. Duvarın yalıtımlı olmasına karşın kirişte yalıtımın kesilmesi farkın büyümesine sebep olmuştur. Beklendiği üzere en iyi durum dışarıdan yalıtımlı kesitte görülmektedir. Kiriş ve duvar arasındaki fark çok küçüktür.

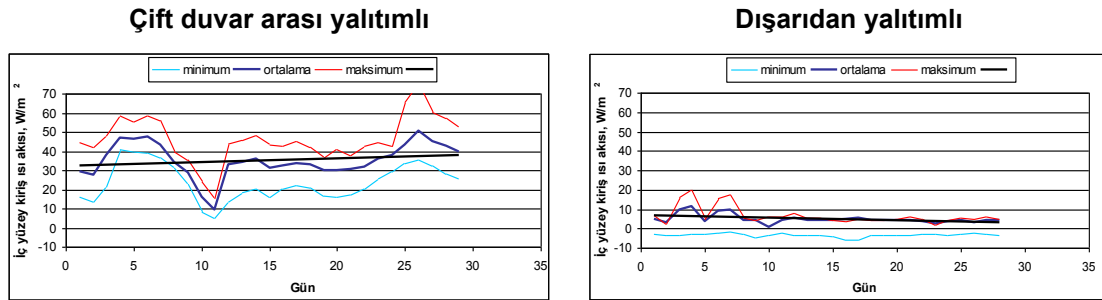
Ortalama, minimum ve maksimum değerlerin ortam ve yüzeyler için farkları alındığında elde edilen değerler Tablo 3'de görülmektedir.

**Tablo 3.** Ölçüm alınan kesitlerde duvar ve kiriş seviyelerinde ölçülen minimum, ortalama ve maksimum sıcaklıkların farklarının karşılaştırması

Kesit		Ortalama sıcaklıklar için	Minimum sıcaklıklar için	Maksimum sıcaklıklar için		
Çift duvar arası yalıtımlı	$\Delta T_{\text{duvar ortam}}$	16.7	22.2	10.9	$\Delta T_{\text{ortam}}=16^{\circ}\text{C}$	0.20
	$\Delta T_{\text{kiriş ortam}}$	15.5	21.5	21.5		
	$\Delta T_{\text{duvar yüzey}}$	12.0	8.9	8.9	$\Delta T_{\text{yüzey}}/\Delta T_{\text{ortam}} 0.75$	
	$\Delta T_{\text{kiriş yüzey}}$	8.8	15.7	6.5	$\Delta T_{\text{yüzey}}/\Delta T_{\text{ortam}} 0.55$	
Dışarıdan yalıtımlı	$\Delta T_{\text{duvar ortam}}$	4.4	16.0	-13.0	$\Delta T_{\text{ortam}}=4.5^{\circ}\text{C}$	0.09
	$\Delta T_{\text{kiriş ortam}}$	4.7	16.1	-10.4		
	$\Delta T_{\text{duvar yüzey}}$	2.9	16.4	-28.2	$\Delta T_{\text{yüzey}}/\Delta T_{\text{ortam}} 0.63$	
	$\Delta T_{\text{kiriş yüzey}}$	2.5	16.2	-24.9	$\Delta T_{\text{yüzey}}/\Delta T_{\text{ortam}} 0.54$	

### 3.4. Kiriş Seviyesinde İletilen Isı Akısının Değişimi:

Dördüncü adımda kesitler, kiriş seviyesinde iletilen ısı akısının değişimi açısından karşılaştırılmıştır. Şekil 6'da ölçüm alınan kesitlerde kiriş seviyesinde iç yüzeyden iletilen ısı akısının en küçük, ortalama ve en büyük değerlerinin günlük değişimi; Tablo 4'de ise 1°C'lık yüzey sıcaklık farkı başına iletilen ısı akısı değerlerinin değişimi görülmektedir. Kiriş kalınlıkları birbirine yakın olmasına rağmen, birim alandan birim zamanda iletilen ısı enerjisi üzerinde dışarıdan yalıtımın etkisi açıkça görülmektedir.



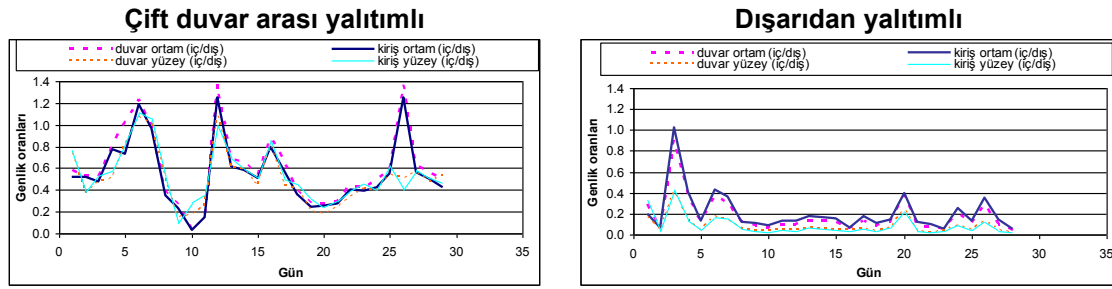
**Şekil 6.** Ölçüm alınan kesitlerde minimum, ortalama ve maksimum ısı akılarının günlük değişimi

**Tablo 4.** Ölçüm alınan kesitlerde giriş seviyesindeki ısı akısının değişimi

Kesit	Ortalama ısı akısı, W/m <sup>2</sup>	Yüzeyler arası ortalama sıcaklık farkı, °C	1°C yüzeyler arası sıcaklık farkı başına ortalama ısı akısı, W/m <sup>2</sup>
Çift duvar arası yalıtımlı	35	9.0	3.9
Dışarıdan yalıtımlı	5	4.5	1.1

**3.5. Giriş ve Duvar Seviyesindeki Sönüm Oranlarının Değişimi:**

Beşinci adımda ise kesitler, giriş seviyesindeki ve duvar seviyesindeki sönüm oranlarının değişimi açısından karşılaştırılmıştır. Şekil 7’de ölçüm alınan kesitlerde farklı konumlarda sönüm oranlarının günlük değişimi; Tablo 5’de ise iç ve dış ortam genliklerinin oranı (sönüm oranı) açısından kesitlerin değerlendirilmesi görülmektedir. Tabloda sönüm oranları için hesaplanan ortalama değer ve standart sapma değerlerinin yanında kesitlere ait kalınlık ve U-değerleri de verilmiştir. Şekil 7, sönüm oranının değişken değerler aldığı göstermektedir. Sönüm oranında görülen dağılımın sebebi, dış ortam sıcaklıklarındaki değişimin periyodik rejimden önemli miktarda sapma göstermesidir.



**Şekil 7.** Sönüm oranlarının değişimi

**Tablo 5.** Ölçüm alınan kesitlerin ısıl özellikleri

Kesit	Ortam/yüzey	Sönüm oranı	Standard sapma	Sönüm oranı farkı, (giriş-duvar)	Sönüm oranı farkı (ortam-yüzey)	Kalınlık, m	U-değeri, W/m <sup>2</sup> K
Çift duvar arası yalıtımlı	Duvar ortam	0.60	0.34	-0.15	0.09	Kiriş=0.240 Duvar=0.240	Kiriş=3.21 Duvar=0.64
	Kiriş ortam	0.55	0.31		0.00		
	Duvar yüzey	0.51	0.26	0.04			
	Kiriş yüzey	0.55	0.24				
Dışarıdan yalıtımlı	Duvar ortam	0.18	0.17	0.03	0.10	Kiriş=0.250 Duvar=0.220	Kiriş=0.67 Duvar=0.54
	Kiriş ortam	0.21	0.19		0.12		
	Duvar yüzey	0.08	0.08	0.01			
	Kiriş yüzey	0.09	0.10				



#### **4. SONUÇLAR**

Çalışmanın sonucunda, çift duvar arası yalıtımlı tuğla duvar+kiriş ve dışarıdan yalıtımlı EPS katkılu duvar+kiriş'ten oluşan kesitlerin ara kat döşemelerinin ısıl davranışları ölçüm sonuçlarından faydalanılarak değerlendirilmiştir. Yüzeyden yaklaşık 2 cm uzakta ölçülen ortam sıcaklıklarının giriş veya duvar önünde ölçülmesi ile fark ortaya çıkmamaktadır. Yüzey sıcaklıkları ise beklenildiği üzere giriş önünde ve duvar önünde ölçülmesine göre birbirinde farklı değerler almaktadır. Kiriş yüzey sıcaklığı ile duvar yüzey sıcaklığı arasındaki fark, bütün kesitlerde iç ortamda dış ortama nazaran daha büyük olmaktadır.

Ölçüm süresince iç yüzeydeki sıcaklık değişim aralığının, dış yüzeydeki sıcaklık değişim aralığına oranı, dışarıdan yalıtımlı kesitte en küçük değere sahiptir. İç ortamda dış ortamdaki değişimin %20'si görülmektedir. Ölçüm süresince giriş önünde iç yüzey ve iç ortam sıcaklıkları arasındaki ortalama fark açısından ise, sıfır değeri ile dışarıdan yalıtımlı kesit daha iyidir. Ölçüm süresince duvar önünde iç yüzey ve iç ortam sıcaklıkları arasındaki ortalama fark açısından ise en iyi kesit yine sıfır değeri ile dışarıdan yalıtımlı kesittir. Bu değer çift duvar arası yalıtımlı kesitte 3°C'dir. Yüzeyler arası sıcaklık farkları ise duvar seviyesi ile giriş seviyesinde anlamlı düzeyde farklı olmaktadır. Kesitlerde duvarın iç ve dış yüzeyi arasındaki fark, girişin iç ve dış yüzeyi arasındaki farktan daha büyüktür. Duvar ve giriş yüzeyleri arasındaki sıcaklık farkının birbirinden uzaklaşması kesit içinde farklı ısıl davranışların meydana geldiğini göstermektedir ve istenmeyen durumdur. Olumsuz durum çift duvar arası yalıtımlı kesitte görülmektedir. Beklendiği üzere yine en iyi durum dışarıdan yalıtımlı kesitte görülmektedir. Ölçüm alınan kesitlerde giriş seviyesinde 1°C yüzeyler arası sıcaklık farkı başına ortalama ısı akısı açısından yine dışarıdan yalıtımlı kesit daha iyidir.

Çift duvar arası yalıtımlı kesitte duvar ortam, giriş ortam ve giriş yüzeyde belirlenen sönüm oranları diğer kesitlerden anlamlı bir şekilde yüksek çıkmaktadır. Dışarıdan yalıtımlı kesitte ise sönüm oranları oldukça küçük değerler almakta ve çok belirgin bir iyileşme görülmektedir. Sönüm oranının küçük olması bilindiği üzere kesitin dış ortam şartlarını daha iyi tolere edebildiğini, yani daha olumlu olduğunu göstermektedir.

Çift duvar arası yalıtımlı (kiriş yalıtımsız) kesit, duvarlar betonarme iskelet elemanların (kolon-kiriş-döşeme) arasına yerleştirildiği ve betonarme elemanlar yalıtımsız bırakıldığı için; incelenen özelliklerin çoğunda ve toplam değerlendirmede daha uygunsuz olan kesiti göstermektedir. Duvarların yalıtılmış olması ve duvarın U değerinin yalıtımsız kesitlerden çok daha küçük olmasının getirdiği avantaj, yalıtımın kesilmesi sebebi ile kaybolmaktadır. Dışarıdan yalıtımlı kesit ise, duvar ve betonarme elemanlar kesintisiz bir yalıtım ile kaplandığı için, her şartta açık farkla en iyi ısıl davranışı göstermekte ve en olumlu kesit olmaktadır. Bu çalışmada farklı duvar malzemesi ve farklı yalıtım durumlarının binanın ısıl performansına olan etkisi tespit edilmiştir. Çalışmanın deneysel verilere dayanıyor olması binalarda enerji verimliliğine katkı sağlayan ısı yalıtım uygulamaları için güvenilir bir kaynak niteliğinde olacaktır.

#### **BİLGİ**

Bu çalışma TÜBİTAK-İÇTAK 1242 nolu proje kapsamında TÜBİTAK tarafından desteklenmiştir.

**KAYNAKLAR**

- Dilmaç, Ş., Guner, A., Can, A., Kaygusuzoğlu, G., Cihan, M. T., Senkal Sezer, F., Kartal, S. & Kalpak, Ö (2005). Determination of parameters for the calculation of the side heat losses at floorings. Construction and Environmental Technologies Research Grant Committee, Project No: İÇTAG – 1242, TÜBİTAK, pp. 1-79.
- European Committee for Standardization, (1998). EN ISO 13370 Thermal performance of buildings, Heat transfer via the ground, calculation methods. Brussels.
- International Organisation for Standards (1986). ISO 6946/2 Thermal insulation, Calculation methods, Part 2: Thermal bridges of rectangular sections in plane structures. Geneva.
- International Organization for Standardization, (2001). ISO 10211-2: Thermal bridges in building construction, heat flows and surface temperatures, Part2: Linear thermal bridges. Geneva.
- Şenkal Sezer, F., Cihan, M. T., (2012). Dışarıdan Yalıtımlı Binaların Ara Kat Döşemelerinin Isıl Davranışının Deneysel Olarak İncelenmesi. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik–Mimarlık Fakültesi Dergisi*. Cilt:15, Sayı No: 2, Sayfa: 65-72, ISSN: 1301-3408.
- Senkal Sezer, F., Cihan, M. T., Dilmaç, S. (2010). Experimental Analysis of The Thermal Behaviour of Mezzanine Floors in Buildings With Cavity Wall Insulation. *Scientific Research and Essays*. Volume: 5(14) sayfa: 1925-1934, ISSN: 1992-2248.
- Senkal Sezer, F., Dilmaç, S., Guner, A. (2010). Experimental Study on The Effects of Wall Materials on The Thermal Behavior Of Mezzanine Floors. *World Applied Sciences Journal*, Vol: 8(3) sayfa: 374-381, ISSN: 1818-4952.
- TSE 2000, TS EN ISO 10211-1: Bina İnşaatlarında Isı Köprüleri - Isı Akışları ve Yüzey Sıcaklıkları Bölüm 1: Genel Hesaplama Metotları. Ankara.