

EPS YALITIM KALIPLI DONATILI BETON TAŞIYICI DUVAR SİSTEMİ İLE GELENEKSEL YAPIM SİSTEMLERİNDE KULLANILAN DUVARLARIN ISIL PERFORMANSLARININ KARŞILAŞTIRILMASI

Burak ÖZŞAHİN⁽¹⁾ M. Timur CİHAN⁽²⁾ Esmâ MIHLAYANLAR⁽³⁾

⁽¹⁾ Kırklareli Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Kırklareli

⁽²⁾ Namık Kemal Üniversitesi, Çorlu Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği, Tekirdağ

⁽³⁾ Trakya Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Edirne

İletişim e-posta: burakozsahin@hotmail.com

Özet: Bu çalışmada kolay inşaat imkânı sağlaması, inşaat süresinin azaltılması, kalıp ve kalıp işçiliği maliyetini düşürmesi, kesintisiz ve sürekli yalıtım sağlaması gibi avantajlarından dolayı dünyada geniş bir kullanım alanı olan, Türkiye’de de yakın zamanda uygulanmaya başlanan Genleştirilmiş Polistiren Sert Köpük (EPS) Yalıtım Kalıplı Donatılı Beton Taşıyıcı (EPS YKDBT) Duvar Sistemi’ni oluşturan duvar elemanlarının ısı performansını incelenmiştir. Çalışma kapsamında EPS YKDBT duvar sisteminin özellikleri kısaca tanııldıktan sonra kış (ısıtma sezonu) ve yaz (soğutma sezonu) konfor kavramları özetlenmiştir. EPS YKDBT duvar sistemini oluşturan duvar elemanı kesitleri ile geleneksel yapım sistemlerinde kullanılan duvar elemanı kesitlerinin (dışarıdan yalıtımlı, içeriden yalıtımlı, çift duvar arası yalıtımlı) ısı performansları yaz ve kış şartları için hesaplanarak karşılaştırılmıştır. Yapılan hesaplamalar sonucu, EPS YKDBT duvar sisteminin kış ve yaz konforunu mevcut standartlara göre sağladığı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Genleştirilmiş Polistiren Köpük (EPS), Duvar Sistemi, Isıl Performans, Kış Konforu, Yaz Konforu

Thermal Performance Comparison of Wall Sections Used in EPS ICF Wall System and Conventional Construction Systems

Abstract: In this study, the thermal performance of the wall sections used in Expanded Polystyrene Foam (EPS) Insulating Concrete Form (EPS ICF) Wall System which is recently introduced in Türkiye and widely used over the world because of the shorten construction duration, easy construction, reduction of the formwork and labor costs, providing continuous and completely insulation advantages, is examined. The scope of study, EPS ICF Wall System is briefly introduced and winter and summer comfort concepts are summarized. The thermal performance of the wall sections used in EPS ICF Wall System and the conventional construction systems (external insulation system, internal insulation system, cavity wall system) are calculated and compared for winter and summer comfort. As a result of the calculations made related to EPS ICF Wall System, it is found that the system provides the winter and summer comfort according to existing standards.

Keywords: Expanded Polystyrene Foam (EPS), Wall System, Thermal Performance, Winter Comfort, Summer Comfort

GİRİŞ

Türkiye gelişen sanayisi, artan nüfusu, ayrıca yetersiz enerji üretiminden dolayı kendi enerji ihtiyacını kendi kaynakları ile karşılayamayan bir ülkedir. Diğer yandan enerji tüketiminin önemli bir bölümü, binaların ısıtılması için kullanılmaktadır. Türkiye’nin bulunduğu coğrafya nedeniyle binaların büyük bir kısmı yılın yaklaşık olarak 4–9 ayı ısıtılmaktadır. Isıtma amaçlı enerji tüketimini azaltabilmek için bina kabuğunda duvar, zemin ve çatı gibi dış ortam ile temas eden yapı elemanlarının ısı iletiminin en aza indirilmesi gerekmektedir. Binalarda ısı yalıtımıyla hem enerji tasarrufu sağlanacak ve hem de binaların ısıtılması sırasında tüketilen yakıttan atmosfere karışan zararlı gazlar azalacaktır (Özşahin, 2011).

Artan enerji fiyatları ile birlikte binalarda ülke gelişimine direkt fayda sağlamayan ısıtma amaçlı enerji tüketiminin azaltılması doğrultusunda binalarda yalıtım konusuna önem verilmeye başlanmıştır (Cihan, 2008). Bu amaçla yeni yapılacak binalar ile mevcut binaların yalıtılmasının yanında enerji tüketimini sınırlayan

yalıtımlı bina sistemlerinin uygulanması yoluna da gidilmektedir. Enerji tüketimini sınırlayan yalıtımlı bina sistemlerinden biri olan EPS YKDBT Duvar Sistemi benzer uygulamaları son yıllarda Türkiye’de de artmaktadır (Mihlayanlar, Umaroğulları ve Öztürk, 2012).

Türkiye’de binaların yalıtımı ile ilgili zorunlu standart TS 825 “Binalarda Isı Yalıtım Kuralları”dır ve binalarda ısıtma amaçlı enerji ihtiyacının hesaplanması ve sınırlandırılmasına aittir. Ancak TS 825’e uygun bir binanın, kış şartları için yeterli olmasına rağmen yaz şartlarında aşırı ısınması ve ısı konfor şartlarının sağlanamadığı için mekanik soğutmaya ihtiyaç duyabilmesi söz konusudur (Dilmaç ve Kesen, 2003). Kış ve yaz şartlarında meydana gelen ısı iletim rejimleri, ilgili hesap metodları ve konfor şartları üzerindeki etkili malzeme ve kesit özellikleri farklıdır. Binalarda kış konforu ile ilgili ulusal ve uluslararası standartlarda, hesap kolaylığı açısından ve sonuçları kabul edilebilir sınırlar içinde kaldığı düşünülerek, ısı iletimi ile ilgili büyüklükler sabit rejim şartlarında hesaplanmaktadır (TS 825, 2008; ISO 9164, 1998; EN 832, 1998). Yaz

konforu için sabit rejim şartlarının kullanılması, bu mevsimde yapı elemanlarını büyük ölçüde etkileyen güneş ışınlarının yoğun enerjisi ve bu enerjinin 24 saatlik periyotlarla değişmesi sebebiyle mümkün değildir. Bu değişimin sinüzoidal olarak kabul edilmesi genellikle tercih edilmektedir. Ancak, yaz şartlarında sıcaklık değişimi tam bir sinüs eğrisi değildir, havadaki bulutlanmalar sebebiyle sapmalar göstermektedir. Bu sapmaların hesaplarda sebep olduğu yanlışlıklarla ilgili araştırmalar yapılmaktadır (Antonopoulos ve Democritou, 1993). Halen uluslararası standartlarda, yaz şartlarında sıcaklık ve ısı akışının değişimi sinüzoidal kabul edilmekte ve hesaplamalar sinüzoidal değişim gösteren periyodik rejim şartları için gerçekleştirilmektedir. Bu konudaki uluslararası standart ISO 13786 “Thermal Performance of Building Components - Dynamic Thermal Characteristics - Calculation Methods”dur. Bu konudaki Türk Standardı TS EN ISO 13786 “Bina Bileşenlerinin Isıl Performansı - Dinamik Isıl Özellikler - Hesaplama Metotları”dır ve ISO 13786’nın Türkçe tercümesidir.

Bu çalışmada EPS YKDBT duvar sistemi özellikleri kısaca tanıttıldıktan sonra kış ve yaz konforu kavramları



Şekil 1. EPS YKDBT Duvar Sisteminin Uygulanışı (Anonim)

Sistemde kullanılan EPS kalıplar, üzerlerindeki dişler sayesinde birbiri ile iyi bir şekilde kenetlendiği için, beton yerleştirilmesi sırasında kalıpların arasından beton akmaz. EPS kalıpların iç yüzeylerinde belirli aralıklarla, EPS kalıp ile beton çekirdek arasındaki mekaniksel bağlantının dübel ya da vida kullanılmasına gerek kalmaksızın oluşmasını sağlayan kırılgaç kuyruğu girintiler vardır.

Betonun yerleştirilmesi sırasında EPS kalıpların şekillerini korumak, betonun yerleştirilmesi sırasında meydana gelen yanal kuvvetleri karşılamak ve beton

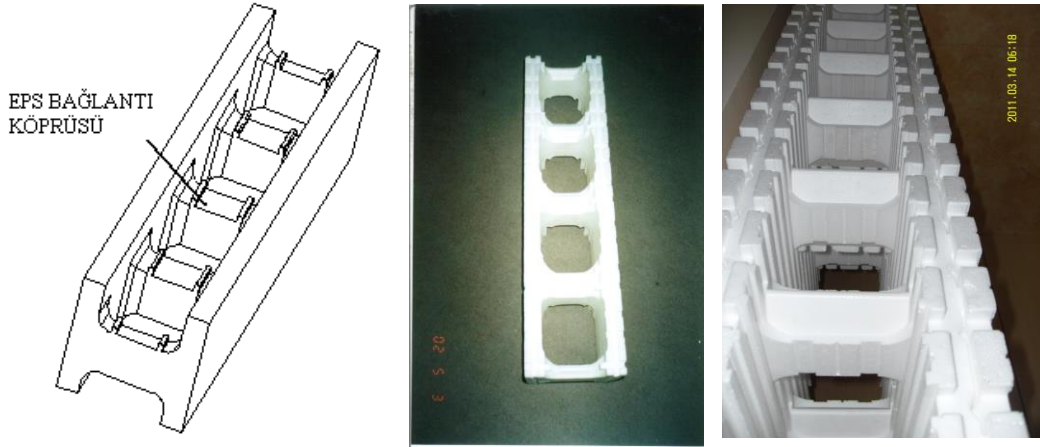
açıklanmıştır. Örnek bir konut yapısı için EPS YKDBT duvar sistemini oluşturan duvar elemanı kesitleri ile geleneksel yapım sistemlerinde kullanılan duvar elemanı kesitlerinin (dışarıdan yalıtımlı, içeriden yalıtımlı, çift duvar arası yalıtımlı) ısı performansları yaz ve kış şartları için gerçekleştirilen hesap sonuçlarına göre karşılaştırılmıştır.

EPS YALITIM KALIPLI DONATILI BETON TAŞIYICI DUVAR SİSTEMİ

Uluslararası literatürde “ICF (Insulating Concrete Form) Walls” olarak tanınan EPS YKDBT duvar sisteminde iki tarafta EPS’den oluşan yalıtım malzemesi ve iç kısımda donatılı beton taşıyıcı çekirdek bulunmaktadır (NAHB, 2000; HUD ve PCA, 2001; HUD ve PCA, 1998). EPS YKDBT duvar sisteminde EPS elemanlar hem yalıtım hem de kalıp vazifesi görecek şekilde levha veya blok olarak kullanılmakta ve aralarına donatı yerleştirilerek beton doldurulmaktadır (Şekil 1).

sertleştikten sonra iki yüzeyde bulunan EPS elemanların betonla bir arada kalmasına yardımcı olmak için, kalıp içinde iç yüzeye dik doğrultuda belirli aralıklarla EPS, metal, plastik vb. malzemelerden yapılmış bağlantı köprüleri bulunmaktadır (Şekil 2).

Beton dökümü sırasında betonun kalıba uyguladığı yanal kuvvetleri karşılayacak şekilde tasarlanan, çeşitli biçim ve boyutlarda imal edilen bağlantı köprülerinin bazı türleri fabrikasyon olarak imal edilirken bazı türleri ise kalıplara şantiyede monte edilmektedir.



Şekil 2. EPS Kalıplarındaki Bağlantı Köprüleri (Özşahin, 2004; Özşahin, 2011).

KIŞ KONFORU VE TS 825

Binalarda kış konforu ile ilgili ulusal ve uluslararası standartlarda, hesap kolaylığı açısından ve sonuçların kabul edilebilir sapmalar içinde kaldığı düşünülerek, ısı iletimi ile ilgili büyüklükler sabit rejim şartlarında hesaplanmaktadır. Sabit rejim, sabit iç ve dış sıcaklıklar etkisinde meydana gelen ısı iletimidir, herhangi iki eşit zaman aralığında iletilen ısı enerjisi miktarı aynıdır. Sabit rejim şartlarında sadece elemanın ısı iletimine karşı gösterebildiği ısı direnç önemlidir. Bu direnç, elemanı oluşturan katmanlardaki malzemelerin ısı iletkenliği (λ) ve katmanın kalınlıklarından (d) faydalanılarak bulunur. Her katmanın ısı direnci ($R = d/\lambda$) hesaplanır ve bunların toplamı elemanın sıcak ve soğuk yüzeyleri arasındaki toplam ısı direncini verir. Katmanların sıralanmasının, elemanın ısı davranışı üzerine bir etkisi yoktur. Sabit rejimde sadece elemandan iletilen ısı enerjisi miktarı ve kesit sıcaklıkları hesaplanır. Kış konforu için binalarda ısı yalıtımı uygulayarak ısı kaybının azaltılması ve iç yüzey sıcaklıklarının yükseltilmesi genel anlamda yeterli olmaktadır. TS 825 standardı, binalarda ısıtma amaçlı enerji ihtiyacını hesaplama kurallarına ve binalarda izin verilebilir en yüksek yıllık ısıtma enerjisinin sınırlandırılmasına dairdir. TS 825 standardında tanımlanan hesap metodunda, yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı ısıtma dönemini kapsayan aylık ısıtma enerjisi ihtiyaçlarının toplanması ile bulunur. Böylece binanın ısı performansının gerçeğe yakın bir şekilde değerlendirilmesi mümkün olacaktır. Ayrıca tasarımcıya, önerdiği tasarımın güneş enerjisinden faydalanma kapasitesini değerlendirme imkânı sağlamaktadır.

YAZ KONFORU VE ISO 13786

Yaz konforu için sabit rejim şartlarının kullanılması bu mevsimde yapı elemanlarını büyük ölçüde etkileyen güneş ışınlarının yoğun enerjisi ve bu enerjinin 24 saatlik periyotlarla değişmesi sebebiyle mümkün

değildir. Yaz mevsiminde güneş enerjisinin etkisiyle hem hava sıcaklığı ve hem de elemanın dış yüzey sıcaklığı, gündüz ve gece arasında büyük değişim göstermektedir. Yaz şartları ile ilgili hesaplamalarda ISO 13786 kullanılmaktadır. Bu standartta açıklanan hesap metodu binanın tümünün ısı performansını değerlendirmemekte, ancak yapı elemanlarının ısı özelliklerinin belirlenmesini ve bu elemanların ayırdığı iç ve dış ortamdaki sıcaklık ve ısı akısının sinüzoidal değişiminin belirlenmesini mümkün kılmaktadır. ISO 13786'ya göre bir elemanın periyodik rejim şartlarında performansını değerlendirebilmek için, periyodik nüfuziyet (penetrasyon) derinliğinden hareketle elemanın iletim (aktarım) matrisleri, periyodik ısı geçirgenliği, ısı kabul değeri, ısı kapasitesi, azaltma faktörü ve zaman ötelemeleri hesaplanmaktadır. Bir elemanın iletim matrisinin bilinmesi halinde, elemanın bir yüzeyinde sıcaklık ve ısı akısının karmaşık genliklerinin bilinmesi ile diğer yüzeydeki sıcaklık ve ısı akısının karmaşık genliklerinin hesaplanması mümkün olmaktadır. İletim matrisinin elemanlarından faydalanılarak ise, bir yapı elemanının periyodik ısı özelliklerinin hesaplanması da mümkün olmaktadır (Cihan, 2008).

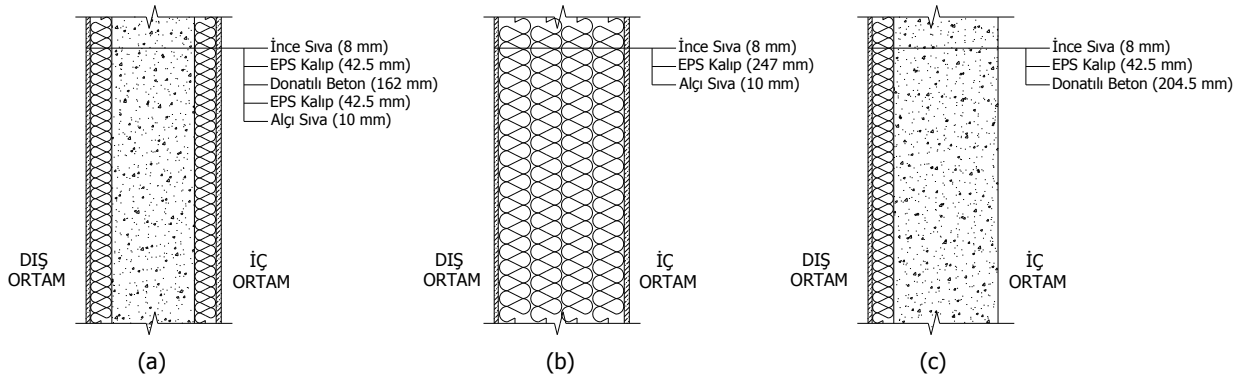
ISIL PERFORMANS HESAPLARI VE HESAP SONUÇLARI

EPS YKDBT Duvar Sisteminde kullanılan duvar kesitleri ile geleneksel yapı sistemlerinde kullanılan duvar kesitlerinin ısı performanslarını karşılaştırmak için TS 825 ve ISO 13786'da tanımlanan hesap yöntemleri kullanılarak örnek bir konut projesinde hesaplamalar yapılmıştır. Isıl performans hesapları için seçilen örnek konut ile ilgili bilgiler Tablo 1'de verilmiştir.

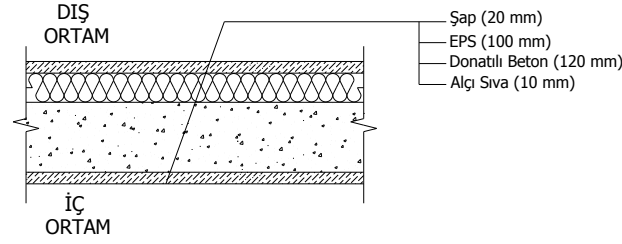
Örnek konutta EPS YKDBT duvar sistemi kullanıldığında oluşan kesitler Şekil 3, 4 ve 5'te verilmiştir.

Tablo 1. Örnek Konuta Ait Özellikler

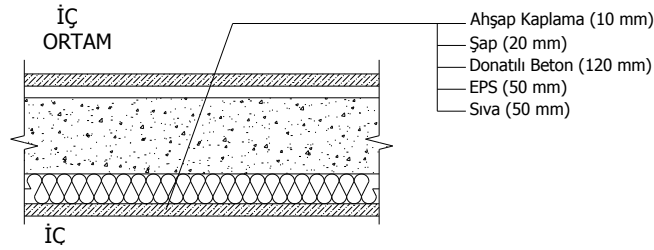
Toplam brüt bina hacmi ($V_{brüt}$)	m ³	1175,70
Toplam bina kabuk alanı (A_{toplam})	m ²	756,70
$V_{brüt}/A_{toplam}$	-	0,64
Kullanılan alan (A_n) = $0,32 \cdot V_{brüt}$	m ²	376,22
Zemin döşeme alanı	m ²	195,95
Kat yüksekliği	m	3,00
Hesaplamalarda Kullanılan Alanlar		
Duvar Alanları (Dış havaya temas eden)		
Dış sıva+EPS+donatılı beton+EPS+iç sıva	m ²	270,44
Dış sıva+EPS+iç sıva	m ²	30,85
Dış sıva+EPS+döşeme	m ²	14,59
Döşeme Alanları		
Isıtılmayan iç ortama bitişik	m ²	195,95
Çatı Alanları		
Kullanılmayan çatı arası	m ²	195,95
Pencere, kapı alanları		
Pencere	m ²	45,92
Kapı	m ²	3,00
Yönlere göre pencere alanları		
Doğu	m ²	19,32
Batı	m ²	15,80
Kuzey	m ²	5,40
Güney	m ²	5,40

**Şekil 3.** EPS YKDBT Duvar Sistemi Duvar Kesiti

- a) Duvar
- b) Bağlantı Köprüsü
- c) Döşeme Alnı



Şekil 4. EPS YKDBT Duvar Sistemi Tavan Kesiti



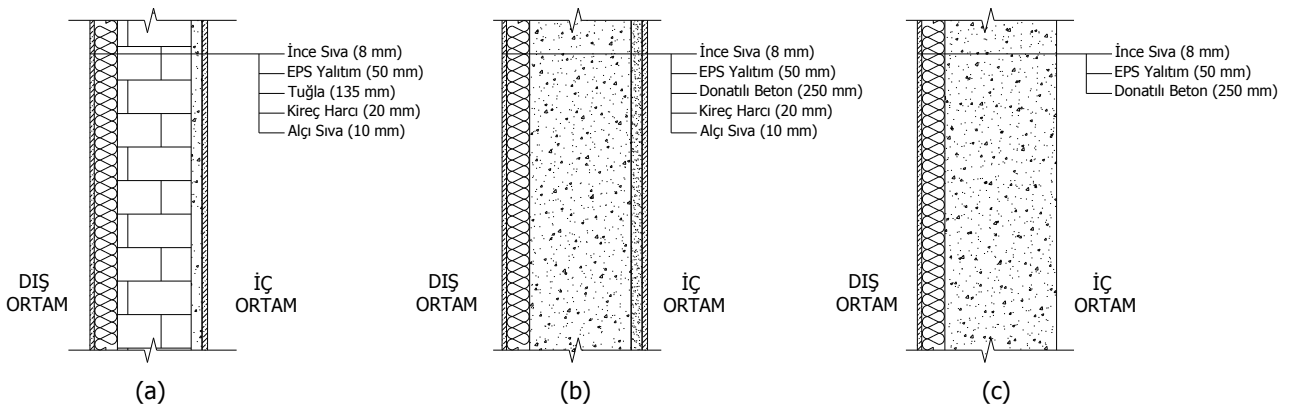
Şekil 5. EPS YKDBT Duvar Sistemi Taban Kesiti

Örnek konutta geleneksel yapım sistemleri uygulandığında EPS YKDBT duvar sisteminden farklı kesitler oluşmaktadır. Geleneksel yapım sistemlerinde dışarıdan yalıtım uygulandığında oluşan kesitler Şekil 6'da, içeriden yalıtım uygulandığında oluşan kesitler Şekil 7'de, çift duvar arası yalıtım uygulandığında oluşan kesitler Şekil 8'de verilmiştir. Kış konforu hesaplarında tüm yapım sistemlerinde tavan ve taban kesitleri aynı alınmıştır (Şekil 4,5).

Çalışmada kış konforu ile ilgili hesaplamalar EPS YKDBT duvar sistemi ve geleneksel yapım

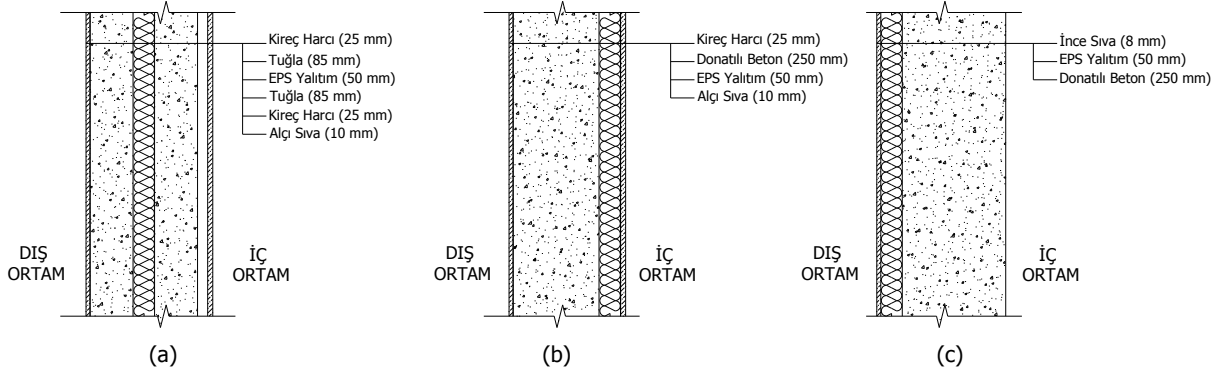
sistemlerinde kullanılan yalıtım yöntemleri için ayrı ayrı yapılmıştır. Kış konforu hesapları TS 825'de tanımlanan tüm derece gün bölgeleri için ısı köprüleri dikkate alınarak yapılmıştır.

EPS YKDBT duvar sistemi, tüm derece gün bölgelerinde yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı için yönetmelik koşullarını sağlamıştır. Geleneksel yapım sistemleri duvar kesitlerinde kullanılacak yalıtım malzemesi kalınlıkları, yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı ile ilgili yönetmelik koşulları sağlanacak şekilde seçilmiştir.



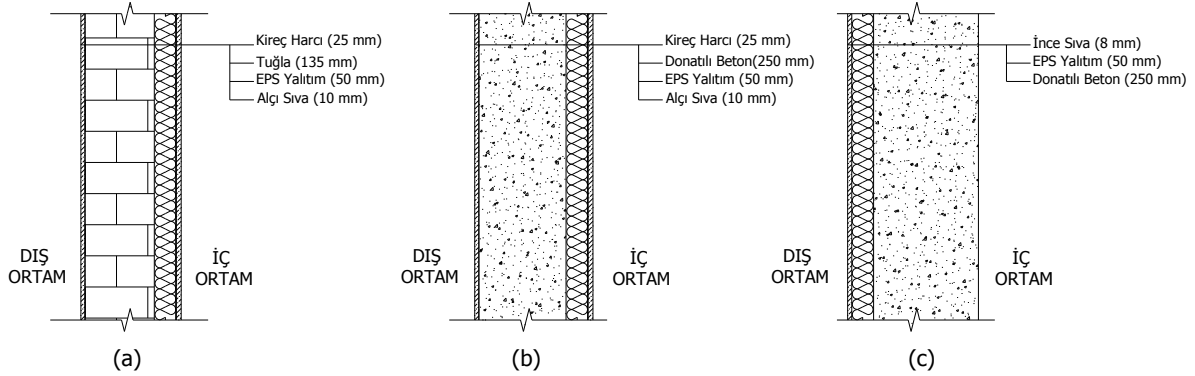
Şekil 6. Dışarıdan Yalıtımlı Sistem Duvar Kesiti

- a) Duvar
- b) Kolon-Kiriş
- c) Döşeme Alnı



Şekil 7. İçeriden Yalıtımlı Sistem Duvar Kesiti

- a) Duvar
b) Kolon-Kiriş
c) Döşeme Alnı



Şekil 8. Çift Duvar Arası Yalıtımlı Sistem Duvar Kesiti

- a) Duvar
b) Kolon-Kiriş
c) Döşeme Alnı

Geleneksel yapım sistemlerinde kullanılan yalıtım malzemesi miktarı ve hesaplanan ısıtma enerjisi ihtiyacının EPS YKDBT duvar sistemine oranları ve hesap sonuçları özet olarak Tablo 2’de verilmiştir. Yaz konforu ile ilgili hesaplamalarda, EPS YKDBT duvar sistemi ve geleneksel yapım sistemlerinde kullanılan duvar kesitleri için ISO 13786 standardında verilen hesap yöntemi kullanılmıştır. Hesap sonuçları özet olarak Tablo 3’de verilmiştir. Tablo 3’de EPS YKDBT duvar sisteminde kullanılan duvar kesiti duvarda seri bileşen 1 (DSB 1), bağlantı köprüsü kesiti duvarda seri bileşen 2 (DSB 2), döşeme alnı kesiti duvarda seri bileşen 3 (DSB 3) olarak isimlendirilmiştir. Benzer şekilde geleneksel yapım sistemlerinde kullanılan duvar kesiti duvarda seri bileşen 1 (DSB 1), kolon-kiriş kesitleri duvarda seri bileşen 2 (DSB 2) ve döşeme alnı kesiti duvarda seri bileşen 3 (DSB 3) olarak isimlendirilmiştir.

Kış konforu açısından EPS YKDBT duvar sistemi ile geleneksel yapım sistemlerinin karşılaştırılmasında, kullanılan yalıtım malzemesi miktarı, yıllık ısıtma enerjisi miktarı ve uygulama kolaylığı dikkate alınabilir. EPS YKDBT duvar sistemi için tüm derece gün bölgelerinde hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı, geleneksel yapım sistemlerinden daha az olmaktadır. Ayrıca EPS YKDBT duvar sisteminde kullanılan yalıtım malzemesi miktarı, çift duvar arası yalıtım sistemi (3. ve 4. derece gün bölge) haricinde tüm sistemlerden fazladır. Uygulama kolaylığı açısından yapım sistemleri karşılaştırıldığında EPS YKDBT duvar sistemi, kolay inşaat imkânı sağlaması, yapım süresini kısaltması, işçilik miktarının azalmasından dolayı diğer yapım sistemlerine üstünlük sağlamaktadır.

Tablo 2. Kış Konforu Hesap Sonuçları

Kesit Adı	Derece Gün Bölge	Duvar Yalıtım Malzemesi Kalınlığı (mm)	Çatı Yalıtım Malzemesi Kalınlığı (mm)	Zemin Yalıtım Malzemesi Kalınlığı (mm)	Duvar Yalıtım Malzemesi Miktarı (m ³ /m ²)	Hesaplanan Yıllık Isıtma Enerjisi, Q (kWh/m ²)	Yalıtım Malzemesi Oranı (%)	Yıllık Isıtma Enerjisi Oranı (%)
EPS YKDBT	1	85 (247)	100	100	0,102	8,03	100	100
EPS YKDBT	2	85 (247)	100	100	0,102	16,40	100	100
EPS YKDBT	3	85 (247)	100	100	0,102	23,19	100	100
EPS YKDBT	4	85 (247)	100	100	0,102	31,19	100	100
DY1	1	50	100	100	0,050	9,15	49,0	113,9
DY2	2	50	100	100	0,050	18,53	49,0	112,9
DY3	3	50	100	100	0,050	26,08	49,0	112,5
DY4	4	70	100	100	0,070	32,08	68,6	102,9
İY1	1	50	100	100	0,050	11,06	49,0	137,7
İY2	2	50	100	100	0,050	22,07	49,0	134,6
İY3	3	90	100	100	0,090	27,18	88,2	117,2
İY4	4	170	100	100	0,170	33,14	166,7	106,3
ÇDY1	1	50	100	100	0,050	11,25	49,0	140,1
ÇDY2	2	60	100	100	0,060	21,55	58,8	131,4
ÇDY3	3	110	100	100	0,110	27,01	107,8	116,5
ÇDY4	4	220	100	100	0,220	33,30	215,7	106,8

Yaz konforu açısından EPS YKDBT duvar sistemi ile geleneksel yapı sistemlerinin karşılaştırılması yapılırken dikkate alınabilecek büyüklükler, sıcaklık ve ısı akısının zaman ötelenmesi (Δ_{ti}), iç yüzeye ait ısı kabul (Y_{11}), iç yüzeyin alansal ısı kapasitesi (κ_1), toplam iç yüzey ısı kapasitesi (C_1), azaltma faktörü (f) ve ısı geçirgenliği (U) değerleridir.

Zaman ötelenmesi (Δ_{ti}) için önemli olan özellik bu büyüklüğün mutlak değeri, yani dış ortamdaki sıcaklık veya ısı akısı değişiminin iç ortamdaki sıcaklık veya ısı akısı değişimini etkilemesi için geçen süredir. Δ_{ti} 'in mutlak değeri küçüldükçe dış ortam iç ortamı daha çabuk etkileyeceğinden yaz konforu için olumsuz görülmektedir. İdeal olan dış ortamın yüksek sıcaklığının iç ortamdaki etkisinin gece saatlerinde ortaya çıkmasıdır ki, bu da yaklaşık olarak 8 saate karşılık gelmektedir (Cihan, 2004). Zaman ötelenmesi (Δ_{ti}) için en küçük değer EPS YKDBT duvar sisteminde ve tüm kesitin EPS yalıtım malzemesi olduğu durum için görülmektedir. EPS, hafif ve ısı depolama kabiliyeti düşük bir malzeme olduğundan bu sonucun elde edilmesi normal ve beklenen bir durumdur. Diğer kesitlerde yaklaşık olarak 9–10 saatlik bir zaman ötelenmesi sağlanmaktadır. Zaman ötelenmesi mutlak değeri yalıtım sistemi ve yalıtım kalınlığından etkilenmekte olup, etkilenme miktarı çok anlamlı düzeyde değildir. Burada belirleyici özellik yalıtım

malzemesinin haricindeki duvar malzemesinin varlığıdır. Zaman ötelenmesi mutlak değerinde yalıtım kalınlığının artışı ile artış gözlenmektedir. Yalıtım kalınlığının artışı ile zaman ötelenmesinin mutlak değerindeki artış belli bir değere kadar devam etmekte daha sonra yalıtım kalınlığının artışı ile birlikte düşüş gözlenmektedir.

İç yüzeye ait ısı kabul (Y_{11}), iç ortamdaki ısı akısı değişim genliğinin iç ortamdaki sıcaklık değişim genliğine oranıdır. Bu sırada dış yüzeyde sadece ısı akısı değişimi olduğu kabul edilmektedir. Y_{11} 'in modülü $Abs[Y_{11}]$ ile dışarıdaki ısı akısı değişim genliğinin etkisi ile iç yüzeydeki birim sıcaklık değişimi başına ısı akısı değişiminin büyüklüğü incelenmektedir. $Abs[Y_{11}]$ ile Δ_{tY11} üzerinde yalıtım sisteminin önemli bir etkisi olduğu görülmektedir. Dışarıdan yalıtım sistemi incelendiğinde tüm kesitlerde $Abs[Y_{11}]$ 4 ile 6 W/m²K arasında değerler almaktadır. EPS YKDBT duvar sistemi ile içeriden yalıtım sistemini oluşturan tüm kesitler benzer değerler almaktadır. Bu benzerliğin sebebi EPS YKDBT duvar sistemi ve içeriden yalıtım sisteminde kesitlerin iç yüzeyinde yalıtım malzemesinin bulunmasıdır. Çift duvar arası yalıtım sisteminde ise duvar kesitlerinde, dışarıdan yalıtım sistemine benzer davranış görülmektedir. Bu benzerliğin sebebi iki sistemde de iç yüzeyde yalıtım malzemesinin bulunmamasıdır.

Tablo 3. Yaz Konforu Hesap Sonuçları

Kesit Adı	Kesit Bileşeni	Yalıtım Kalınlığı, d (m)	Zaman Ötelenmesi, Δt_{ii} (Saat)	Isıl Kabul		Alansal Isı Kapasitesi, κ (kJ/m ² K)	Azaltma Faktörü f (-)	Isıl Geçirgenlik U (W/m ² K)
				Abs[Y ₁₁] (W/m ² K)	Δt_{Y11} (Saat)			
EPS YKDBT	DSB 1	0,085	10,086	1,265	3,155	17,643	0,052	0,370
	DSB 2	0,247	8,632	1,269	4,757	18,517	0,861	0,138
	DSB 3	0,043	9,446	6,259	0,803	86,932	0,191	0,672
Dışarıdan Yalıtım (50 mm)	DSB 1	0,050	9,339	4,181	2,192	59,480	0,460	0,492
	DSB 2	0,050	11,284	5,305	0,691	73,640	0,114	0,570
	DSB 3	0,050	10,709	6,132	0,741	85,103	0,144	0,581
Dışarıdan Yalıtım (70 mm)	DSB 1	0,070	10,094	4,196	2,178	59,279	0,439	0,384
	DSB 2	0,070	-11,912	5,305	0,690	73,466	0,110	0,430
	DSB 3	0,070	11,514	6,133	0,739	84,923	0,139	0,436
İçeriden Yalıtım (50 mm)	DSB 1	0,050	8,873	1,245	3,654	20,472	0,626	0,497
	DSB 2	0,050	9,697	1,233	3,431	18,537	0,217	0,575
	DSB 3	0,050	10,709	6,132	0,741	85,103	0,144	0,581
İçeriden Yalıtım (90 mm)	DSB 1	0,090	9,351	1,195	4,284	18,797	0,593	0,317
	DSB 2	0,090	10,060	1,178	4,219	17,171	0,209	0,347
	DSB 3	0,090	-11,825	6,133	0,738	84,821	0,136	0,349
İçeriden Yalıtım (170 mm)	DSB 1	0,170	10,570	1,233	4,689	18,336	0,548	0,184
	DSB 2	0,170	11,188	1,225	4,686	17,270	0,197	0,194
	DSB 3	0,170	-9,830	6,133	0,736	84,642	0,128	0,194
Çift Duvararası Yalıtım (50 mm)	DSB 1	0,050	11,411	4,264	2,557	61,655	0,532	0,469
	DSB 2	0,050	9,697	1,233	3,431	18,537	0,217	0,575
	DSB 3	0,050	10,709	6,132	0,741	85,103	0,144	0,581
Çift Duvararası Yalıtım (60 mm)	DSB 1	0,060	11,573	4,287	2,560	61,614	0,523	0,414
	DSB 2	0,060	9,778	1,196	3,708	17,904	0,214	0,494
	DSB 3	0,060	11,312	6,132	0,740	84,998	0,141	0,498
Çift Duvararası Yalıtım (110 mm)	DSB 1	0,110	-11,700	4,346	2,558	61,449	0,492	0,260
	DSB 2	0,110	10,289	1,185	4,413	17,074	0,206	0,290
	DSB 3	0,110	-11,260	6,133	0,737	84,755	0,134	0,291
Çift Duvararası Yalıtım (220 mm)	DSB 1	0,220	-9,687	4,376	2,540	60,988	0,425	0,143
	DSB 2	0,220	-11,840	1,257	4,750	17,513	0,186	0,151
	DSB 3	0,220	-8,710	6,133	0,736	84,575	0,120	0,152

Alansal ısı kapasitesi (κ_1) üzerinde kesitin iç tarafındaki malzemenin yoğunluğu yani ısı depolama kabiliyeti etkindir. Beklenildiği gibi en küçük değerler EPS YKDBT duvar sistemi ve içeriden yalıtım sisteminde, en büyük değerlerin ise dışarıdan yalıtım sistemi ve çift duvar arası yalıtım sisteminde elde edildiği görülmektedir. EPS YKDBT duvar sistemi ve içeriden yalıtım sisteminde kesitlerin iç yüzeyinde sıvanın altında hafif ısı yalıtım malzemesi bulunduğundan, bu sistemlerin alansal ısı kapasiteleri (κ_1) diğer sistemlere göre küçüktür. Dışarıdan yalıtım sistemi ve çift duvar arası yalıtım sisteminde kesitlerin iç yüzeyinde sıvanın altında tuğla malzemesi bulunduğundan, bu sistemlerde alansal ısı kapasitesi (κ_1) değerleri daha büyüktür. Alansal ısı kapasitesinin en büyük değerlerinin dışarıdan yalıtımlı betonarme kesitlerde olduğu görülmektedir. Elde edilen sonuçlara

göre kesitin alansal ısı kapasitesinde iç sıvanın altındaki malzemenin etkin olduğu rahatlıkla söylenebilir.

Alansal ısı kapasitesi (κ_1) hesabında kesit birim alanı için hesaplama yapılırken, toplam ısı kapasitesi (C_1) hesabında incelenen binanın yüzey alanları için hesap yapılmaktadır. Alansal ısı kapasitesi birim alan için hesaplandığından kesitin özelliğini tanımlamaktadır ve kesiti aynı olan her bina için sabit olacaktır. Fakat toplam ısı kapasitesi (C_1) değerleri binanın projesine bağlı olup, projeye göre farklılık gösterecektir. Bu sebeple çalışma kapsamında yapıım sistemlerinde kullanılan duvarların ısı performanslarının karşılaştırılmasında toplam ısı kapasitesi değerleri dikkate alınmamıştır.

Periyodik ısı iletkenliğinin sabit rejim şartlarındaki ısı iletkenliğine oranı olarak tanımlanan azaltma

faktörü (f) değerinin küçük olması periyodik rejimde iletkenliğin daha az olacağı anlamına gelmektedir. Buna göre yaz konforu açısından azaltma faktörünün küçük olması dış etkilerin iç ortamı daha az etkilemesi anlamına geleceğinden, istenilen olumlu bir durumdur. Tüm kesitler içinde en büyük ve en küçük azaltma faktörü değerlerinin EPS YKDBT duvar sisteminde elde edildiği görülmektedir. En küçük azaltma faktörü değeri iki yüzde yalıtım ve arada donatılı betonun olduğu kesit için, en büyük değerinin ise kesitin tamamının yalıtım malzemesi olduğu durumda elde edilmektedir. Buradan kesitin içindeki ağır malzemenin azaltma faktörü değerinde etkin rol oynadığı görülmektedir. Azaltma faktörü üzerinde yalıtım kalınlığından çok yalıtımın yerinin etkili olduğu fakat yalıtım malzemesi kalınlığının artışı ile tüm sistemlerde azaltma faktörü değerinde düşüş olduğu görülmektedir. Geleneksel yalıtım sistemlerinde en küçük azaltma faktörü değerleri dışarıdan yalıtım sisteminde, en büyük azaltma faktörü değerleri ise içeriden yalıtım sisteminde olduğu görülmektedir. EPS YKDBT duvar sisteminde duvarlarda iki farklı kesit olduğundan iki farklı azaltma faktörü değeri hesaplanmıştır. EPS YKDBT duvar sisteminde sadece EPS'den oluşan kesitin, iki yüzü yalıtımlı donatılı beton kesitine oranı çok küçük olduğu için iki yüzü yalıtımlı donatılı beton kesite ait azaltma faktörü değerinin kullanılmasında bir sakınca bulunmamaktadır. Buna göre azaltma faktörü açısından en olumlu sistem EPS YKDBT duvar sistemidir.

Sabit rejim şartları için hesaplanan ısı geçirgenliği (U) değerleri yalıtım kalınlığının artışı ile birlikte azalmaktadır. Yalıtımın belirli bir kalınlığına kadar, ısı geçirgenliği değerinde kalınlıkla orantılı bir düşüş görülürken, bu değerden sonra kalınlığın artması ile ısı geçirgenliği değerinde düşüş azalmaktadır. Diğer beklenen bir durum ise, kesit bazında ısı geçirgenliği değeri üzerinde yalıtımın yerinin (yalıtım sisteminin) etkisinin olmadığı, duvar malzemesi etkisinin ise yalıtım kalınlığı etkisinin yanında çok küçük olduğu, özellikle yalıtım kalınlığı arttıkça duvar malzemesi etkisinin hemen hemen sıfırlandığı görülmektedir.

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

EPS YKDBT duvar sisteminin ısı performansının, Türkiye iklim şartları için örnek bir konut projesi üzerinde değerlendirildiği bu çalışma kapsamında kış konforu hesapları TS 825'de belirtilen hesap yöntemi, yaz konforu hesapları ISO 13786'da belirtilen hesap yöntemi kullanılarak yapılmıştır. Kış konforu ve yaz konforu açısından EPS YKDBT duvar sistemini oluşturan duvar elemanı kesitleri ile geleneksel yapım sistemlerde kullanılan duvar elemanı kesitlerinin ısı performansları karşılaştırılmıştır.

Kış konforu açısından yapılan hesap sonuçlarına göre, EPS YKDBT duvar sistemi için tüm derece gün bölgelerde hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacının, geleneksel yalıtım sistemlerinden daha az olduğu belirlenmiştir. Ayrıca EPS YKDBT duvar sisteminde

kullanılan yalıtım malzemesi miktarının, çift duvar arası yalıtım sistemi (3. ve 4. derece gün bölge) haricinde tüm sistemlerden daha fazla olduğu görülmektedir. Bu iki sonucun sebebi; EPS YKDBT duvar sisteminde kullanılan EPS yalıtım malzemesinin hem yalıtım ve hem de kalıp olarak kullanılması ve kalınlığının yalıtım için gerekli olan kalınlıktan fazla alınmasıdır.

Yaz konforu açısından yapılan hesap sonuçlarına göre, dışarıdan yalıtım sistemi ile birlikte EPS YKDBT duvar sisteminin diğer sistemlere üstünlük sağladığı görülmektedir.

Yapılan hesaplamalar sonucu, EPS YKDBT duvar sisteminin kış ve yaz konforu şartlarını yönetmelikler kapsamında sağladığı ve EPS YKDBT duvar sisteminin Türkiye'de kullanılmasında kış ve yaz konforu açısından belirgin bir sakınca bulunmadığı görülmektedir. EPS YKDBT duvar sisteminde yapım süresinin kısalması, işçiliğin azalması, kolay inşaat imkânının sağlanmasından dolayı sistem, uygulama kolaylığı açısından diğer sistemlere üstünlük sağlamaktadır.

Gelecekte yapılacak çalışmalarda, EPS YKDBT duvar sistemi ile geleneksel yapım sistemlerinin yapım maliyetlerinin, ilk yapım maliyeti ile birlikte yapı kullanım ömrü boyunca işletme ve bakım maliyetleri de göz önüne alınarak karşılaştırılması faydalı olacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] Özşahin, B., Yalıtım Kalıplı Donatılı Beton Duvarlı Binaların Yapımsal ve Ekonomik Uygulanabilirliği, Doktora Tezi, Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2011
- [2] Cihan, M. T., "Yaz Konforu İle İlgili Kavramlar ve Standard Hesap Metodu", Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 13, Sayı 1, 2008
- [3] Mihlayanlar, E., Umaroğulları, F., Öztürk, B., "Use Of Concrete/Polystrene Sandwich Bearing Panel Systems In Edirne, University Living Center", International Conference On Civil Engineering Design And Construction (Science and Practice), p:343-349, Varna/Bulgaria 2012
- [4] TS 825, Binalarda Isı Yalıtım Kuralları, Türk Standardları Enstitüsü, Ankara, 2008
- [5] Dilmaç, Ş. ve Kesen, N., "A Comparison of New Turkish Thermal Insulation Standard (TS 825), ISO 9164, EN 832 and German Regulation", Energy and Buildings, 35, 161-174, 2003
- [6] ISO 9164, Thermal Insulation-Calculation of Space Heating Requirements for Residential Buildings, International Organization for Standardization, Switzerland, 1998

- [7] EN 832, Thermal Performance of Buildings- Calculation of Energy Use for Heating- Residential Buildings, European Committee for Standardization, Brussels, 1998
- [8] Antonopoulos, K.A. ve Democritou, F., “Correlations for the Maximum Transient Non-Periodic Indoor Heat Flow Through 15 Typical Walls”, Energy, 18, 705-715, 1993
- [9] ISO 13786, Thermal Performance of Building Components and Building Elements-Dynamic Thermal Characteristics Calculation Method, International Organization for Standardization, Switzerland, 2007
- [10] TS EN ISO 13786, Bina Bileşenlerinin Isıl Performansı-Dinamik Isıl Özellikler-Hesaplama Metotları, Türk Standardları Enstitüsü, 2009
- [11] Insulating Concrete Form Systems (ICFs), National Association of Home Builders (NAHB), Araştırma Raporu, Yayınlanmış, 2000
- [12] In-Plane Shear Resistance of Insulating Concrete Form Walls, U.S Department of Housing and Urban Development (HUD), Portland Association (PCA) ve National Association of Home Builders (NAHB) Research Center için Hazırlanmış Teknik Rapor, Yayınlanmış, 2001
- [13] Prescriptive Method for Insulating Concrete Forms In Residential Construction, U.S Department of Housing and Urban Development (HUD), Portland Association (PCA) ve National Association of Home Builders (NAHB) Research Center için Hazırlanmış Teknik Rapor, Yayınlanmış, 1998
- [14] Anonim, Polistren Üreticileri Derneği (PÜD) Tanıtım Cd'si
- [15] Özşahin, B., EPS Bloklü Çelik Donatılı Beton Taşıyıcı Duvar Sistemi, Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2004
- [16] Cihan, M. T., EPS-Bloklü Çelik Donatılı Beton Taşıyıcı Duvarlı Binanın Isıl Performansı, Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2004