ISI BİLİMİ ve TEKNİĞİ DERGİSİ Cilt 5 Sayı 1 Mayıs 1982 Sayfa 17—19

UYGULAMA KONULARI

Yapılarda Ekonomik Isı Yalıtımı

Nuri Saryal

ODTÜ—Makina Mühendisliği Bölümü

1929 yılında Baku'da doğdu. Sırası ile TED Ankara Koleji, Ankara Atatürk Lisesi, İstanbul Robert Kolej Mühendislik Okulu eğitim gördüğü kuruluşlardır. ABD Purdue Üniversitesinden yüksek mühendis ve Berlin Charlottenburg Teknik Üniversitesinden doktor mühendis diplomalarını aldı. Yedek subaylık görevinden sonra bir süre özel sektörde çalışarak 1962 yılında O.D.T.Ü. Makina Mühendisliği Bölümüne girdi. 1966 yılında doçent, 1974 yılında profesörlüğe yükseldi.

SUMMARY

A formula expressing the most economical thickness of insulation has been derived and compared with an equation that already exists in the literature. The conditions for which insulating becomes uneconomical has been pointed out.

ÖZET

En ekonomik yalıtım kalınlığını hesaplamak için denklem geliştirilerek literatürde mevcut denklemle kıyaslanmakta, hangi şartlarda ısı yalıtımının ekonomik olmayacağına değinilmektedir.

Giriş

Yapılarda uygulanacak, herhangi türde bir ısı yalıtım maddesinin ekonomik olup olmadığını, ekonomik ise en ekonomik yalıtım maddesi kalınlığının ne olması gerektiğini hesaplamak için genellikle uygulaması çok kolay olmayan veya basit, ancak eksik yöntemler önerilmiştir. Burada önerilen yöntem herkesin kolaylıkla uygulayabileceği türdedir. Sonuç olarak ortaya çıkan denklemlere yakıt, yalıtım maddesi fiatı gibi değerlerin konması ile yukarıdaki soruların cevabı kolaylıkla bulunabilir.

Denklemin Geliştirilmesi

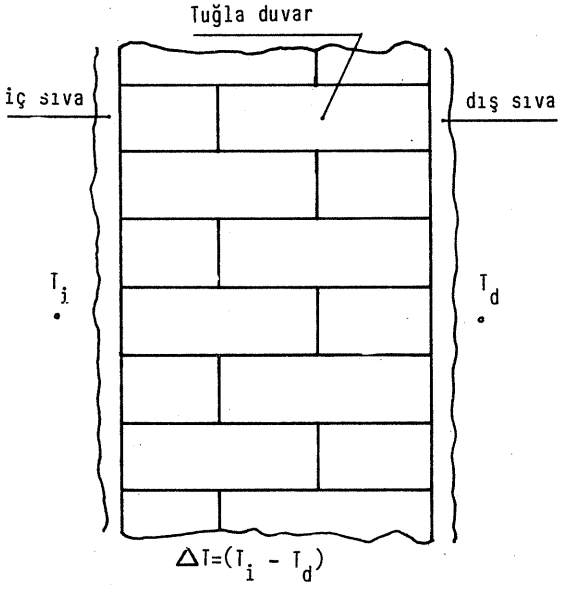
Yapı elemanına örnek olarak bir evin iki tarafı sıvalı dış duvarını alalım. Bu duvarın iç yüzündeki havanın sıcaklığı ile bulunduğu bölgenin kış ayları için hesaba alınacak ortalama dış hava sıcaklığı arasındaki farkı ΔT ile gösterelim. (Şekil 1). Bu şartlar altında duvardan meydana gelecek ısı kayıbı (1) sayılı denklemle bulunur.

$$Q_1 = K_1 A \Delta T \qquad (1)$$

Bu denklemde K_1 örnek olarak seçilen duvarın toplam ısı geçirgenlik katsayısıdır ve (2) sayılı denklemle hesaplanır.

$$\frac{1}{K_1} = \frac{1}{\alpha_i} + \frac{\delta_s}{\lambda_s} + \frac{\delta_t}{\lambda_t} + \frac{1}{\alpha_d} \qquad (2)$$

Denklemlerde kullanılan simgelerin anlam ve boyutları şöyledir:



Şekil 1 - Örnek yapı elemanı

Q_1 = Yalıtımsız duvardan birim zamanda geçen ısı miktarı [W]

K_1 = Yalıtımsız duvarın birim alanının ısı geçirgenliği [W/m^2K]

A = Duvarın yüzey alanı [m^2]

α_i = Duvarın iç tarafındaki film katsayısı [W/m^2K]

δ_t = Tuğla kalınlığı [m]

δ_s = İç ve dış sıvaların toplam kalınlığı [m]
λ_s, λ_t = Sıva ve tuğlanın ısı iletim katsayıları [W/m K]
α_d = Duvarın dış tarafındaki film katsayısı [W/m^{2}K]

K_1 değeri çeşitli yapı elemanları için ısıtma havalandırma kitaplarında bulunabilir veya Isı Bilimi ve Tekniği derneği merkezinden istenebilir.*

Q, ısı kayıbını yıllık para değerine çevirmek için, binanın kış aylarında ısıtıldığı süre olan Z [saat/yıl] değerinin, ortalama sıcaklık farkı olan, ΔT [K] değerinin ve ısının oda içindeki maliyeti olan (f_y) [TL/kJ] değerinin bilinmesi gerekir.

Isının oda içindeki maliyeti yaklaşık olarak (3) sayılı denklemle bulunabilir:

$$f_y = \frac{F_y}{\eta H_y} \qquad (3)$$

Bu denklemde F_y [TL/kg] yakıt fiyatı, H_y [kJ/kg] yakıtın ısıl değeri, η ısıtma sisteminin verimidir. Sistemin amortismanı hesaba alınmamıştır.

Böylece yıllık ısı kaybının parasal değeri F_1 [TL/yıl] (4) sayılı denklemle hesaplanabilir:

$$F_1 = 3.6.Q_1.Z.f_y \text{**} \qquad (4)$$

Duvarın uygun bir izolasyon maddesi ile kaplandığını düşünelim. Bu durumda (2) sayılı denkleme bir terim daha eklenecek ve (5) sayılı denklem oluşacaktır.

$$\frac{1}{K_2} = \frac{1}{K_1} + \frac{\delta_i}{\lambda_i} \qquad (5)$$

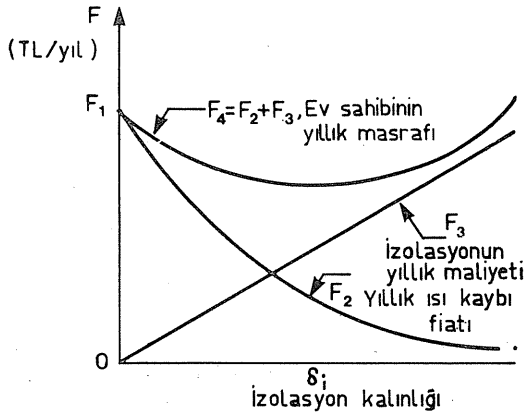
Bu denklemde "2" indisi yalıtımın varlığını simgelemekte, "i" indisi "yalıtım malzemesi" anlamına gelmektedir. Böylece yalıtımlı duvarın ısı kayıbı Q_2, (6) sayılı ve bu kayıbın yıllık parasal değeri F_2, (7) sayılı denklemle ifade edilebilir.

$$Q_2 = K_2 \, A \, \Delta T \qquad (6)$$
$$F_2 = 3.6 \, Q_2 \, Z \, f_y \qquad (7)$$

Yukarıdaki (5) ve (6) sayılı denklemleri (7) sayılı denklemdeki yerlerine koyarsak (8) sayılı denklem elde edilir.

$$F_2 = 3.6 \, \frac{A \, \Delta T \, Z \, f_y}{\frac{1}{K_1} + \frac{\delta_i}{\lambda_i}} \qquad (8)$$

Burada bir an için δ_i yalıtım malzemesi kalınlığı dışındaki bütün değerlerin sabit olduğunu kabul edelim. Yalıtım kalınlığı sıfır iken ısı kayıbı değeri $F_2 = F_1$ olacak, yalıtım kalınlığı çok büyük değerlere ulaşırken F_2 sıfıra doğru asimptotik olarak yaklaşacaktır. (Şekil 2).



Şekil 2- Yıllık masrafların yalıtım maddesi kalınlığına göre değişimi

Yalıtımın yıllık maliyetini (9) sayılı denklemle bulabiliriz.

$$F_3 = f_i \, . \, A \, . \, \delta_i \, . \, e \qquad (9)$$

Bu denklemde:
F_3 = Yalıtımın yıllık maliyeti [TL/yıl]
f_i = Yalıtım malzemesinin uygulama dahil, birim hacim fiyatı [TL/m^3]
A = Yalıtılan yüzey alanı [m^2]
δ_i = Uygulanacak yalıtım malzemesi kalınlığı [m]
e = Bir yıllık amortisman — faiz yüzdesi [1/yıl]

anlamına gelmektedir.

Yalıtımın yıllık maliyeti, sabit kabul edilen yalıtım malzemesi birim hacim fiyatı, amortisman-faiz yüzdesi ve yalıtılacak yüzey alanı nedeni ile, yalıtım malzemesi kalınlığına bağlı olarak doğrusal bir artış gösterecektir (Şekil 2).

Yıllık toplam gider ise bu iki maliyetin toplamı olacaktır ve (10) sayılı denklemle ifade edilebilir.

$$F_4 = F_2 + F_3 \qquad (10)$$

Yıllık giderin en az olacağı yalıtım kalınlığının ne olması gerektiğini (9) sayılı denklemin yalıtım kalınlığına göre türevini sıfıra eşitleyip çözerek bulabiliriz (11 sayılı denklem).

$$\frac{d}{d\,\delta_i}(F_2 + F_3) = 0 \qquad (11)$$

---

* İl ve ilçelere göre kış ayları ortalama hava sıcaklığı tablosu ve bu makale ile ilgili diğer değerleri SI birimlerine göre kapsayan bir broşür yazılı istek üzerine Derneğimiz üyelerine ücretsiz, diğer okurlarımıza, 150 TL. (ODTÜ İş Bankası 124 hesap) karşılığında gönderilir.

** Denkleme 3.6 katsayısı "Uluslararası Birimler Sistemi (SI)" kullanılması nedeni ile girmiştir.

(8) ve (9) sayılı denklemlerle verilen ifadeleri yerlerine koyduğumuzda (12) sayılı denklem

$$\frac{d}{d\,\delta_i}\left[\frac{3.6\ A.\ \Delta T.\ Z.\ f_y}{\frac{1}{K_1}+\frac{\delta_i}{\lambda_i}}+f_i.A.\delta_i\ e\right]=0 \quad (12)$$

ve türev uygulandığında

$$-\left[\frac{3.6\ \Delta T.\ Z.\ f_y}{\lambda_i\left(\frac{1}{K_1}+\frac{\delta_i}{\lambda_i}\right)^2}\right]+f_i.\ e=0 \quad (13)$$

denklemi oluşur ve nihayet (13) sayılı denklem yalıtım kalınlığı için çözülürse

$$\delta_i=\sqrt{3.6\,\frac{\lambda_i.\ \Delta T.\ Z.\ f_y}{f_i.\ e}}-\frac{\lambda_i}{K_1} \quad (14)$$

en ekonomik yalıtım kalınlığını veren (14) sayılı denklem elde edilmiş olur. Bu denklem Literatürde çok kullanılan ve yalnızca karekök içindeki ifadeden oluşan denklemle karşılaştırıldığında, önemli bir fark göze çarpar: Denklemin sağında, karekök içindeki ifadeden λ_i/K_1 değeri düşülmektedir. Bu değer, mevcut yapı elemanının (örneğimizde duvarın) uygulanacak yalıtım malzemesine eşdeğer kalınlığını vermektedir. Bu bilginin ışığı altında (14) sayılı denklem incelenecek olursa:

$$\sqrt{\frac{3.6\ \lambda_i\ \Delta T\ Z\ f_y}{f_i\ e}} > \frac{\lambda_i}{K_1} \quad (15)$$

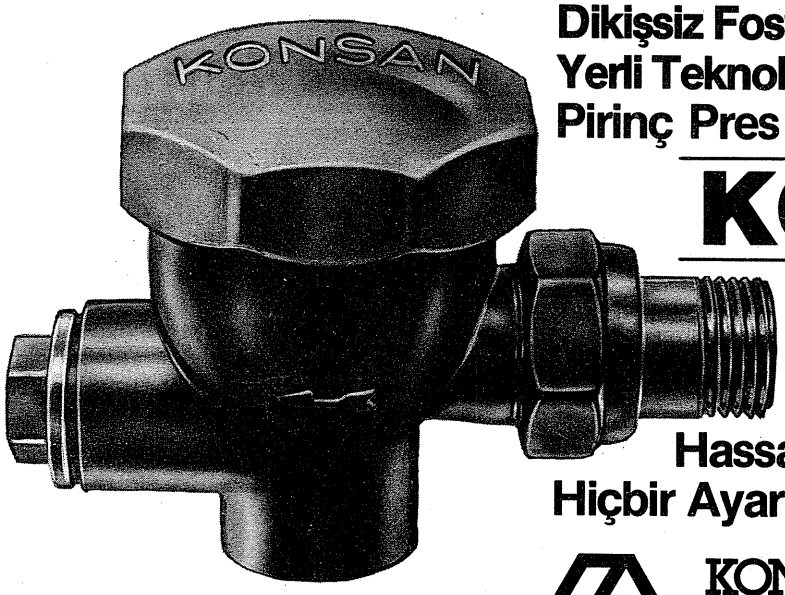
durumunda sözkonusu malzeme ile yalıtım yapılmasının ekonomik fayda sağlayacağı

$$\sqrt{\frac{3.6\ \lambda_i\ \Delta T\ Z\ f_y}{f_i\ e}} \leq \frac{\lambda_i}{K_1} \quad (16)$$

durumunda ise yalıtım yapılmasına gerek olmadığı, eşitsizlik halinde yalıtımın ekonomik açıdan zararlı olacağı anlaşılır.

Sonuç

(14) sayılı denklemde yalnızca karekök içindeki ifadenin kullanılması gereğinden fazla yalıtım malzemesi kullanımına yol açar. Ayrıca λ_i/K_1 ifadesinin ihmali halinde yalıtım yapılmasının her durumda ekonomik olacağı sonucunu ortaya çıkartır. Yakıtın çok ucuz, yalıtım malzemesinin çok pahalı, ısıtma süresinin kısa, sıcaklık farkının az ve yapı elemanının ısı geçirgenlik katsayısının çok düşük olması gibi durumların bir veya birkaçının geçerli olması halinde bu sonuç doğru olmayabilir. Gerçek durumu (15) ve (16) sayılı eşitsizlikler belirler.



Dikişsiz Fosfor Bronz Körükleri
Yerli Teknoloji İle Üretmekteyiz.
Pirinç Pres Döküm Gövdeli

KONSAN

Termostatik
Kondenstopları

Hassastır. Uzun Ömürlüdür.
Hiçbir Ayar Gerektirmez.

KONSAN
KONTROL CİHAZLARI SANAYİİ
Oyak Sitesi, 33 A/3, Yenilevent, İstanbul
Telefon. 76 34 46, Telgraf. KONSANKALE